

**EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS 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)**

WALDEMAR TIQUE ARTEAGA

**Trabajo de grado Presentado Para Obtener El Título De
Agrónomo**

DIRECTORES

I.A PEDRO IVAN BASTIDAS PORTILLA (INGENIO LA CABAÑA)

I.A MARIA DEL PILAR ROMERO (UNAD)

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

2015.

DEDICATORIA

*A **Dios** por permitirme la vida para culminar esta nueva etapa de mi vida.*

*A mi esposa **Lina** y a nuestros hijos **Santiago** y **Samuel** que son la luz de nuestras vidas.*

*A mi madre **Olga lucía Arteaga** por su amor, paciencia y apoyo ilimitado.*

*A mi padre **Jairo Alberto Tique Zapata**, por enseñarme su humildad y el amor al trabajo.*

*A mis hermanos **Leandro**, **Didier** y **Wilmer** y a todos mis sobrinos que son motivo de inspiración.*

*A mis suegros **Martin Álvarez** y **Martha Alvarado**, por acompañarme en este proceso de superación.*

*A mí cuñada **Marcela** y a mi amigo **Andrés Felipe Cardona** por tantos favores proporcionados.*

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Abierta** y a Distancia, por fortalecerme como persona y como profesional.

Al ingeniero **Pedro Iván Bastidas**, por ser amigo, jefe, líder y enseñarme todo su conocimiento agronómico e investigación.

Al compañero **Gustavo Guerra**, por brindarme su conocimiento estadístico y herramientas de análisis.

Al **Ingenio La Cabaña**, por permitirme adquirir experiencia laboral y el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVOS.....	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos específicos	8
4. MARCO TEORICO	9
5. MATERIALES Y METODOS.....	11
5.1 Ubicación.....	11
5.2 Diseño experimental.....	11
5.3 Unidad experimental.....	12
5.4 Variable de respuesta.....	13
5.5 Distribución experimental y lote del cultivo.....	13
5.6 Establecimiento del cultivo.....	15
5.6.1 Suelo.....	15
5.6.2 Preparación del terreno.....	16
5.6.3 Surcado.....	16
5.6.7 Siembra.....	17
5.6.8 Variedades de caña seleccionadas.....	19
5.6.9 Características de variedades.....	19
5.7 Manejo del cultivo.....	21
5.7.1 Fertilización.....	21
5.7.2 Riego y lluvias.....	21
5.7.3 Control Malezas.....	23
5.8 Toma de datos y métodos de muestreo.....	23
5.8.1 Tallos por metro.....	24
5.8.2 Altura de planta.....	24
5.8.3 Diámetro de tallo.....	25

5.8.4	Sacarosa por ciento caña campo y rendimiento.....	26
5.8.5	Resistencia a la penetración.....	27
5.9	Producción del cultivo.....	27
5.9.1	Toma de datos en cosecha.	27
5.9.2	Tonelada de caña por hectárea (TCH).	30
5.9.3	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH).....	30
5.10	Análisis de datos.	30
5.10.1	Modelo matemático.....	30
5.10.2	Análisis estadístico.....	31
5.11	Características de los arreglos de siembra.....	31
5.11.1	Características del arreglo de siembra 1.5m.....	31
5.11.2	Características del arreglo de siembra 1.75 m AP.....	32
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
6.1	Resultado de evaluaciones agronómicas.	34
6.1.1	Caracterización química del suelo.....	34
6.1.2	Tallos por metro.....	35
6.1.3	Altura de tallos.....	37
6.1.4	Diámetro de tallos.....	38
6.1.5	Evaluación de resistencia a la penetración después de cosecha en el suelo de <i>Typic endoarquet</i>	39
6.1.6	Evaluación del alce en la cosecha.....	41
6.2	Resultados de producción de TCH y TAH por tratamientos	42
6.2.1	Resultados de producción de TCH por tratamiento.....	42
6.2.2	Resultados de producción de TAH por tratamiento.	44
6.2.3	Análisis económico.....	45
7.	CONCLUSIONES.....	46
8.	RECOMENDACIONES.....	48
	Bibliografía.....	49
	ANEXOS.....	51

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Esquema de diseño y distribución de unidades experimentales....	12
Tabla 2. Tratamientos planteados en la investigación.....	12
Tabla 3. Variables de respuesta y cronograma de evaluación.....	13
Tabla 4. Tabla de Características de variedades.....	19
Tabla 5. Análisis químico del suelo y calificación de variables.....	34
Tabla 6. Resumen de análisis de costos.....	46

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guachene Cauca.....	11
Figura 2. Esquema del diseño experimental (Sin escala).....	14
Figura 3. Surcado del experimento.....	17
Figura 4. Surcado del experimento.....	17
Figura 5. Corte de semilla para siembra del experimento.....	18
Figura 6. Aplicación de abono pre siembra.....	18
Figura 7. Siembra del experimento.....	18
Figura 8. Tipos de disposición de hoja horizontal y vertical.....	19
Figura 9. CC 85-92.....	20
Figura 10. CC 01-1940.....	20
Figura 11. CC 01-678.....	20
Figura 12. Riego de los tratamiento.....	22
Figura 13. Control Malezas.....	23
Figura 14. Evaluación de tallos por metro.....	24
Figura 15. Medición de altura de tallos.....	25
Figura 16. Medición de diámetro de tallos.	26
Figura 17. Medición de diámetro de tallos.....	26
Figura 18. Molino para extracción de jugo del tallo.....	27
Figura 19. Molino para extracción de jugo del tallo.....	27
Figura 20. Corte del ensayo.....	28

Figura 21. Arrume de tallos por parcela.....	28
Figura 22. Alce del experimento.....	29
Figura 23. Esquema de giro del alce.....	29
Figura 24. Esquema de siembra a 1.5 m (convencional).....	32
Figura 25. Esquema de siembra a 1.75 m AP.....	33
Figura 26. Triangulo textural.....	35
Figura 27. Esquema de puntos de muestreo en la resistencia a la penetración.....	40

LISTA DE GRAFICOS

	Pagina
Grafica 1. Periodo fenológico y climático del ciclo del cultivo.....	22
Grafica 2. Tallos por metro por tratamiento.....	36
Grafica 3. Altura de planta por tratamiento.....	38
Grafico 4. Diámetro de tallo por tratamiento.....	39
Grafica 5. Resistencia a la penetración.....	41
Gráfica 6. TCH promedio por tratamiento.....	44
Grafica 7. TAH promedio por tratamiento.....	45

LISTADO DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ANOVA	Análisis de Varianza
Hp	Caballo de fuerza
Ca/Mg	Calcio-Magnesio
CC	Cenicaña Colombia
Cm	Centímetros
CENICAÑA	Centro de investigación de la caña de azúcar
CENICAFE	Centro Nacional de Investigaciones de Café
KCL	Cloruro de Potasio
ha	Hectárea.
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
kg/ha	Kilogramos por hectárea
km	Kilómetros
Mpa	Mega pascales
MW	Megavatios
m	Metro
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros.
mm/año	Milímetros-Año
P.E.M	Periodo de Establecimiento y Macollamiento.
P.MAD	Periodo de Maduración
P.RC	Periodo de Rápido Crecimiento
QQ	Quintales
R1...3	Riegos
T/m	Tallos por metro
TAH	Toneladas de azúcar por hectárea
TCH	Toneladas de caña por hectárea
T1...6	Tratamientos

RESUMEN

El trabajo se realizó en un lote del Ingenio La Cabaña en las coordenadas geográficas -76.357371 W 3.164648 N en la localidad de Guáchene - Cauca, las características edafológicas del sitio corresponden a un suelo de orden vertisol (*Typic endoaquerts*)¹ de textura fina, el sitio experimental se encuentra a una altura **987m.s.n.m** y las condiciones climáticas de la zona en un periodo de 10 años (**2005-2014**) presentaron una precipitación media multianual de **1493 mm** y una evaporación media multianual de **1337 mm**, lo que indica un exceso de agua promedio de **156 mm/año** (CENICAÑA, 2012). Para las condiciones anteriores, se propuso minimizar el impacto del pisoteo de la maquinaria de cosecha mediante un arreglo de siembra diferente al convencional en el cultivo de la caña de azúcar, con variedades que se adaptaran al sistema planteado. La metodología utilizada para la validación, consistió en un diseño experimental de parcelas divididas, donde establecieron unidades experimentales de seis surcos por variedad con 60m de largo en dos distanciamientos de siembra, en la primera parcela principal se evaluaron las tres variedades en el sistema convencional de ancho de calle de **1.5m** y en la segunda parcela se evaluaron las mismas tres variedades en el sistema propuesto, que consta de un ancho de calle de **1.75m** con la inclusión de un surco apiñados cada 6 calles. Las variedades evaluadas fueron: **CC 85-92**² como testigo comercial e importancia en la industria azucarera de Colombia; esta presenta una disposición de hoja de tipo horizontal (ArgenBio, 2007) y las otras dos variedades que fueron la **CC 01-1940**³ y **CC 01-678**⁴ con una disposición de hoja vertical (ArgenBio, 2007), se seleccionaron por su arquitectura y disposición de la hoja a la captación de luz. Se establecieron cuatro repeticiones por tratamiento en ambos arreglos de siembra y las variables

¹*Typic Endoaquerts*: Vertisoles con drenaje pobre (nivel freático alto) en régimen de humedad ácuico.

² CC 85-92: Variedad de caña producida por Cenicaña Colombia.

³ CC 01-1940: Variedad de caña producida por Cenicaña Colombia.

⁴ CC 01-678: Variedad de caña producida por Cenicaña Colombia.

a medir fueron: altura de planta, población, diámetro de tallo, **TCH**⁵, **TAH**⁶; acompañadas de las variables de compactación de suelo, donde el objetivo principal fue alejar la cepa del pisoteo de la maquinaria. En los resultados de las pruebas se obtuvieron producciones iguales al sistema convencional, logrando distanciar la cepa del pisoteo por el tráfico agrícola. Por otro lado, se resalta la respuesta positiva de las variedades **CC 01-1940** y **CC 01-678** al sistema creado; donde las **TCH** promedio de la primera fue de **148.07** en el sistema **1.75m AP** contra **139.04** del sistema convencional, para un delta de **9.03** unidades de **TCH**. En la variedad **CC 01-678** se obtuvo un **TCH** de **136.59** en el sistema **1.75m AP** y **136.29** en el convencional, las pruebas estadísticas indicaron que no hubo diferencia significativa entre ellos. Por otro lado variedad testigo **CC 85-92** presento una disminución de **8.14** unidades de **TCH** en el sistema **1.75m AP** con respecto al sistema convencional, donde arrojó un **TCH** promedio de **127.31**. Esto indica que la respuesta a la producción en los sistemas de siembra planteados se debe posiblemente a las características fenotípicas de las variedades de caña de azúcar.

Por otro lado se encontró que el recorrido de la maquinaria se reduce en un **13.0%**, debido a que con el sistema **1.75m AP** se logró disminuir en número de líneas de caña arrumadas por hectárea.

Palabra Clave: Agronomía, caña de azúcar, arreglo de siembra, compactación, daño de cepa por cosecha, ancho de trocha, suelo, humedad.

⁵ TCH: Variable de producción que relaciona las toneladas de caña producidas sobre el área.

⁶ TAH: Variable de producción que relaciona las toneladas de azúcar producidas en un área determinada.

ABSTRACT

The work was done in a lot of Ingenio La Cabana at the geographic coordinates 3.164648 -76.357371 W N in the town of Guáchene - Cauca, the soil characteristics of the site were on a floor of fine texture vertisol order (*Typic endoaquerts*), the site pilot was found to 987m.snm height and climatic conditions of the area in the period from 2005 to 2014, they presented a multi-year rainfall of 1493 mm and a multiyear average evaporation of 1337 mm, indicating an average excess water 156 mm / year (CENICAÑA, 2012). For the above conditions, three varieties of cane were evaluated in two planting arrangements. The experimental design was split plot experimental units were established six rows per variety with 60m in the first major plot the three varieties were evaluated in the conventional system of road width of 1.5m in the second plot you made is evaluated same three varieties in the proposed system, which consists of a street width of 1.75m with the inclusion of a groove crowded every 6 blocks. The varieties evaluated were: CC 85-92 as commercial control and importance in the sugar industry in Colombia; this presents an array of horizontal sheet (ArgenBio, 2007) and two varieties were CC 01-1940 and CC 01-678 with a vertical blade arrangement (ArgenBio, 2007), selected for its architecture and layout leaf to light capture. Four replicates per treatment were established in both planting arrangements and variables measured were: plant height, population, stem diameter, TCH, TAH; accompanied by the variables of soil compaction, where the main objective was trampling the strain away from machinery. In the test results equal to the conventional system productions were obtained, achieving distance strain trampling tire. On the other hand, the positive response of the CC 01-1940 and CC01-678 system created varieties shoulder; where the first TCH average of 148.07 were 1.75m in AP 139.04 system against the conventional system, for a delta of 9.03 units TCH. CC 01-678 in a variety of 136.59 TCH obtained in the AP and 136.29 1.75m in the conventional system, statistical tests

indicated no significant difference between them. On the other hand witness CC 85-92 variety presented a decrease of 8.14 units in the 1.75m TCH AP system with respect to the conventional system, where TCH throw a 127.31 average. This indicates that the response to the production planting systems posed is possibly due to the phenotypic characteristics of the varieties of sugarcane. Furthermore it was found that the travel of the machinery is reduced by 13.0%, because the system was achieved 1.75m AP decrease in number of lines per hectare arrumadas cane.

Keyword: Agriculture, sugar cane under planting, compaction, crop damage by strain, track width, soil moisture.

1. INTRODUCCIÓN

El valle del Cauca presenta un clima de comportamiento bimodal, lo que significa que en el año hay dos periodos de invierno y dos periodos de verano. Por otro lado, la cosecha del cultivo de caña como la producción de azúcar se realiza a través de todo el año a diferencia de otras regiones del mundo, donde su cosecha es anual o zafra, generándose en los meses de lluvias daños en los cultivos y altos niveles de resiembra, debido al tráfico de la maquinaria agrícola, principalmente en los distanciamientos de siembra a 1.5m.

Algunos ingenios azucareros en el valle geográfico, han optado por ampliar el ancho de calle del cultivo, pasando de 1.5m a 1.75m, con el fin de minimizar el impacto de la maquinaria sobre la cepa y esto ha permitido reducir los costos de producción y los daños en el cultivo.(Franco, 2009).

Los distanciamientos de siembra en el cultivo de la caña, han sido estudiados por mucho tiempo, logrando avances significativos dependiendo de las zonas de producción y condiciones climáticas del valle geográfico del río Cauca. En el 2014 el Ingenio La Cabaña ensayó el sistema convencional de 1.5m en ancho de calle frente al sistema 1.75m, los resultados no fueron favorables, debido a una disminución en la producción con respecto al sistema de siembra 1.5m.(Bastidas, Tique, 2014).

En el siguiente trabajo se describe un ensayo de tres variedades de caña (CC 85-92, CC 01-1940 y CC 01-678) en dos sistemas de siembra, el primero es el convencional a una distancia de 1.5m de ancho de calle y el segundo es una propuesta de 1.75m con un surco apiñado⁷ cada seis calles (1.75m AP), este sistema permite sembrar los mismos número de surcos por hectárea que el

⁷ Apiñado: Que está dispuesto formando un grupo apretado

sistema convencional, con la ventaja de alejar la cepa del pisoteo por tránsito de maquinaria.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia la producción de azúcar, alcohol, mieles y cogeneración de energía entre otros, se concentra principalmente en el Valle geográfico del río Cauca en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Caldas y Risaralda. Debido a sus condiciones agroecológicas, en esta región existen aproximadamente 430.000 ha, de las cuales, para el 2012 cerca de un 52.45% (225.560 ha) se encontraban sembradas con este cultivo (Asocaña, 2012).

El Ingenio La Cabaña, se encuentra ubicado en el departamento del Cauca, a 3 km de la vía que une al municipio de Guáchene con Puerto Tejada y cuenta con aproximadamente 22000ha cultivadas en caña de azúcar entre propias y proveedores, produciendo anualmente 4'494'000 quintales de azúcar (QQ) de azúcar y 165'000 megavatios de potencia (MW) de energía. El 70% de las tierras se encuentran ubicadas al sur del valle geográfico del río Cauca, además el 97% del área total se encuentra sembradas a una distancia entre surco de 1.50m; dicha distancia, presenta una incompatibilidad con los anchos de trocha de la maquinaria y no es posible realizar un cambio de los equipos a mediano y corto plazo debido a su alto costo de inversión. Por tal motivo, solo queda la posibilidad de ampliar o reducir los anchos de trocha de los surcos o de trabajar en otras modalidades de arreglos de siembras. Partiendo de lo anterior, se propuso evaluar tres variedades de caña de azúcar (CC 85-92, CC 01-1940 y CC 01-678) en un sistema diferente al convencional (1.5m) y que permitiera minimizar el impacto del pisoteo de la maquinaria agrícola sin que se disminuya la producción del cultivo.

El área de influencia del ingenio se encuentra ubicada en una zona de altas precipitaciones y predominio de suelos con altos contenidos de arcillas; estas condiciones se ven alteradas en épocas de invierno donde se favorece la compactación y el detrimento en la producción de caña en sus próximos cortes, aumentando los porcentajes de resiembra y en el peor de los casos la renovación en socas prematuras, incrementando los costos de producción. (Bastidas, Tique, 2014).

En estudios anteriores, se encontró que uno de los principales factores que influyen en la reducción de la producción en condiciones de alta humedad, es la incompatibilidad entre el ancho de trocha de la maquinaria y el ancho de calle o espaciamiento entre surcos y estos pueden presentar reducciones de hasta el 45% (Bolívar, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Evaluar las características agronómicas de 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)

3.2 Objetivos específicos

- Medir las variables agronómicas de altura de planta, número de tallo por metro, diámetro de tallo, en los dos sistemas de siembra.
- Analizar los resultados de producción como TCH y TAH en las tres variedades de caña, bajo los dos arreglos de siembra y validar con análisis estadístico los resultados obtenidos.

4. MARCO TEORICO

En el año 2014, el departamento de agronomía del ingenio La Cabaña realizó pruebas de investigación, donde comparo dos distanciamientos de siembra (1.50m vs 1.75m) con dos variedad de caña (CC 85-92 y CC 01-1940); los resultados obtenidos en este trabajo reportaron una disminución de un 9.92% en la producción, con los tratamientos sembrado a una distancia entre surco de 1.75m, esto debido a la disminución de la densidad de surcos por hectárea y a una mayor incidencia de malezas. (Bastidas, Tique, 2014)

En septiembre del 2014, se reporta un mayor incremento en la productividad cambiando la distancia de siembra convencional de 1.60m a 1.20m, con este trabajo se logró un incremento entre el 30 y 32% en la producción, enfocando este sistema a la labranza mínima (Acevedo, 2014).

Según Bastidas (2014), la respuesta agronómica de las variedades de caña de azúcar en diferentes arreglos de siembra, depende fundamentalmente de su arquitectura, posición de la hoja y de un hábito decrecimiento erecto.

En el 2013 se realizaron estudio donde compararon tres sistemas de siembra, el testigo a 1.5 m, un tratamiento a 1.65 m y otro a doble surco (1,80 x 0,60m). Se concluyó que en los lotes cosechados comercialmente con el sistema doble surco se obtuvo un incremento del 17% con respecto al testigo, los tratamientos con sistema a 1.65 m no presentaron incremento frente al testigo.(Cruz, 2013)

Según Franco (2009) citado por Rodríguez, Valencia y Bolívar (2010), consideran que el pisoteo a lo largo del surco se origina con la incompatibilidad entre el ancho de trocha y el ancho del entresurco del cultivo y que la distancia de 1.75m es la que mejor se ajusta a las trochas de vagones y tractores.

En el 2002 el ingenio Mayagüez inicio un cambio en el sistema de siembra, que consistió en pasar de 1.50m a 1.75m en el distanciamiento entre surco, obteniendo como resultado una reducción del 10% al 15% en costos de labores por menor longitud de surcos con respecto al sistema convencional de 1.5m, además se favoreció el cultivo por un menor tránsito de la maquinaria sin que se tuviera un detrimento significativo en la producción.(Franco, 2009).

La distancia entre los surcos del cultivo se establece de acuerdo con la textura y la fertilidad del suelo, para 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 1.4m, 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.(Viveros, 1995).

En otros países como Argentina se consideran tres diseños de surcos, el primero es el sistema de base ancha que es el más usado en Tucumán y el Norte Argentino, que comprende de un distanciamiento de 1.6m, este diseño permite obtener aproximadamente 62 surcos por hectárea; el segundo es el sistema de surcos apareados, que comprende de un ancho de calle de 1.8m, lo que permite disminuir el número de surcos por hectárea a 55.5; el otro sistema es el de surcos alternados dobles, donde se forman dos surcos apareados a 0.9 m de distancia entre ellos y 1.6m entre parejas, lo que permite finalmente sembrar 40 surcos por hectárea. Estos dos últimos sistemas permiten disminuir el consumo de combustible, minimizar el costo de mantenimiento de la maquinaria, menor compactación del terreno, incrementar el desarrollo radicular, mayor absorción de nutrientes y mayor longevidad de la cepa.(PROBICAÑA, 2015).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación.

La prueba se estableció en la suerte 005E de la hacienda Taula Zulamita perteneciente al Ingenio La Cabaña con un área de 2.71ha, la superficie bajo experimentación fue de 2.01ha y se localiza en las coordenadas geográficas 3.165369 N, -76.357274W. La pendiente del terreno es de 0 a 1 por ciento y una altitud de 987 m.s.n.m.



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guáchene Cauca.

Tomado de

5.2 Diseño experimental.

El ensayo consistió en un diseño de parcelas divididas, la cual resulta útil al estudiar simultáneamente varios factores, (Tapahuasco, 2010). Para este caso las parcelas principales fueron los distanciamientos o arreglo de siembra (1.5m y 1.75m AP) y como unidades experimentales, se establecieron las variedades de caña de azúcar (CC 85-92, CC 01-1940 y CC 01-678), los cuales fueron aleatorizados internamente en bloques completos al azar dentro de los sub-bloques con cuatro repeticiones por tratamiento.

Tabla 1. Esquema de diseño y distribución de unidades experimentales

Parcela 1 Sistema 1,5 m												Parcela 2 Sistema 1,75 m AP											
R1			R2			R3			R4			R1			R2			R3			R4		
V1	V3	V2	V3	V2	V1	V1	V2	V3	V3	V2	V1	V3	V1	V2	V3	V2	V1	V2	V1	V3	V1	V3	V2

5.3 Unidad experimental.

La unidad experimental en el sistema de siembra convencional (1.5m), se conforma con parcelas de 6 surcos, que corresponde a un ancho de 9m y un largo de 60m, para un área por parcela de **540 m²**, donde el T1 representa la variedad CC 01-1940, el T2 a la variedad CC 01-678 y el T3 a la variedad comercial CC 85-92. En la unidad experimental del sistema de siembra propuesto (1.75 m AP), las parcelas se conformaron con 7 surcos, pero 3 de ellos se encuentran apiñados a una distancia de 0.875m y 4 a 1.75m, lo cual corresponde a un ancho de parcela de 10.5m y un largo de surco de 60m, para un área por parcela de **630 m²**, donde el T4 represento la variedad CC 01-1940, el T5 a la variedad CC 01-678 y el T6 a la variedad comercial CC 85-92.

Tabla 2. Tratamientos planteados en la investigación

TRATAMIENTO	VARIEDAD	SISTEMA DE SIEMBRA	AREA
T1	CC 01-1940	1.5 m	540
T2	CC 01-678	1.5 m	540
T3	CC 85-92 (Testigo)	1.5 m	540
T4	CC 01-1940	1.75 m AP	630
T5	CC 01-678	1.75 m AP	630
T6	CC 85-92 (Testigo)	1.75 m AP	630

5.4 Variable de respuesta.

Se consideraron como variables de respuestas, las siguientes características de interés agronómico que pueden ser susceptibles a los arreglos de siembra por variedad. Ver tabla 2

Tabla 3. Variables de respuesta y cronograma de evaluación

Tipo	Variable	Momento de evaluación
Agronómico	Tallos por metro	270 DDS
	Altura de tallo	270 DDS
	Diámetro de tallo	270 DDS
	Compactación	Cosecha
Producción	Toneladas de caña por hectárea (TCH)	Cosecha

5.5 Distribución experimental y lote del cultivo.

Las unidades experimentales se distribuyeron al azar dentro de los sub-bloques, cada sub-bloque corresponde a una repetición del tratamiento.

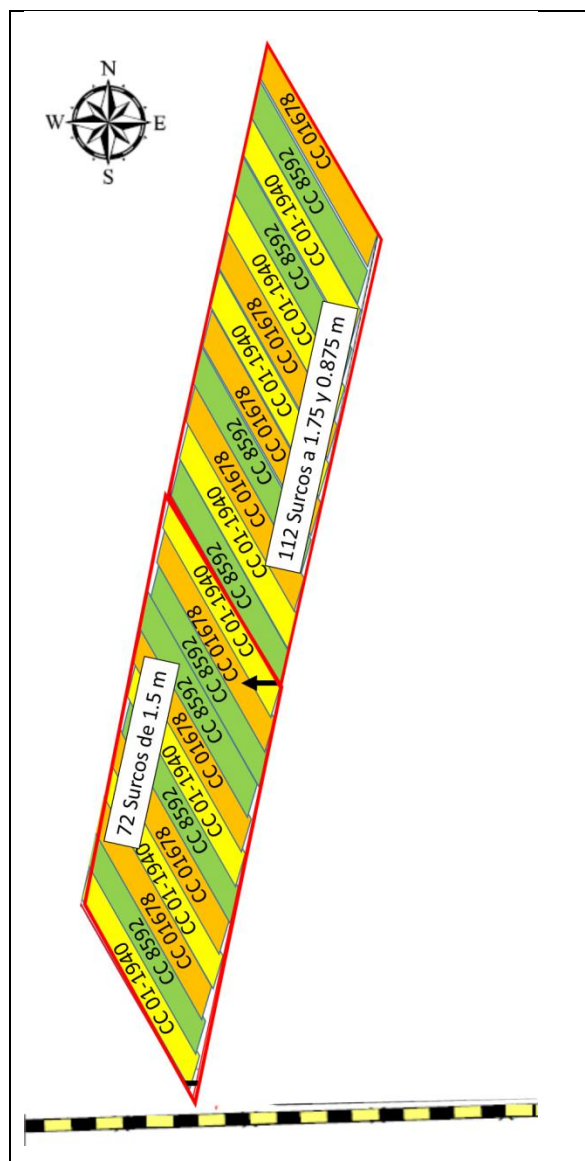


Figura 2. Esquema del diseño experimental (Sin escala)

5.6 Establecimiento del cultivo.

5.6.1 Suelo.

La consociación Ballesteros se localiza en las cubetas de desborde de la planicie aluvial del río Cauca y en la llanura aluvial de desborde de los ríos tributarios, en el contacto con aquella, en relieves planos, de pendientes 0-1%, municipios de Tuluá, San Pedro y Buga, departamento de Valle del Cauca, y en los municipios de Puerto Tejada y Caloto en el Cauca; aparece en los climas ambientales de cálido seco y cálido seco transicional al cálido húmedo, con temperatura promedio de 24°C y precipitación aproximada de 1000 a 1500 mm anuales.(CENICAÑA, 2012)

El material parental corresponde a aluviones finos con propiedades vérticas; se han desarrollado suelos pobremente drenados, moderadamente profundos, con el abatimiento del nivel freático mediante la construcción de canales de drenaje abiertos; poseen texturas finas, de reacción neutra en superficie a fuertemente alcalina en profundidad y fertilidad alta.(CENICAÑA, 2012)

La consociación está formada por los suelos Ballesteros clasificados como *Typic endoaquerts*, familia fina, mezclada, superactiva, isohipertérmica, representados por el perfil modal CC566. Presenta fases por textura de la capa arable, profundidad efectiva, drenaje artificial y pendiente.(CENICAÑA, 2012).

En la preparación del experimento, el terreno presentó una condición friable al momento de la preparación y la estructura del suelo fue adecuada para el establecimiento del ensayo, la pendiente del lote es de 0 – 1 % lo que permite un adecuado drenaje superficial.

El tipo de suelo, pertenece a la zonificación agroecológica 10H4⁸(Cenicaña, 2011), donde la limitante se debe a la relación Ca/Mg Invertida y a la consistencia en mojado pegajosa, muy plástica y a la permeabilidad e infiltración lentas(IGAC, 2003), para corregir esta limitante de baja infiltración, élote está rodeado de dos canales de drenaje abiertos, tanto en cabecera como recibidora.

5.6.2 Preparación del terreno.

En la preparación se realizaron las labores de descepada, rastro arado, subsuelos y pulida; En la descepada se realizaron 2 pases con rastra pesada de 36" x20 discos, para el subsuelo se realizaron 2 pases cruzados con cincel a 50 cm de profundidad, un pase de rastro arado de 32" x 20 discos y un pase de pulidor de 24" x 44 discos.

5.6.3 Surcado.

En la labor de surcado a 1.5 m, se utilizó el implemento convencional con un tractor de 180 Hp, con este implemento se logra un ancho de trabajo de 4.5m con tres cuerpos. Para el surcado del sistema 1.75m AP, fue necesario acondicionar un implemento con un sistema hidráulico que permitiera realizar el surcado apiñado, el ancho de trabajo fue de 3.5m.

⁸ 10H4: Clasificación agroecológica desarrollada por Cenicaña, donde el numero 10 representa un grupo homogéneo de suelo de textura fina con contenido de arcilla entre el 35 y 60 % y el H4 representa un exceso de agua entre 400 y 600 mm/año (Cenicaña, 2011).



Figura 3-4. Surcado del experimento Tomado por el autor

5.6.7 Siembra.

La siembra se realizó por medio de esquejes⁹ proveniente de un lote básico tratado de 8 meses de edad, las condiciones terreno fueron adecuadas, la distancia entre banderas fue de 10m, cada paquete cuenta con 30 trozos de 60cm cada uno y cada esqueje tenía en promedio 3 yemas¹⁰, para un total de 630 yemas por surco. Para favorecer la brotación se aplicó como abono pre siembra al fondo del surco 50 kg/ha de fosfato diamonico¹¹, el tape de la semilla fue manual, al siguiente día se aplicó el riego de germinación.

El sistema 1.75m AP, presenta un incremento en tiempo del 27.60% en la ejecución de la labor con respecto al sistema 1.5m, esto debido al ancho de trabajo del implemento.

⁹Esqueje o trozo: Sección de tallo de caña de azúcar de aproximadamente 60 cm de largo.

¹⁰ Yema:

¹¹ Fosfato Diamonico: es una de las sales de fosfato de amonio solubles en agua que se puede producir a partir de la reacción de neutralización entre el ácido fosfórico y el amoniaco.(CENICAFE, 1987)



Figura 5. Corte de semilla para siembra del experimento.

Tomado por el autor

El consumo de semilla para los dos sistemas es el mismo, debido al mismo número de surcos por hectárea.



Figura 6. Aplicación de abono presiembra - **Figura 7.** Siembra del experimento.

Tomado por el autor

5.6.8 Variedades de caña seleccionadas.

Para el establecimiento del cultivo y del ensayo, se seleccionaron tres variedades de caña de azúcar, la primera CC 85-92 por importancia en área sembrada en la industria azucarera y las otras dos fueron CC 01-1940 y CC 01-678 debido a su arquitectura, disposición de hoja vertical y tallo erecto. Según (ArgenBio, 2007), la planta al distribuir la energía lumínica uniformemente entre los distintos niveles de hojas, logra eficiencias fotosintéticas de más del doble con respecto a la disposición foliar horizontal.

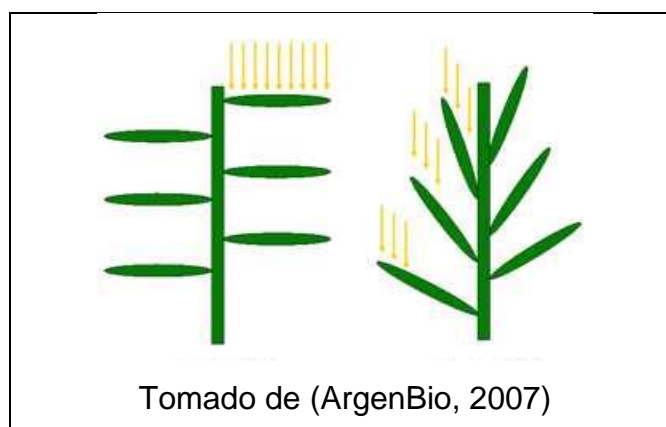


Figura 8: Tipos de disposición de hoja horizontal y vertical

5.6.9 Características de variedades.

En la tabla 4, se presentan las características más relevantes de las variedades CC producidas en Cenicaña.

Tabla 4. Tomado de Catalogo de Variedades de Caña de azúcar (Cenicaña, 2013)

Característica	CC 85-92	CC 01-1940	CC 01-678
Progenitores	Co 775 x CP 52-68	CCSP 89-1997 x ?	CC 93-4076 x M336*PR980
Tallo	Largo, levemente decumbente, disposición de	Largo, erecto, disposición de entrenudo en zig-	Largo, erecto, disposición de entrenudo en zig-

	entrenado en zig-zag suave.	zag suave.	zag suave.
Entrenado	Cilíndrico, con longitud de 13-16 cm y diámetro de 30-32 mm	Cilíndrico, con longitud de 10-13 cm 35-43 mm.	Constreñido, con longitud de 10 – 11 cm y diámetro de 30 – 33 mm.
Germinación	Excelente	Excelente	Excelente
Macollamiento	Entre 10 – 12 tallos por cepa	Entre 9 – 13 tallos por cepa	Entre 11 – 13 tallos por cepa
Floración	Nula	Nula	Nula



Figura 9:CC 85-92. **Figura 10.** CC 01-1940.**Figura 11**CC 01-678.
Tomado por el autor.

5.7 Manejo del cultivo.

5.7.1 Fertilización.

La fertilización se realizó líquida manual fraccionada en dos aplicaciones en un área de 1.47 ha, la primera dosificación se ejecutó a los 91 dds con 4 bultos de Urea, 1 bulto de KCL, 600 lt de vinaza al 55% y 19 kg/ha de ácido fosfórico al 85%; la segunda aplicación se realizó a los 129 dds con 4 bultos de urea, 600 lt de vinaza al 55% y 38 kg/ha de ácido fosfórico al 85%. Con esta modalidad de aplicación líquida, el sistema apiñado permite una aplicación del 100% del área, en la modalidad mecánica se puede aplicar en un 85%, el resto se debe hacer manual o hasta que se diseñe un implemento que permita ejecutar la labor simultánea.

5.7.2 Riego y lluvias.

Después de la siembra, se suministró el primer riego con un volumen de 1062 m³/ha, al siguiente mes el segundo riego con 1128 m³/ha y el tercer riego se realizó en el mes de enero del 2014 con un volumen de 1362 m³/ha. Todos los meses presentaron lluvias, siendo noviembre del 2013 el de mayor precipitación con 223mm y el mes de menor precipitación fue julio del 2013 con 10mm. El comportamiento de las lluvias presentó un acumulado de 1420.5mm y una evaporación acumulada de 1754.8mm, el acumulado de lluvia sumado a los riegos realizados son 1775.8 mm, para una relación de lluvia sobre evaporación de 1.01. (Ver grafica 1)

Grafica 1. Variables climáticas de lluvia, evaporación y riegos del cultivo desde julio del 2013 hasta septiembre del 2014 estación El Naranjo.

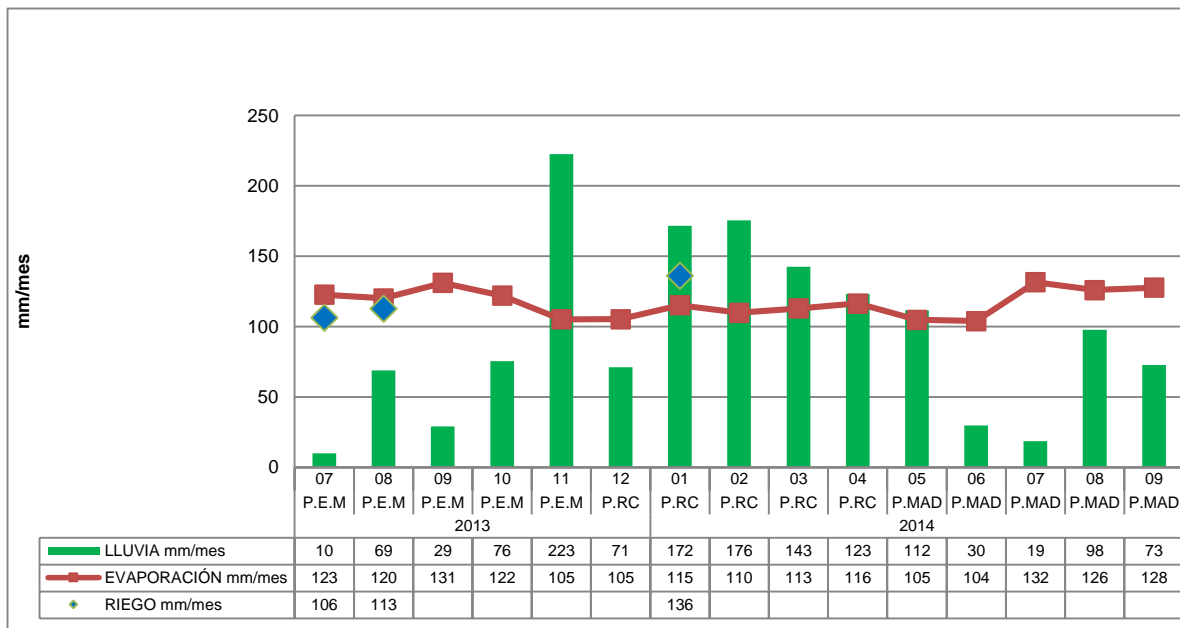


Figura 12. Riego de los tratamiento.

Tomado por El autor

5.7.3 Control Malezas.

Para el control de malezas, se realizaron tres aplicaciones con bomba de espalda presurizada y confórmulaspara el control principalmente de dicotiledóneas Batatilla *Convólulos purpureus*, y monocotiledóneas como la Caminadora *Rottboellia exaltata* y Liendre puerco *Echinochloa colonum*. (CENICAFE, 1987).



Figura 13. Control Malezas. Tomado por el autor

5.8 Toma de datos y métodos de muestreo.

En los muestreos de parámetros agronómicos, se realizaron las evaluaciones en los arreglos de siembra a 1.5m y a 1.75m AP, en los cuales se evaluaron en 60 metros de largo los tallos por metro, altura de planta de 20 tallo al azar y medición de su diámetro; para el sistema 1.75 m AP, fue necesario evaluar el comportamiento de las variables agronómicas en los surcos que tienen un ancho de calle de 1.75 y de igual forma en las calles que tiene un ancho de 0.875 m.

5.8.1 Tallos por metro.

Para la evaluación de tallos por metro (T/m), se realizaron 2 trochas de 40m de largoy con un decámetro se miden30m en las calles 2 y 4, dejando 10m de borde dentro de cada calle y se cuentan los tallos aptos para molienda en los 30 metros del lado izquierdo y de regreso los 30 metros del lado derecho, para un total de 60 m por calle, finalmente se tiene un total de 120 m evaluados por parcela.

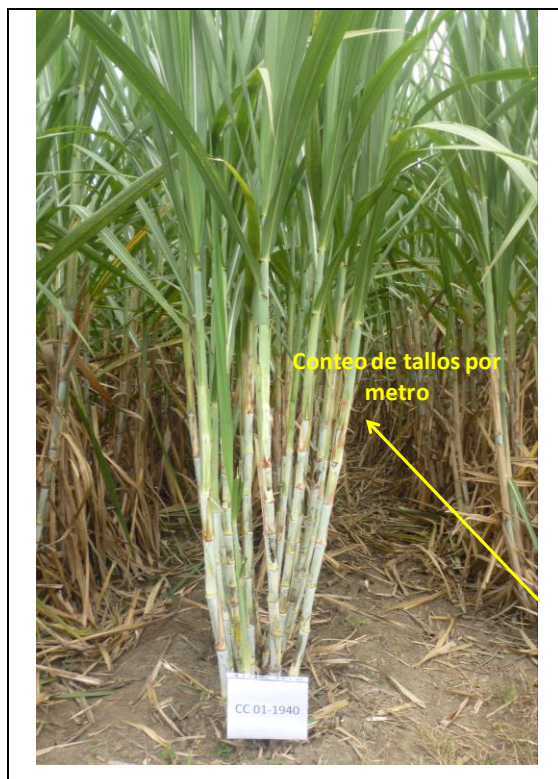


Figura14. Evaluación de población. Tomado por el autor.

5.8.2 Altura de planta.

Para la evaluación de altura de tallo, se usan las mismas trochas de la evaluación anterior, se seleccionan 10 tallos por cada lado para un total de 20

tallos y con un flexo metro se mide la altura en centímetros o metros desde la base hasta la tercera lígula visible.



Figura15. Medición de altura de tallos.

Tomado por el autor.

5.8.3 Diámetro de tallo.

En los mismos tallos seleccionados en la evaluación de la altura, se tomaron los diámetros con un flexómetro a 1.5 m de altura del tallo desde la base.



Figura 16 - 17. Medición de diámetro de tallos.

Tomado por el autor.

5.8.4 Sacarosa por ciento caña campo y rendimiento.

Para el muestreo de Sacarosa por ciento caña campo, se seleccionaron y cortaron 10 tallos al azar dentro de la parcela, posteriormente la muestra fue llevada a un molino experimental donde se extrajo el jugo de la caña y analizada en el laboratorio en un equipo NIR. En este equipo se midió el Brix del jugo y por correlaciones del laboratorio, se estima la concentración de sacarosa y su rendimiento, este último es el utilizado para calcular las toneladas de azúcar por tratamiento.



Figura 18 - 19. Molino para extracción de jugo del tallo. Tomado por el autor.

5.8.5 Resistencia a la penetración.

Como variable de medición física, se evaluó la resistencia a la penetración en el perfil del suelo con el penetrometro, se tomaron tres puntos de muestreo en cada parcela sobre las dos calles de tránsito del equipo de cosecha, (Tractor-Vagón y alzadora), la información es guardada digitalmente por el equipo para su posterior análisis.

5.9 Producción del cultivo.

5.9.1 Toma de datos en cosecha.

En la cosecha, se controló el corte por parcela y el alce de cada unidad experimental, se marcaron los vagones con guías y el pesaje se realizó en la báscula comercial del ingenio; para las parcelas del sistema 1.75 m AP, el corte se realizó de 7 surcos, arrumando la caña entre la calle 3 y 4.



Figura 20. Corte de ensayo.

Tomado por el autor.



Figura 21. Arrume de tallos por parcelas.

Tomado por el autor.



Figura 22. Alce del experimento.

Tomado por el autor.

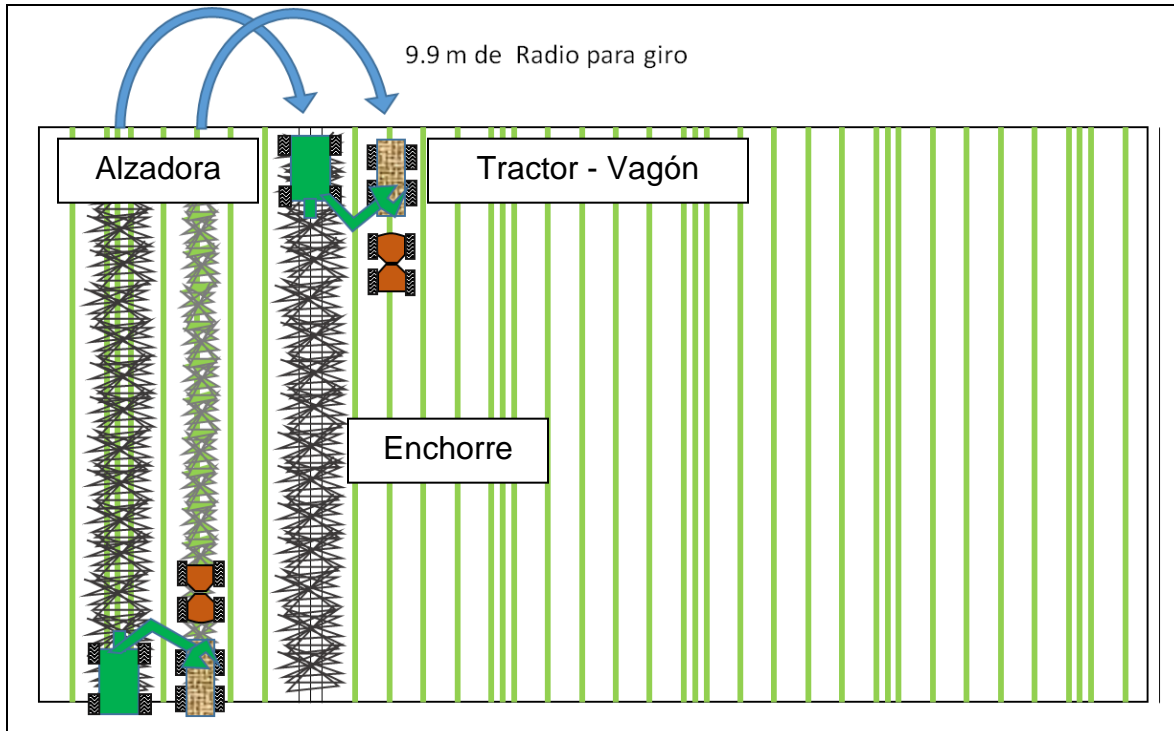


Figura 23. Esquema de giro en el alce.

Elaborado por el autor.

En el esquema de la figura 13, se simuló la secuencia y la distancia de los giros en la maquinaria de cosecha, estos corresponden a 9.9m, espacio suficiente para una normal operación. En el sistema convencional se cuenta con un espacio de giro de 9.0m, lo que implica mayor recorrido en la suerte.

5.9.2 Tonelada de caña por hectárea (TCH).

Las toneladas de caña por hectárea o TCH, se calcula realizando la división de las toneladas producidas sobre el área de la parcela.

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

5.9.3 Toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

Las toneladas de azúcar por hectárea, se calculan multiplicando el TCH por el rendimiento expresado el porcentaje.

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

5.10 Análisis de datos.

5.10.1 Modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + R_j(l) + W_k * DV_{jk} + Error_{ijk}$$

Donde:

μ : TCH promedio general

D_i : Efecto fijo de la distancia de siembra i ($i = 1,2$)

R_{j(i)}: Efecto aleatorio de la repertición *j* dentro de la distribución *i* (*j* = 1,2,3,4)

V_K: Efecto fijo de la variedad *K* (*K* = 1,2,3)

DV_{ik}: efecto de la interacción distancia por variedad.

E_{ijk}: Varianza de error

5.10.2 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de la información, se tabulo la información en Excel y se empleó estadística descriptiva a las variables de respuesta (TCH y TAH); además, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% y comparación de medias con el test de múltiples rangos en el programa estadístico STATGRAPHICS Plus y SAS Output, con el objetivo de poder establecer diferencias significativas entre tratamientos.

5.11 Características de los arreglos de siembra.

5.11.1 Características del arreglo de siembra 1.5m.

El espaciamiento de calle a 1.5m, permite una mayor densidad de caña por unidad de área, de igual forma requiere mayor número de esqueje para su siembra y mayor recorrido de la maquinaria al momento de ejecutar las labores; además este ancho de calle no se ajusta al ancho de trocha de los diferentes equipos de alce y transporte de la caña.

El corte por parcela de este sistema se realizó en líneas de 6 surcos que corresponden a un ancho de trabajo de 9 m, donde el lanzamiento máximo del corte es de 3.75 m, apilando los tallos en la calle 3 para su posterior alce; para este sistema, la alzadora también requiere una longitud de alcance de 3.75 m

para depositar la caña en los vagones de transporte. El sistema de 1.5m, al tener una distribución homogénea de los anchos de surco, permite la realización de las labores de levante sin limitantes, excepto la incompatibilidad del ancho de trocha, que puede generar en ocasiones daños en el cultivo.

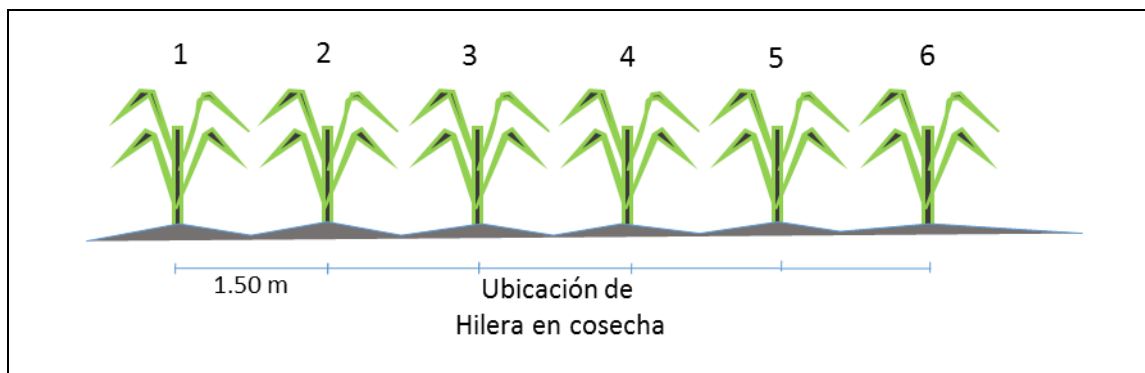


Figura 24. Esquema de siembra a 1.5 m (Convencional). Elaborado por el autor

5.11.2 Características del arreglo de siembra 1.75 m AP.

El sistema de siembra 1.75 m AP, presenta como referencia la distancia de siembra 1.75 m, con la inclusión de un surco adicional en la calle 3, entre el surco 3 y 4 a 0.875m de distancia, quedando tres surcos apiñados; el esquema se repite cada 6 calles y sobre esté no habrá ningún tránsito de maquinaria, fundamentalmente porque el enchorre de la caña va sobre la calle 3 y la alzadora transita sobre la calle 2 y 4 (ver figura 27), evitando la compactación y destrucción del sistema apiñado. Para este sistema se incrementa la distancia de lanzamiento de la caña cortada y de igual forma la distancia para la alzadora pero sin generar una ineficiencia en la labor.

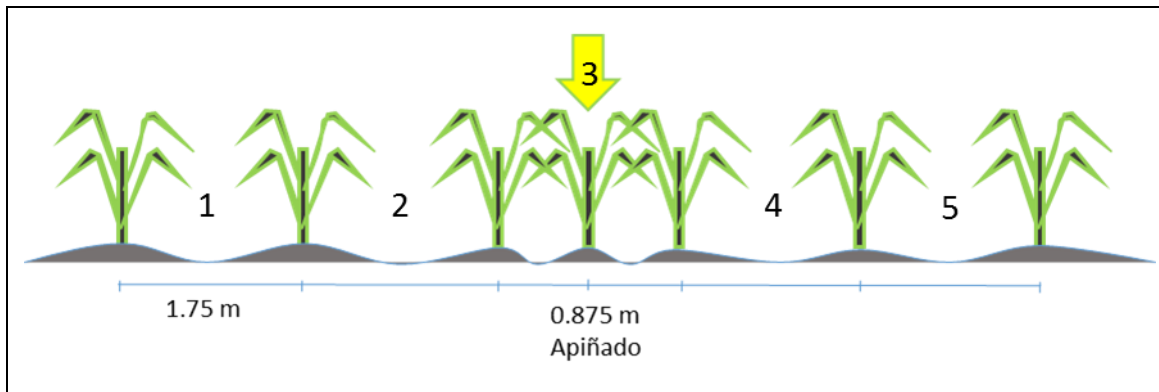


Figura 25. Esquema de siembra a 1.75 m AP. Elaborado por Waldemar Tique

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultado de evaluaciones agronómicas.

6.1.1 Caracterización química del suelo.

Al análisis químico realizado al suelo, se le comparo con la calificación dada por Jaramillo en el 2004, para cada uno de los parámetros. Ver tabla 4

Tabla 5. Análisis químico del lote tomado el en 2013 y comparado con la calificación de variables según (Jaramillo, 2004)

Parametro	Valor	Calificación ¹²
pH (unidades)	5,88	Moderadamenteacido
MO (%)	4,76	Alto
P (ppm)	2,13	Baja
cmol(+)/kg K	0,23	Media
cmol(+)/kg Ca	15,76	Alta
cmol(+)/kg Mg	9,27	Alta
CIC= cmol (+)/kg	31,86	Alta
Mn (ppm)	86,00	Alta
Fe (ppm)	13,31	Baja
Cu (ppm)	2,80	Media
Zn (ppm)	2,43	Media
% Arena	20	Arcilloso
% Limo	25	
% Arcilla	55	

Fuente: (JARAMILLO, 2004)

De acuerdo a Jaramillo (2004), el suelo se considera moderadamente acido, donde existe baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg. La MO reporta un valor de 4.76%, considerado alto para las condiciones cálidas del valle del rio cauca y de igual forma los parámetros de Ca, Mg, Mn y CIC que presentaron niveles altos; el K, Cu, Zn se consideran que se encuentran en un

¹²Calificación dada a los niveles del parámetro evaluado, según los rangos críticos y estándares presentados por Jaramillo (2004).

nivel medio; El P y el Fe presentan niveles Bajos. Con los porcentajes de arena (A) = 20%, limo (L) = 25% y arcilla (Ar) = 55% se identificó la clase de textura como arcillosa.(FAO, 2009).

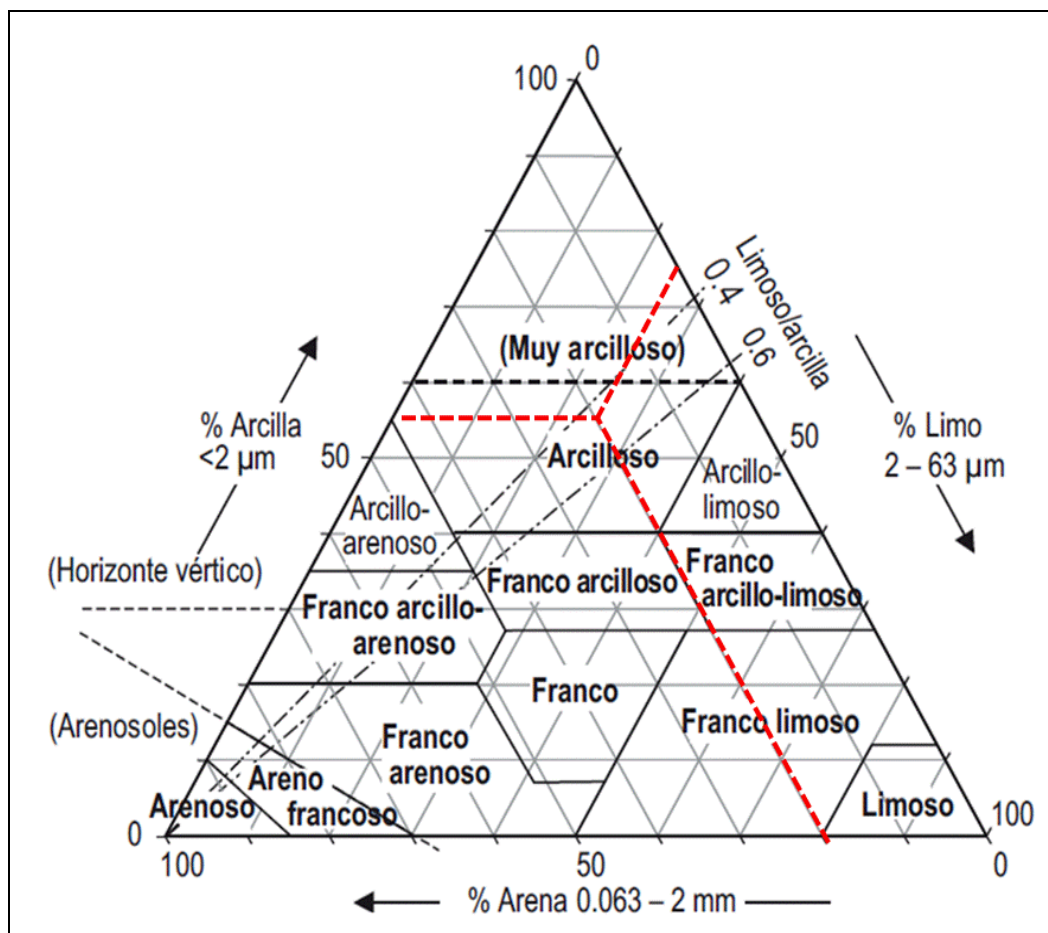


Figura 26. Triángulo textura(FAO, 2009)

6.1.2 Tallos por metro.

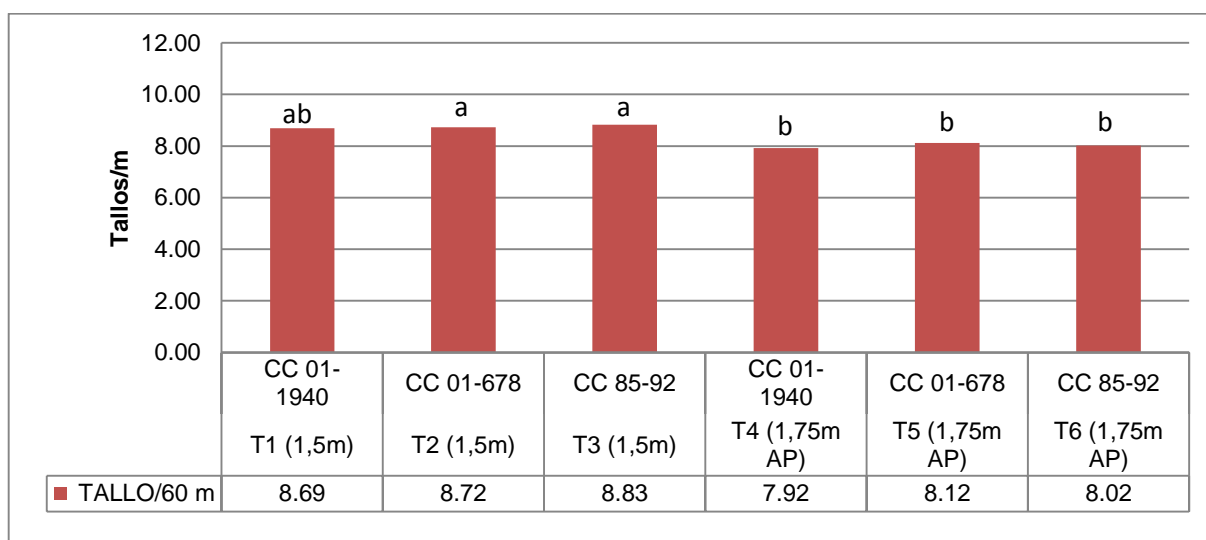
El departamento de agronomía del Ingenio La Cabaña tiene como parámetro de calidad los siguientes rangos de clasificación en la variable de tallos por metro; donde bajo es menor a 8.00t/m, medio entre 8.01 – 10.00t/m y alto mayor a 10.01t/m. Con base a lo anterior, se observó que los tratamientos T1, T2, T3, T5

y T6 estuvieron en el rango medio y el T4 en bajo. Por otro lado los tratamientos T1, T2 y T3 tienen un promedio de 8.75 T/m y los T4, T5, T6 tienen un promedio de 8.02, lo que corresponden a una diferencia de 0.73 unidades de t/m para una diferencia relativa del 8.30% (Tabla 5).

Estos resultados concuerdan con los encontrados por (Cruz, 2013) el cual encontró que al reducir la distancia de siembra se disminuyen los tallos por metro.

En el ANOVA se encontró que por lo menos en uno de los tratamientos presenta diferencia estadísticamente significativa (ANEXO 1). En el análisis de post ANOVA (Prueba de rangos múltiples), se comprobó que hay diferencia significativa entre las siguientes parejas de tratamientos, siendo el primero estadísticamente superior al segundo: (T2 – T4) con 0.79 unidades de t/m, (T3 – T4) con 0.90 t/m y (T3 – T6) con 0.81 t/m, para los otros grupos comparados no se evidenciaron diferencias.

Grafica2. Tallos por metro por tratamiento.



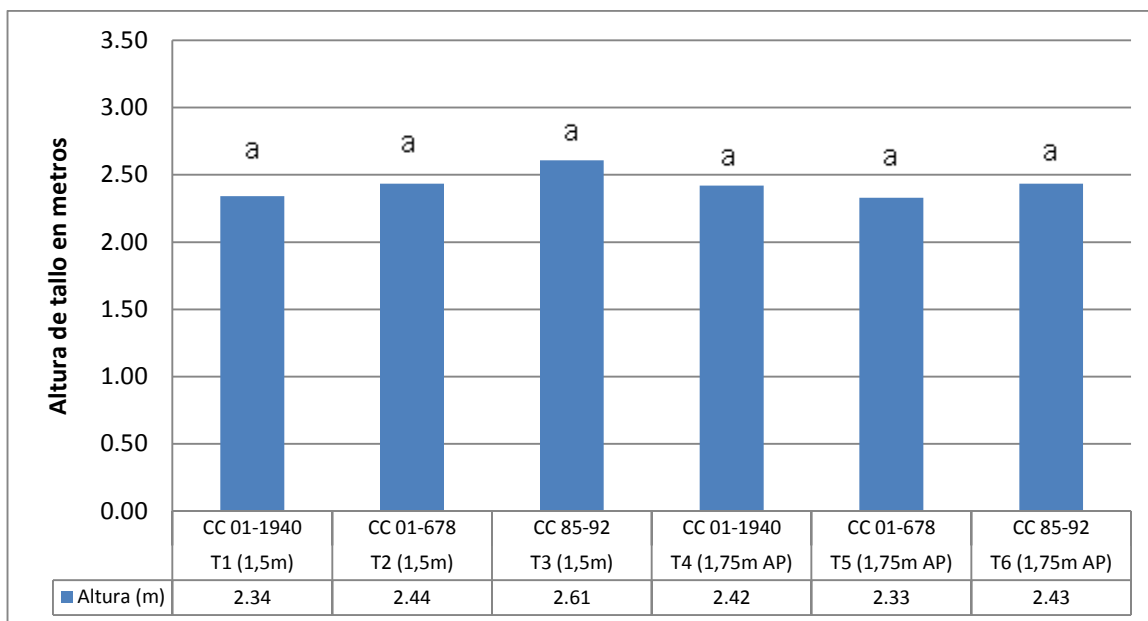
En la tabla 4 podemos observar que se obtuvo un promedio de 8.23t/m, estando por encima los tratamientos T1, T2, T3 y por el contrario el T4, T5 y T6 estuvieron por debajo. El coeficiente de variación estuvo por debajo del 10%, lo que indica que los tratamientos presentaron poca variación en esta variable.

6.1.3 Altura de tallos.

Como parámetro de altura de tallo, el ingenio la cabaña tiene como indicador de calidad los siguientes rangos de altura a los 270 días (9 Meses de edad): Bajo < a 2.00m, Medio > 2.01 y < a 2.50m y Alto > a 3.00m. Teniendo en cuenta los anteriores parámetros, observamos en la gráfica 3 que todos los tratamientos presentaron un comportamiento Medio de altura sin una afectación significativa, esto se corrobora con el ANOVA, donde no se evidencia diferencia significativa para esta variable. (ANEXO 2).

Por otro lado los el análisis de varianza no se evidencio diferencia significativa entre tratamientos, lo que demuestra que esta variable no se afecta por los sistemas de siembra establecidos en el ensayo.

Esto se correlaciona con lo encontrado por (Bolívar, 2010) donde el concluye que la altura de la planta no se ve afectada por la distancia entre surcos.

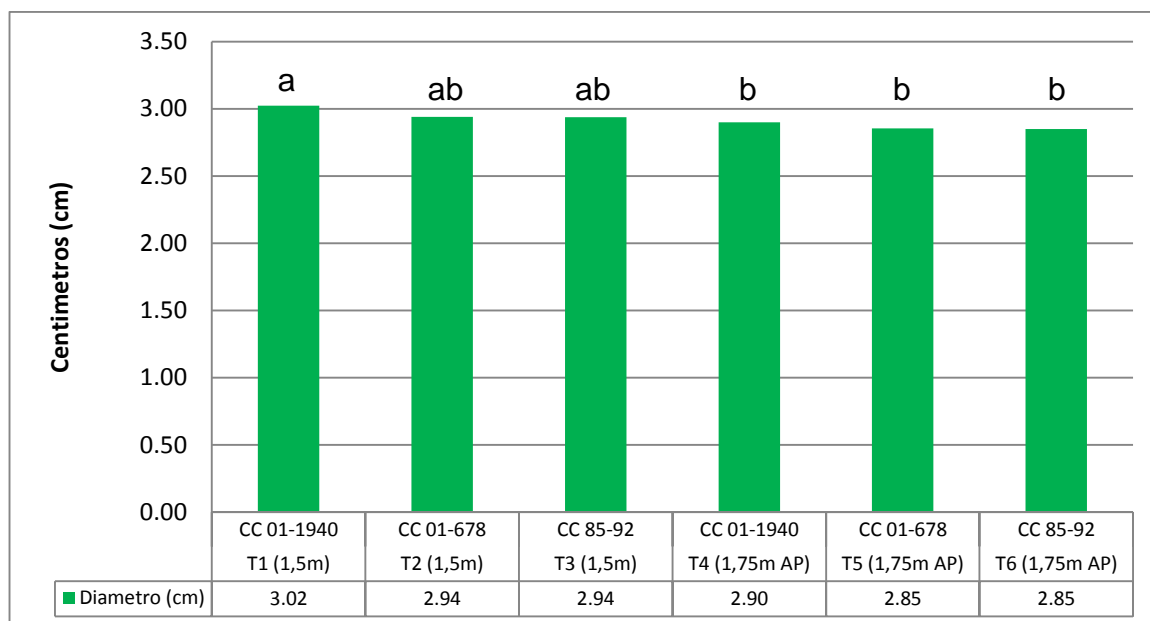
Grafica3. Altura de planta por tratamiento.

6.1.4 Diámetro de tallos.

En el análisis de varianza del diámetro de tallo, se encontró diferencia significativa a favor del T1 frente al T4, T5 y T6. (ANEXO 3)

Los resultados anteriores contrastan con los obtenidos por (Cruz, 2013) donde el encontró que el diámetro no se ve afectado por el ancho de calle.

En promedio se logró 2.90cm de diámetro y los tratamientos que estuvieron por encima de este valor fueron el T1, T2 y T3; el T4, T5 y T6 estuvieron por debajo de la media general. La desviación estándar estuvo en 0.16 y el coeficiente de variación en 6.55% centímetros.

Grafico4. Diámetro de tallo por tratamiento

6.1.5 Evaluación de resistencia a la penetración después de cosecha en el suelo de *Typic endoarquet*.

Se realizaron mediciones de resistencia a la penetración con el equipo Eykelkamp de serie 28298703 facilitado por Cenicaña, las evaluaciones se hicieron en la zona de tránsito de la maquinaria y en la zona del sistema apiñado donde no hubo tráfico agrícola. Cabe resaltar que las condiciones de los suelos en el lote al momento de la cosecha fueron secas.

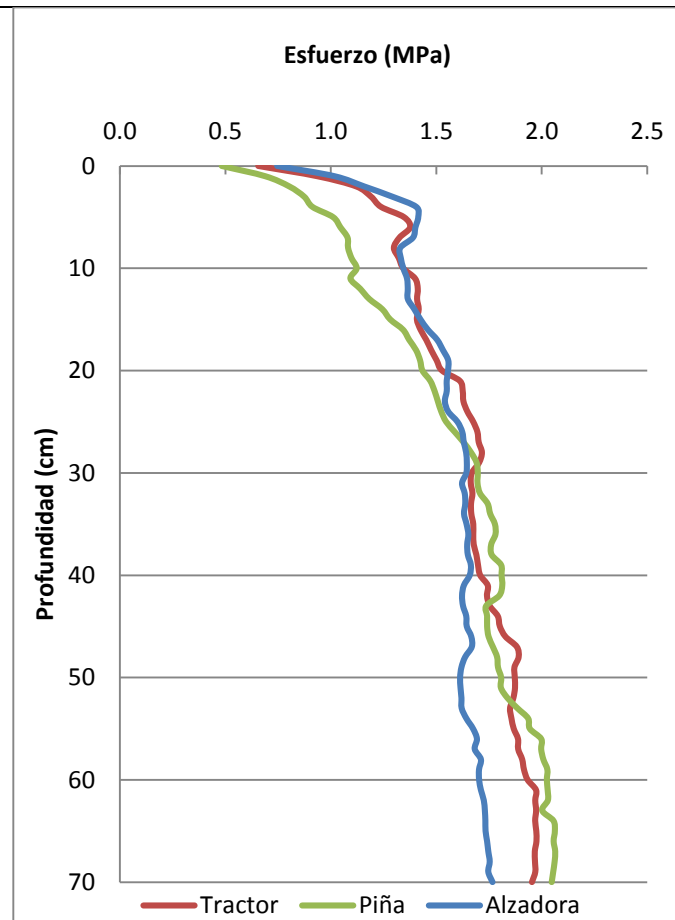


Figura 27. Esquema de puntos de muestreo en la resistencia a la penetración. Tomado por el autor.

En la gráfica 5, se presenta los valores de resistencia a la penetración en Mega pascales (Mpa), donde se compara las dos variables de compactación ocasionada por el tráfico del tractor – vagón, alzadora y una tercera que sirve como testigo, donde no hubo pisoteo del tráfico agrícola; se observa que donde no hubo tráfico agrícola (Apiñado) la resistencia es menor hasta una profundidad de 30 cm, lo que puede favorecer el rebrote del sistema apiñado y por otro lado se observó que el tráfico de la alzadora y del tractor y vagón, presentaron una mayor resistencia a la penetración y esto se traduce a un aumento en la densidad aparente del suelo.



Figura 28. Medición de resistencia a la penetración.
Tomado por el autor.



Grafica 5. Resistencia a la penetración

6.1.6 Evaluación del alce en la cosecha.

En el sistema convencional, la distancia entre la alzadora y el vagón de transporte, es de 3.75m y para el sistema 1.75m AP es de 4.375m, esto ocasiono un incremento en la distancia de cargue de la caña de un **16.66%**, con respecto al sistema 1.5m.

El tránsito del alce mecánico en el sistema 1.5m, generó un pisoteo del **16.66%** sobre el área cosechada por que 1 de cada 6 surcos es pisoteado por el vago o el tractor de tiro.

Para el sistema 1.75m AP, el pisoteo presentó una reducción del **14,31%**, esto debido a la diferencia relativa entre arrumes por hectáreas, donde en el sistema 1.5m presentó 11.11 arrumes por hectárea y en el sistema 1.75m AP fue de 9.52 arrumes, teniendo una diferencia absoluta de 1.59 arrumes por hectáreas, esto representó el 14.31% de menor recorrido.

En el sistema 1.5m, la cosecha mecánica se puede realizar en un 100%, pero genera un pisoteo sobre uno de los surcos de tránsito de la cosechadora y uno sobre el tránsito de los vagones, lo que crea un pisoteo del 33.33% por hectárea en esta modalidad.

En el sistema 1.75m AP, no se ajusta a la cosecha mecánica.

6.2 Resultados de producción de TCH y TAH por tratamientos

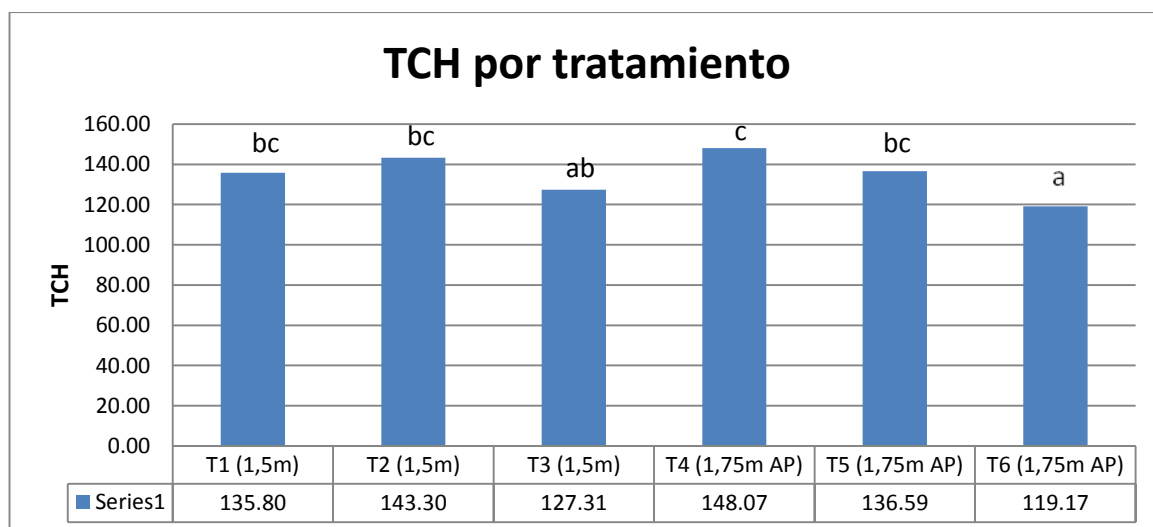
6.2.1 Resultados de producción de TCH por tratamiento.

En los resultados de TCH del experimento, se obtuvo una media general de **135.04** toneladas de caña por hectárea, con una desviación de **7.84** unidades y un coeficiente de variación del **5.81%**, (ver anexo 8).

El análisis de varianza entre sistemas de siembra, arrojó una probabilidad de **0.82** con un nivel de significancia del **95%**, ver tabla 6, esto indica que no hay diferencia significativa entre sistemas de siembra (**1.5m vs 1.75m AP**), posiblemente a los bajos grados de libertad que presentó el diseño experimental del ensayo. Por otro lado, en el ANOVA para la variable TCH por Variedad, se obtuvo una probabilidad de **0.0022** ver tabla 6, esto significa que al menos una de las variedades presenta diferencia significativa frente a otra, al realizar la comparación de medias entre ellas, se encontró que la variedad **CC 01-1940** y **CC 01-678** son iguales entre ellas y estadísticamente diferentes a la **CC 85-92** ver tabla 7.

En el análisis de la interacción de Variedad*Distancia, se obtuvo una probabilidad de 0.07 ver tabla 6, lo que permite concluir que hay un efecto importante en la interacción entre variedad y el sistema de siembra; Siendo la **CC 01-1940** la que presenta mejor comportamiento en los dos sistemas **1.5m** y **1.75m AP** con un TCH promedio de **135.80** y **148.07** respectivamente, con una diferencia de **12.27** unidades de TCH a favor del sistema **1.75 m AP**, aclarando que el análisis no arrojo diferencia significativa pero con una diferencia considerable de TCH. Por otro lado el comportamiento de la variedad **CC 01-678**, reporta que no hay diferencia significativa entre sistemas con unas TCH de **143.30** en el sistema **1.5m** y **136.59** en el sistema **1.75m AP**, lo que indica que le es indiferente cualquiera de los dos sistemas probados.

Por el contrario la variedad **CC 85-92** presento un detrimento en las TCH de **127.31** a **119.17** en el sistema **1.75 m AP**, que corresponden a una diferencia de **8.14** unidades de TCH, lo que indica que este fenotipo varietal se ve afectado por el sistema de siembra, posiblemente por la competencia de luz intra específica del material en el sistema apiñado.



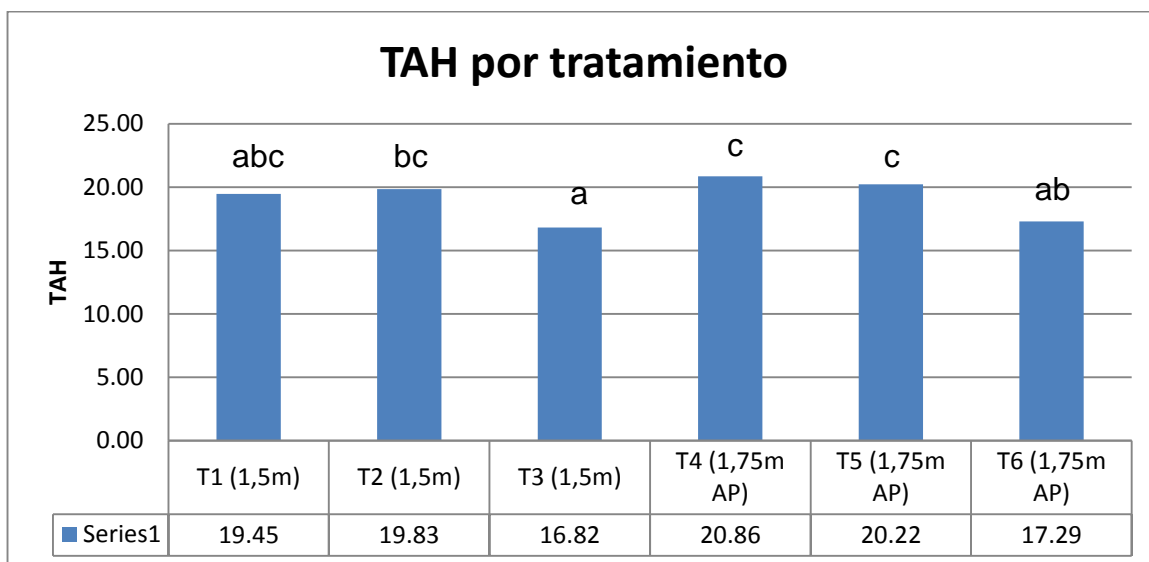
Gráfica 6: TCH promedio por tratamiento

6.2.2 Resultados de producción de TAH por tratamiento.

Para la variable de toneladas de azúcar por hectárea (TAH), se obtuvo un promedio general de **19.08** toneladas de azúcar con una desviación estándar de **1.12** y un coeficiente de variación de **5.92%**.

De igual forma, fue necesario realizar un ajuste con dos datos atípicos marcados en la tabla 5. Con este ajuste fue posible efectuar la prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza con mayor confianza. En el análisis de varianza (ANOVA) se encontró que existe una diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos en la prueba por variedad con una probabilidad de **0.0002** (Ver tabla 9), en la misma tabla se observan las probabilidades de los demás pruebas y su interacción, donde esta nos dice que no hay diferencia significativa en el sistema de siembra con un p-valué de **0.2618** y en la interacción entre variedad*sistema con **0.5933**.

En la gráfica 9 se observa que la variedad CC 01-1940, responde mejor a la variable TAH en el sistema apiñado



Gráfica 7: TAH promedio por tratamiento

6.2.3 Análisis económico.

Para el análisis económico se analizó la variable TAH que agrupa los factores de producción de caña y rendimiento de azúcar del cultivo y se compararon las variedades con su homólogo de otro sistema con el fin de eliminar el ruido entre variedades. Por otro lado se estimó un costo del kilo de azúcar en 1000 pesos. En este orden de idea se calculó la diferencia en TAH entre los tratamientos (T4-T1), (T5-T2) y (T6-T3). Se observó que en todas las comparaciones, el sistema 1.75m AP fue superior que el sistema 1.5m, siendo la variedad CC 01-1940 la de mayor ganancia con **1.404.271\$**, seguido de la CC 85-92 con **477.754\$** y por último la CC 01-678 con **383.890\$**; para un total de **2.265.916\$**.

Tabla 6. Resumen de análisis de costos

Variedad	TAH 1,5m	TAH 1.75m AP	Diferencia TAH	Kg de Azúcar/Ton	Kilos * \$/kg
CC 01-1940	19,45	20,86	1,40	1404,3	\$ 1.404.271,2
CC 01-678	19,83	20,22	0,38	383,9	\$ 383.890,7
CC 85-92	16,82	17,29	0,48	477,8	\$ 477.754,7
					\$ 2.265.916,5

7. CONCLUSIONES.

- En la variable de TCH, se encontró diferencia significativa entre variedades, siendo la CC 01-1940 y la CC 01-678 mejor que la variedad testigo CC 85-92; en el sistema 1.5m se obtuvieron diferencias de 8.19 y 13.99 unidades de TCH respectivamente y en el sistema 1.75m AP se obtuvieron diferencias de 28.9 y 17.42 unidades de TCH respectivamente.
- En la interacción variedad*sistema, se observa una mejor respuesta de las variedades CC 01-1940 y CC 01-678, debido posiblemente a que presentan una disposición de la hoja hacia la luz de tipo B (Canope) con respecto a la variedad CC 85-92, esto se traduce a una mayor eficiencia en la recepción de la luz solar.
- En las evaluaciones agronómicas del sistema, se encontró una reducción del **8.30%** en tallos por metro del arreglo 1.75m AP frente al convencional. Por otro lado se evidenció una diferencia significativa de los tratamientos (T2 – T4), (T3 – T4) y (T3 – T6) con 0.79, 0.90, 0.81 t/m respectivamente.
- En el establecimiento del sistema 1.75m AP, fue necesario diseñar un surcador que permitiera realizar la labor simultánea del surco apiñado a 0.875m y el surco a 1.75m, en el resto de labores agronómicas como riego, control malezas y fertilización líquida, se requirieron modificaciones en el abonamiento mecánico. Es necesario diseñar un implemento que permita abonar los surcos apiñados e incorporar el abono, de igual forma se puede aplicar en un 85% mecánicamente y el 15% restante se abona líquido. En la labor de corte en cosecha, se incrementó en un 16.67% el lanzamiento de la caña pero se aumenta el tonelaje por

chorra y se cumplió con el objetivo de distanciar la cepa del tránsito de la maquinaria sin disminuir la producción.

- Se presentaron producciones a favor del arreglo 1.75m AP en la variedad CC 01-1940 y la disminución del recorrido por hectárea de la maquinaria de cosecha, donde se lograron reducción en tiempo y movimiento del 14.93%, esto debido a que en el corte se forman chorras de mayor tonelaje, reduciendo así el recorrido de la maquinaria por hectárea.
- Las variedad CC 01-1940 y CC 01-678, presentaron mayor adaptabilidad al sistema de siembra 1.75 m AP.
- Para esta prueba, no fue posible medir el impacto del tráfico agrícola en condiciones de humedad, debido al periodo seco al momento de la cosecha.
- La rentabilidad del sistema entre variedades fue de \$2.265.916,5 por hectárea, siendo la CC 01-1940 la de mayor rendimiento.
- Para este ensayo en el primer corte, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos sistemas de siembra.

8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar una prueba experimental del sistema de siembra 1.5m vs 1.75m AP con la variedad CC 01-1940 en la misma zona agroecológica, donde se pueda validar el efecto del distanciamiento de siembra, la compactación de la rizósfera y la destrucción de la soca en condiciones de alta humedad a través del tiempo.
- Se recomienda evaluar variedades de tallo erecto, disposición de hoja vertical y que presenten mayor población (t/m), esto podría favorecer los surcos apiñado con una mayor densidad por unidad de área, esto teniendo en cuenta que esta variable población fue la que presento mayor disminución en las variedades evaluadas.
- Evaluar combinaciones varietales dentro del sistema, es decir, en los surcos con distancia a 1.75m, se pueden establecer materiales con mayor TCH y en los surcos apiñados donde la distancia es a 0.875m, se pueden establecer materiales de mayor población y mayor acumulación de sacarosa. Esto podría favorecer las toneladas de azúcar por hectárea.
- El sistema 1.75m AP, es un arreglo innovador, el cual nos puede permitir minimizar el pisoteo de la cepa con la misma cantidad de surcos que el sistema convencional, esto permite reducir el recorrido de la maquinaria agrícola, lo que finalmente se traduce en: menor consumo de combustible, menor pisoteo, mayor disponibilidad de maquinaria, menor compactación y posiblemente una mayor longevidad del cultivo.

Bibliografía

- Acevedo, a. (29 de 09 de 2014).** Distanciamiento entre surcos de caña. masio, simoca, argentina.
- Argenbio. (2007).** Argenbio. Recuperado el 22 de 08 de 2015, de argenbio:
<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>
- Argenbio. (2007).** pqbio. Recuperado el 03 de 09 de 2015, de pqbio:
<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>
- Asocaña. (2012).** Asocaña. Recuperado el 27 de 09 de 2015, de asocaña:
<http://www.asocana.org>
- Bastidas, Tique. (2014).** Comparación de siembra en ancho de calle a 1.5 m vs 1.75 m en la variedad cc 85-92 y cc 01-1940. guachene.
- Bolivar, I. a.-j.-j. (2010).** Trafico de esqupos de cosecha, compactación y efectossuperficiales. recuperado el 07 de 09 de 2015,
de<http://www.tecnicana.org>
- Cenicafe. (1987).** Descripción de malezas en plantación de cafe. en h. r. alvaro gomez aristizabal, descripción de malezas en plantación de cafe (págs. 218-74-106). chinchina.
- Cenicaña. (12 de 2012).** Cenicaña. Recuperado el 09 de 2015, de cenicaña:
<http://www.cenicana.org>
- Cenicaña. (s.f.).** <http://www.cenicana.org>. Recuperado el 25 de 08 de 2015, de <http://www.cenicana.org>.
- Cenicaña. (2006).** Manejo del cultivo en condiciones de caña verde. 7 - 8.
- Cenicaña. (2011).** Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar ne el valle del rio cauca (cuarta aproximación). principio metodológico y aplicaciones. cali.
- Cruz, p. n. (2013).** Desempeño de la caña de azúcar bajo diferentes distancias de siembra que mejoran el tráfico dentro del cultivo. iii congreso aeta, sep.18-20 del 2013. guayaquil-ecuador, (pág. 11). guayaquil.
- Fao. (2009).** Guía para la descripción de suelos. roma.
- Franco, t. p. (2009).** Impacto de la siembra a 1.75 m en la productiidad de la

Caña de azucar en el ingenio mayaguez. tecnicaña - viii congreso de la asociación colombiana de tecnicos de la caña de azucar - 2009, (pág. 5).

Igac, c. (2003). Estudio detallado de suelos y capacidad de uso de las tierras sembradas con caña de azucar en el valle geografico del rio cauca.

Jaramillo, j. (2004). Ciencia del suelo. Cali.

Tapahuasco, e. z. (2010). Diseño en parcelas divididas. ayacucho.

Viveros, c. (1995). Siembra. en cenicaña, el cultivo de la caña en la zona azucarera de colombia (págs. 131 - 139). cali.

ANEXOS.

ANEXO 1. Análisis de varianza de población.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	34,78	8,69	0,19
T2	4	34,89	8,72	0,00
T3	4	35,32	8,83	0,05
T4	4	31,70	7,93	0,11
T5	4	32,48	8,12	0,17
T6	4	32,07	8,02	0,31

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3,30	5	0,66	4,77	0,01	2,77
Dentro de los grupos	2,49	18	0,14			
Total	6,51	27				

ANEXO 2. Tabla de población por tratamiento y repeticiones.

Tallos/metro	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	Total general
Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	9,09	8,75	8,90	8,38	8,67	7,19	8,38
II	8,08	8,75	9,12	7,64	8,05	8,31	8,23
III	8,80	8,69	8,61	7,99	8,08	8,24	8,25
IV	8,81	8,70	8,69	7,70	7,68	8,33	8,07
Total general	8,69	8,72	8,83	7,93	8,12	8,02	8,23
Sistema	8,75			8,02			
Desviación	0,433	0,034	0,230	0,336	0,410	0,554	0,16
C.V	4,98%	0,39%	2,61%	4,24%	5,05%	6,91%	4,03%

ANEXO 3. Análisis de varianza de altura de tallo.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	9,37	2,34	0,03
T2	4	9,74	2,44	0,10
T3	4	10,43	2,61	0,02
T4	4	9,68	2,42	0,00
T5	4	9,32	2,33	0,03
T6	4	9,74	2,43	0,00

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,20	5	0,04	1,20	0,35	2,77
Dentro de los grupos	0,59	18	0,03			
Total	0,79	23				

ANEXO 4. Tabla de altura de tallo por tratamiento

Altura	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	
Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total general
I	2,58	2,78	2,60	2,45	2,36	2,41	2,44
II	2,39	2,63	2,74	2,42	2,33	2,36	2,46
III	2,19	2,25	2,68	2,46	2,54	2,44	2,44
IV	2,21	2,08	2,41	2,35	2,09	2,53	2,28
Total general	2,34	2,44	2,61	2,42	2,33	2,43	2,41
Sistema	2,46			2,39			
Desviación	0,183	0,321	0,143	0,051	0,184	0,069	0,16
C.V	7,81%	13,20%	5,47%	2,13%	7,88%	2,83%	6,55%

ANEXO 5. Análisis de varianza de diámetro de tallo.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	12,09	3,02	0,01
T2	4	11,76	2,94	0,01
T3	4	11,75	2,94	0,00
T4	4	11,60	2,90	0,00
T5	4	11,42	2,85	0,00
T6	4	11,40	2,85	0,00

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,08	5	0,02	3,33	0,03	2,77
Dentro de los grupos	0,09	18	0,01			
Total	0,17	23				

ANEXO 6. Tabla de diámetro de tallo por tratamiento

Diámetro	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	CC 01-1940	CC 01-678	CC 85-92	Total general
Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	2,98	3,04	2,87	2,83	2,89	2,83	2,89
II	3,12	2,98	3,01	2,93	2,78	2,95	2,94
III	2,94	2,92	2,99	2,93	2,90	2,83	2,91
IV	3,05	2,82	2,89	2,91	2,84	2,78	2,87
Total general	3,02	2,94	2,94	2,90	2,85	2,85	2,90
Sistema	2,97			2,87			
Desviación	0,079	0,094	0,068	0,047	0,057	0,070	0,068
C.V	2,60%	3,21%	2,32%	1,60%	2,01%	2,45%	2,37%

ANEXO 7. Tabla del efecto por factor

Type III Tests of Fixed Effects				
Efecto	Núm. DF	Den DF	F Valué	Pr > F
Distancia	1	6	0.05	0.8273
Variedad	2	10	12.03	0.0022
Distancia*variedad	2	10	3.39	0.0750

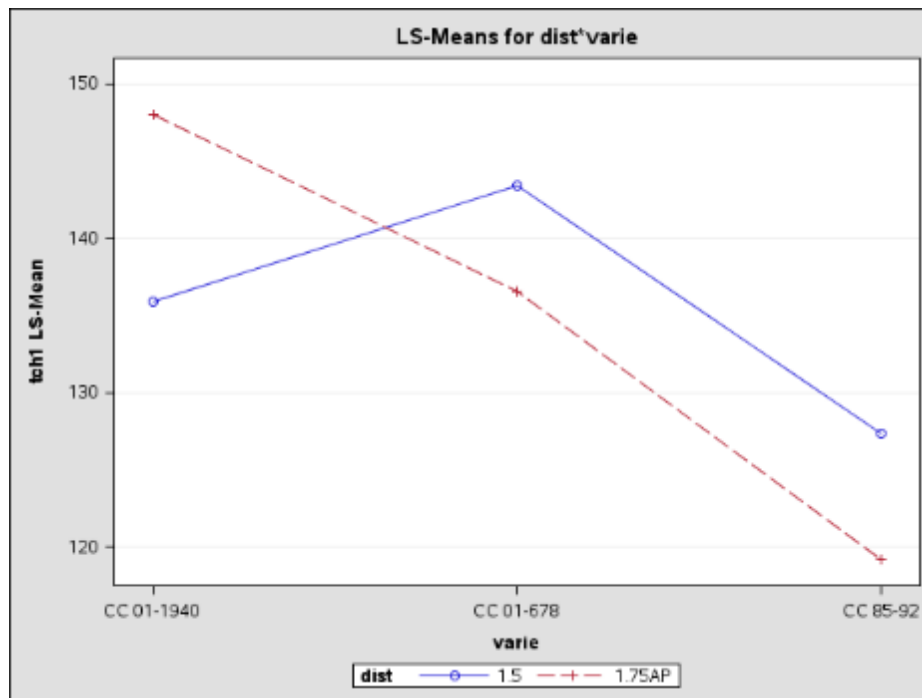
ANEXO 8. Tabla de TCH por sistema de siembra

REPETICIÓN	Sistema 1,5m			Sistema 1,75m AP			Promedio
	T1 CC 01-1940	T2 CC 01-678	T3 CC 85-92	T4 CC 01-1940	T5 CC 01-678	T6 CC 85-92	
R1		141,36	131,83	140,33	141,24	120,08	134,97
R2	128,57	147,97	126,01	148,68	121,92	112,70	130,98
R3	130,60	140,56	132,89	155,03	154,35	125,47	139,82
R4	148,24		118,52	148,22	128,87	118,44	132,46
Total general	135,80	143,30	127,31	148,07	136,59	119,17	135,04
Sistema	135,47			134,61			
<i>Desviación</i>	<i>10,82</i>	<i>4,07</i>	<i>6,60</i>	<i>6,02</i>	<i>14,28</i>	<i>5,26</i>	<i>7,84</i>
<i>C.V</i>	<i>7,96%</i>	<i>2,84%</i>	<i>5,18%</i>	<i>4,06%</i>	<i>10,45%</i>	<i>4,41%</i>	<i>5,82%</i>

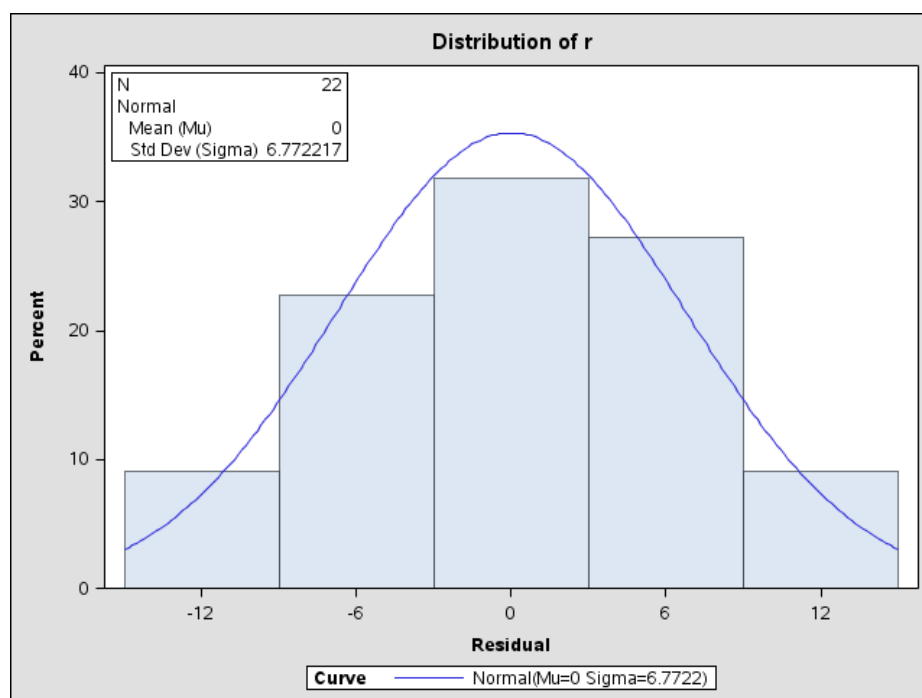
ANEXO 9. Tabla de Comparación de medias entre variedades.

Differences of varie Least Squares Means						
Variedad	_varie	Estimate	Standard Error	DF	t Valué	Pr > t
CC 01-1940	CC 01-678	19.688	44.459	10	0.44	0.6673
CC 01-1940	CC 85-92	187.316	42.588	10	4.40	0.0013
CC 01-678	CC 85-92	167.628	42.588	10	3.94	0.0028

ANEXO 10. Gráfico de comparación de medias de TCH entre variedades y sistema de siembra.



ANEXO 11. Prueba de normalidad para la variable TCH



ANEXO. 12 Tabla de pruebas de normalidad.

TestsforNormality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.978188	Pr < W	0.8855
Kolmogorov-Smirnov	D	0.104442	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.029436	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.220149	Pr > A-Sq	>0.2500

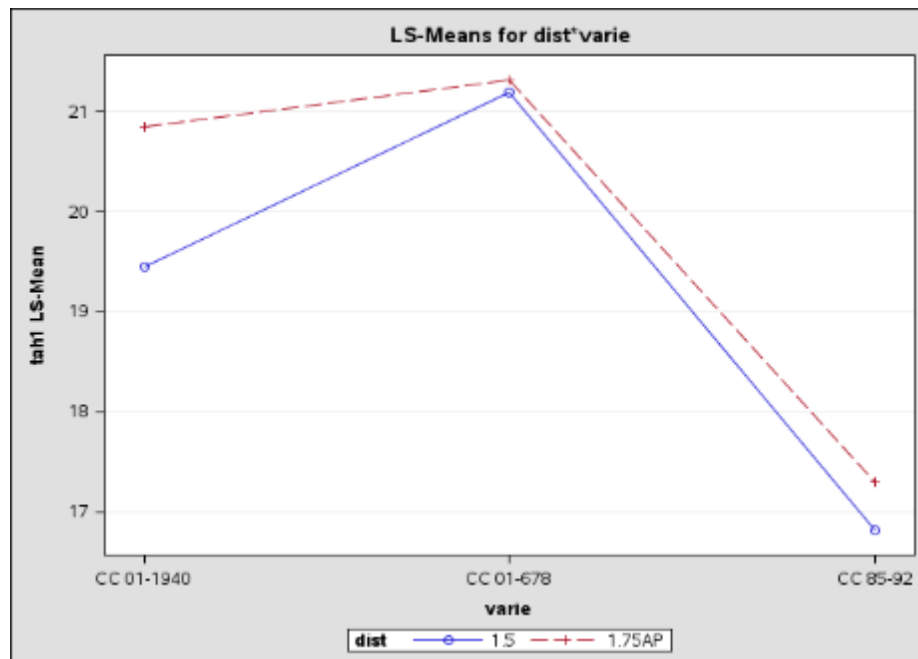
ANEXO 13. Prueba de hipótesis para la variable TAH

Type III Tests of Fixed Effects				
Efecto	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Distancia	1	6	1.53	0.2618
Variedad	2	10	24.00	0.0002
Distancia*variedad	2	10	0.55	0.5933

ANEXO 14. Tabla de TAH por tratamiento y repeticiones

REPETICIÓN	T1 (1,5m)	T2 (1,5m)	T3 (1,5m)	T4 (1,75m AP)	T5 (1,75m AP)	T6 (1,75m AP)	Promedio
R1	20,83	20,95	16,74	19,83	22,89	18,62	19,98
R2	18,17	21,25	15,44	21,86		16,43	18,63
R3	18,17	21,35	18,42	21,61	21,70	17,45	19,78
R4	20,65		16,66	20,13	19,36	16,66	18,69
Total general	19,45	19,83	16,82	20,86	20,22	17,29	19,08
Sistema	18,70			19,45			
Desviación	1,49	0,21	1,22	1,03	1,80	0,99	1,12
C.V	7,64%	1,05%	7,28%	4,92%	8,90%	5,72%	5,92%

ANEXO 15. Gráfico de comparación de medias por variedad y sistema de siembra



ANEXO 16. Gráfico de prueba de normalidad para la variable TAH.

