

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería



Determinación del rango adecuado de yemas por metro lineal a sembrar en forma mecánica de caña de azúcar (*Saccharum spp*), variedad CG02-163 en Escuintla.

Trabajo de graduación presentado por
Juana del Carmen Batún García
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2018

Determinación del rango adecuado de yemas por metro lineal a sembrar en forma mecánica de caña de azúcar (*Saccharum spp*),
variedad CG02-163 en Escuintla.

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería



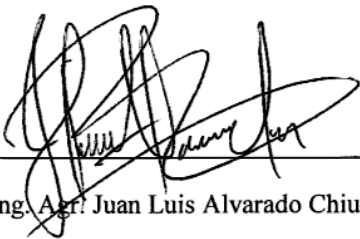
Determinación del rango adecuado de yemas por metro lineal a sembrar en forma mecánica de caña de azúcar (*Saccharum spp*), variedad CG02-163 en Escuintla.

Trabajo de graduación presentado por
Juana del Carmen Batún García
para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

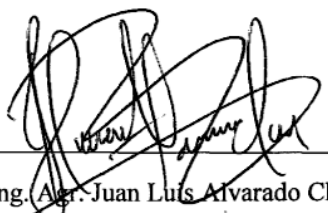
Guatemala

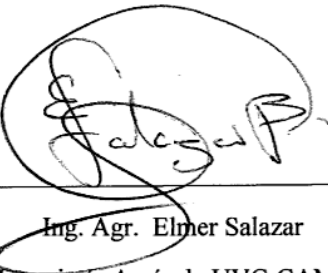
2018

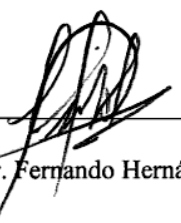
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Agr. Juan Luis Alvarado Chiu
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Agr. Juan Luis Alvarado Chiu

(f) 
Ing. Agr. Elmer Salazar
Director Ingeniería Agrícola UVG CAMPUS SUR

(f) 
Ing. Agr. Fernando Hernández

Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de Enero 2018.

PREFACIO

La siembra mecanizada de caña de azúcar es una nueva técnica que se ha implementado en el Ingenio Pantaleón S.A, en donde se ha buscado integrar diversas estrategias para la reducción de costos, optimizando los recursos disponibles, enfocándose principalmente en la mejora de eficiencias de siembra y reducción de mano de obra.

A medida que se ha implementado métodos en la siembra mecánica, ha sido necesario conocer y controlar todas las variables que influyen para tener una buena germinación, como, por ejemplo, velocidades de operación, corte de semilla, toneladas de semilla / ha, etc. Partiendo de esto y evaluando las variables que más impacto pueden tener en la calidad de la germinación, se decidió montar un ensayo evaluando diferentes rangos de yemas por metro lineal, indicando que la germinación es un factor importante para la obtención de tallos molederos. Por lo tanto, se pretende identificar el rango adecuado de yemas a sembrar en buen estado, asegurando tener la mejor distribución, para no provocar el estrechamiento al momento de crecimiento de las mismas aplicando demasiada semilla o aplicando poca semilla obteniendo una merma de yemas viables. Todo esto se hace con el principal objetivo de optimizar la cantidad de semilla a utilizar sin afectar la calidad de siembra. Para ello se sugirió evaluar varios tratamientos con los siguientes rangos: 15-20, 20-25 y 25-30 de yemas a sembrar e identificar el mejor tratamiento para el proceso de siembra mecánica.

La investigación realizada define el rango adecuado de yemas viables por metro lineal para la siembra mecánica, determinándola así por medio de una comparación utilizando un modelo estadístico de Diseño Experimental de Clasificación Simple.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO.....	v
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ixx
RESUMEN.....	xx
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. Objetivo general	2
B. Objetivo específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	4
B. Etapas fenológicas del cultivo	5
C. Desarrollo vegetativo de la caña de azúcar.....	5
D. Clima.....	7
E. Variedad CG02-163.....	7
F. Siembra	9
V. MARCO REFERENCIAL	11
A. Descripción del sitio experimental	11
B. Descripción del área	11
C. Suelos	13
VI. MARCO METODOLÓGICO	14
A. Metodología experimental.....	14
B. Plan de trabajo	19
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	20
A. Diagrama de Pareto de calidad de semilla sembrada en el ensayo durante la siembra.....	20
B. Análisis de varianza y prueba de medias con base en el porcentaje de germinación.	21
C. Análisis de varianza y prueba de medias de yemas germinadas por metro lineal.	22
D. Análisis de varianza y prueba de medias con base en los tallos por metro lineal.....	24
E. Análisis de varianza y prueba de medias con base en el porcentaje de despoblación.....	25
VIII. CONCLUSIONES	27
IX. RECOMENDACIONES	28

X. BIBLIOGRAFÍA	29
XI. ANEXOS	31
A. Registros para toma de datos de siembra, germinación y monitoreo de población.....	31
B. Toma de datos en siembra por cada tratamiento y repeticiones.	33
C. Toma de datos de germinación por cada tratamiento y repeticiones.	35
D. Toma de datos de monitoreo de población por cada tratamiento y repeticiones.	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la caña de azúcar.	4
Cuadro 2. Características climáticas en la zona cañera.	12
Cuadro 3. Tratamientos y rango de yemas por metro lineal.	14
Cuadro 4. Resumen de las variables evaluadas en el ensayo.	20
Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación.	21
Cuadro 6. Prueba de Fisher del porcentaje de germinación.	21
Cuadro 7. Análisis de varianza de yemas germinadas por metro lineal.	22
Cuadro 8. Prueba de Fisher de las yemas germinadas por metro lineal.	23
Cuadro 9. Análisis de varianza de tallos por metro lineal.	24
Cuadro 10. Prueba de Fisher de tallos por metro lineal.	24
Cuadro 11. Análisis de varianza del porcentaje de despoblación.	25
Cuadro 12. Prueba de Fisher del porcentaje de despoblación.	25
Cuadro 13. Registro para evaluar siembra.	31
Cuadro 14. Registro para evaluar germinación.	32
Cuadro 15. Registro para evaluar monitoreo de población.	32
Cuadro 16. Datos de siembra tratamiento 1.	33
Cuadro 17. Datos de siembra tratamiento 2.	33
Cuadro 18. Datos de siembra tratamiento 3.	34
Cuadro 19. Datos de germinación tratamiento 1.	35
Cuadro 20. Datos de germinación tratamiento 2.	36
Cuadro 21. Datos de germinación tratamiento 3.	37
Cuadro 22. Datos de monitoreo de población tratamiento 1.	38
Cuadro 23. Datos de monitoreo de población tratamiento 2.	38
Cuadro 24. Datos de monitoreo de población tratamiento 3.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.	5
Figura 2. Caña de azúcar variedad CG02-163.	9
Figura 3. Ubicación geográfica de la Gomera, Escuintla.	11
Figura 4. Estratos altitudinales de la zona cañera (Estrato Litoral).	12
Figura 5. Distribución de los tratamientos en campo.	15
Figura 6. Cronograma de actividades.	19
Figura 7. Comparación de tratamientos del ensayo en siembra.	20
Figura 8. Comportamiento de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación.	21
Figura 9. Comportamiento de los tratamientos sobre yemas germinadas por metro lineal.	23
Figura 10. Comportamiento de los tratamientos sobre los tallos por metro lineal.	24
Figura 11. Comportamiento del porcentaje de despoblación.	26
Figura 12. Clasificación de suelos en la zona cañera (Estrato Litoral).	41
Figura 13. Plano de la finca Playa Grande.	41

RESUMEN

En el Ingenio Pantaleón se pretende realizar estudios en siembra mecánica buscando el mejor desarrollo de la plantación, logrando mecanizar todas aquellas labores que inciden en un alto costo. Como parte de esto se quiere para la zafra 2020-2021 que el 72% del área bajo administración sea con labores mecanizadas. Cabe resaltar que en la actualidad se tiene un aproximado en costos en Siembra Manual de 903.64 \$/ha y en Siembra Mecánica de 857.1 \$/ha, habiendo disminuido un 80% la mano de obra, optimizando los costos en un 20%. (Pantaleón, 2017)

La siembra mecánica ha demostrado tener un alto potencial para mejorar la productividad del cultivo, teniendo un rendimiento de corte de caña de azúcar de 12.23 Ton/ha. Siendo la siembra mecánica una labor compleja que implica la combinación de muchas variables para tener una buena germinación se estableció un ensayo que determine el número óptimo de yemas viables a sembrar para la variedad CG02-163.

El ensayo se estableció en la Finca Playa Grande durante la época de zafra 2016-2017, con el principal objetivo de determinar el número ideal de yemas viables a sembrar para una buena calidad de siembra. Para esto se decidió realizar un ensayo con tres tratamientos. En donde se evaluaron los rangos de 15-20; 20-25 y 25-30 yemas viables por metro lineal.

De la investigación realizada se concluyó que de los tratamientos evaluados el que más sobresalió fue el tratamiento con el rango entre 25 y 30 yemas viables. El análisis de varianza nos demuestra que en cuanto al porcentaje de germinación no existen diferencias significativas, esto quiere decir que en los tres tratamientos hubo una alta germinación con respecto a las yemas viables sembradas. Ahora con respecto al número de yemas germinadas, se puede decir que existe una diferencia significativa, lo que demuestra que sembrar entre 25 y 30 yemas viables por metro lineal asegura una mayor cantidad de germinación estando en promedio 4.13 yemas germinadas por encima del siguiente mejor tratamiento. Tomando en cuenta lo anterior se determinó que el rango entre 25-30 de yemas viables fue el que sobresalió de los tratamientos debido a que hubo una mejor distribución de yemas por metro lineal, puesto que el porcentaje de despoblación fue menor al 2% de lo que indica el paquete tecnológico de Pantaleón.

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar de Guatemala está constituida por 17 ingenios activos, entre ellos se encuentra la Corporación Pantaleón - Concepción. De acuerdo con datos de la Asociación de Azucareros de Guatemala, (ASAZGUA), la agroindustria azucarera durante el período 2016-2017, produjo 2.72 millones de toneladas métricas de azúcar, ubicándose en el tercer lugar a nivel mundial en productividad (toneladas métricas ÷ hectáreas). Del total de la producción, se exportaron 1.96 millones de toneladas métricas (72%) hacia diversos países de Europa, Asia, Norte y Sur América.

Una de las actividades importantes dentro del proceso productivo de caña de azúcar es un adecuado establecimiento de la plantación, que va desde un buen semillero hasta la siembra. El desarrollo ideal de la semilla se asegura colocando semilla con mayor cantidad de yemas sanas. Ingenio Pantaleón ha utilizado normalmente el corte de semilla manual y siembra manual. La ventaja de este sistema (siembra manual) es que al tolete se le da un mejor manejo, por lo que representa una mayor cantidad de yemas sanas. La desventaja es que requiere de mayor número de personas, lo que eleva los costos. En la zafra 2015-2016 en el ingenio Pantaleón, se implementó un proyecto de corte y siembra con sistema mecanizado. Esta inclusión tecnológica dentro del ingenio pretende asegurar la productividad y reducir costos de mano de obra al necesitar menos personal.

Al ser un sistema nuevo se desconocen variables de operación, interesando en esta ocasión el rango adecuado de yemas por metro lineal. La metodología implementada fue a través de utilizar tres tratamientos con tres diferentes tipos de rangos, muestreando cada tratamiento con sus repeticiones. Analizando así el porcentaje de germinación de los tratamientos, utilizando específicamente la variedad CG02-163 un fitomejoramiento hecho por CENGICANÑA, y es la variedad que mejor se adapta al corte mecanizado.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Determinar el rango adecuado de yemas por metro lineal a sembrar en forma mecánica para caña de azúcar utilizando la variedad CG02-163.

B. Objetivo específicos

- Conocer el porcentaje de germinación a los 45-50 días después de la siembra de cada tratamiento.
- Identificar el posible rango a sembrar por medio de la comparación de yemas germinadas de cada tratamiento.
- Comparar el porcentaje de despoblación de los tratamientos evaluados, determinado el mejor rango de yemas viables a sembrar.

III. JUSTIFICACIÓN

La siembra mecanizada de la caña de azúcar se considera aún una práctica reciente e innovadora en Guatemala, por lo que no hay mucha información y únicamente se tienen experiencias de las personas que han trabajado en esta labor. Por lo tanto, en vista de la falta de información local para la mejor operación se estableció un ensayo que permitió determinar el rango adecuado de yemas por metro lineal.

En este ensayo se evaluaron tres tratamientos con los rangos de yemas por metro lineal de 15-20, 20-25 y 25-30. En donde las variables de estudio fueron: el porcentaje de germinación, yemas germinadas, número de tallos y el porcentaje de despoblación para la variedad CG02-163. Al ensayo se le asignó un área de 3.78 hectáreas, habiendo 9 unidades experimentales, siendo cada unidad experimental de 10 surcos y muestreando únicamente 5 surcos.

Durante el ensayo se logró identificar el rango óptimo de yemas viables, garantizando un mejor aprovechamiento de las yemas durante la siembra. Utilizando la segunda variedad más usada en el Ingenio Pantaleón siendo la variedad CG02-163 un fitomejoramiento hecho por CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar).

La siembra mecanizada de caña de azúcar puede ser compleja desde el punto de vista de su implementación, ya que existen variables que afecten la siembra y que requieran de estudios durante su proceso.

IV. MARCO TEÓRICO

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se localiza en las regiones fisiográficas de la llanura Costera del Pacífico y Pendiente Volcánica Reciente. La primera, está caracterizada por relieves que van de planos a ligeramente ondulados con pendientes de hasta el 3%; la segunda región se caracteriza por relieves que van de ligeramente ondulados a quebrados con presencia de pendientes de hasta el 15%.

Dada su posición en la costa sur de Guatemala, la Zona cañera se encuentra localizada en la Vertiente del Pacífico, la cual se caracteriza por la presencia de corrientes de longitudes cortas (110 km en promedio) con origen a una altura media de los 3,000 msnm. Además, presentan pendientes fuertes en las partes altas (>32%) que cambian bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, lo que genera grandes zonas susceptibles a inundación en la parte baja al producirse crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración.

Dentro de la vertiente mencionada, las cuencas del Ocosito, Samalá, Sis-Icán, Nahualate, Madre Vieja, Coyolate, Acomé, Achiguate, María Linda, Paso Hondo y los Esclavos tienen influencia directa en el área del cultivo de la caña de azúcar.

A. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar:

Cuadro 1. Taxonomía de la caña de azúcar.

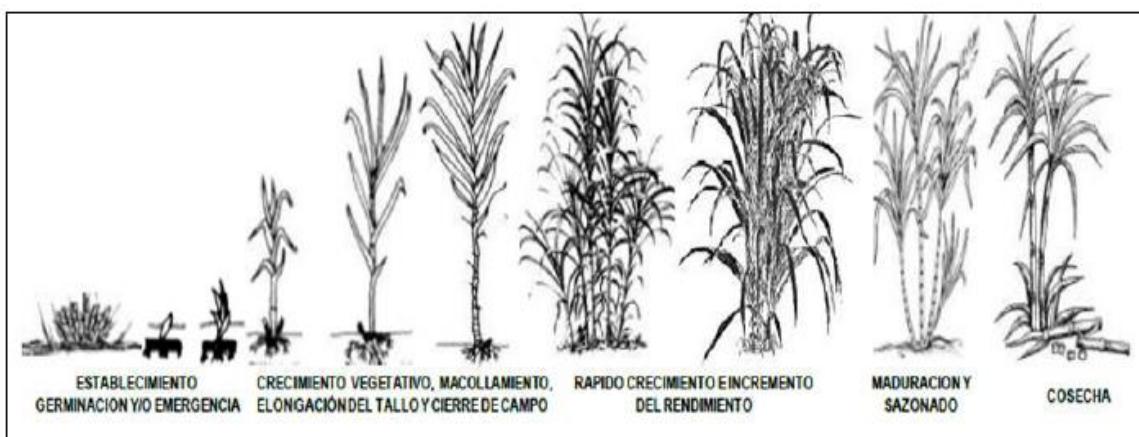
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	Saccharum
Especie	<i>S. officinarum</i> L.

Fuente: (FIRA, 2010)

B. Etapas fenológicas del cultivo

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 y hasta 17 meses. En este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento y maduración. En tanto, el desarrollo de las socas (segundo corte de la caña) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amacollamiento, rápido crecimiento y maduración. En la Figura 1 se muestran cada una de las etapas fenológicas del cultivo de la caña de azúcar.

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.



Fuente: (FIRA, 2010)

C. Desarrollo vegetativo de la caña de azúcar

1. **Germinación y emergencia.** La germinación es el proceso que da paso de los órganos primordiales latentes en la yema al estado activo de crecimiento y desarrollo. Aunque la duración de esta etapa puede variar, inicia entre los 7 a 10 días después de la siembra. El crecimiento inicial se prolonga hasta los 35 días. Las temperaturas óptimas para la brotación oscilan entre los 24 a 37°C con disponibilidad de buena humedad en el suelo.

El éxito de esta fase radica en la magnitud, ritmo y uniformidad de la emergencia (desarrollo inicial de la plántula), como también en el logro de una adecuada distribución espacial de los tallos primarios en el surco. Emergencias pobres y prolongadas afectarán el cumplimiento efectivo de las siguientes fases y finalmente la producción del cañaveral.

2. **Periodo de brotación de yemas.** La brotación es un proceso mediante el cual el estado latente de crecimiento se transforma en estado activo y se da en las zonas meristemáticas no diferenciadas, llamadas yemas, éstas se desarrollan formando paulatinamente una planta. El hecho por el que las yemas no entran en actividad mientras la planta se encuentra enraizada al suelo, es que el meristemo apical ejerce dominancia, produciendo una hormona que hace que se inhiba la brotación lateral (la hormona se produce en la raíz y se transloca hacia el meristemo, a esto se le llama dominancia apical). Al cortarse los esquejes o eliminar el cogollo se rompe la dominancia apical y las yemas laterales pueden brotar (Flores, 1976).

3. **Condiciones para la brotación de yemas.** Las condiciones que determinan la brotación de yemas de caña de azúcar son:

a. **Métodos de cultivo para promover la brotación.** Los factores para tener una buena brotación son: Semilla de buena calidad, proveniente de semilleros con edad entre 6 y 10 meses. Tiempo entre el corte y la siembra (24-30 horas).

b. **Preparación del suelo.** La caña de azúcar requiere de una adecuada preparación del suelo que permita a las raíces desarrollarse eficientemente y evitar problemas de drenaje.

c. **Humedad del suelo.** Durante el período de brotación se debe asegurar la humedad en los primeros 25 a 30 centímetros del suelo.

d. **Tapado de los esquejes.** Para evitar pérdidas en la brotación, en suelo con buen drenaje el tapado puede hacerse con una capa de 5 a 15 centímetros de suelo. En suelos húmedos y con mal drenaje el tapado de los esquejes debe ser lo más delgado posible (máximo 5 centímetros).

e. **Saneamiento de los esquejes.** Deben estar libres de plagas y enfermedades (Buenaventura, 1990).

4. **Efecto de la temperatura para la brotación.** Los índices de temperatura ambiental para el mejor desarrollo de la caña son:

- Temperatura para brotación 32 a 38 °C
- Temperatura para crecimiento y absorción de nutrientes 27 °C
- Temperatura para un desarrollo normal 21 a 38 °C

Las plantas retardan su crecimiento entre 10 y 21 °C, sus funciones fisiológicas se paralizan a menos de 10 °C y se producen daños irreversibles a menos de 2 °C (Flores, 1976). Las bajas temperaturas reducen el porcentaje de brotación y crean condiciones ideales para el ataque de organismos patógenos, resultando gran mortandad de las plántulas. En la mayoría de cultivares el porcentaje de brotación decrece en relación directa a la disminución de la temperatura y se necesitan alrededor de 8 días para obtener un 50% de brotación a 30 °C, de 8 a 25 días a 26 °C y de 36 días a 18 °C. También se concluye que cuando la temperatura decrece, no sólo la absorción de agua por esquejes disminuye debido al incremento en la

resistencia al flujo del agua, sino también a la reducción debido a que la actividad de las enzimas involucradas en el proceso de brotación decrece (Victoria & Calderón, 1995).

5. **Amacollamiento o ahijamiento.** Esta etapa comienza alrededor de los 35 a 40 días después de la plantación y se caracteriza por el brote de varios tallos a partir de las articulaciones nodales que se encuentran en la base de los tallos primarios. Los factores que favorecen el ahijamiento son: la variedad, los días de larga duración y alta intensidad luminosa, una temperatura cercana a los 30°C es la óptima, buenas condiciones de humedad en el suelo y buen nivel de nitrógeno.

Es una fase de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables. Además, durante esta fase ocurre la generación del sistema radicular adventicio y definitivo del cañaveral (FIRA, 2010).

D. Clima

El clima imperante es cálido húmedo con temperaturas que van desde los 22 a los 35 grados centígrados con precipitación media anual de 2,234 mm. Existen tres zonas de vida dentro de las cuales se encuentra localizada la zona cañera del sur de Guatemala: bosque seco subtropical, bs-S; bosque húmedo subtropical (cálido), bh-S(c) y bosque muy húmedo subtropical (calido), bmh-S (c). (FIRA, 2010)

E. Variedad CG02-163

1. **Origen de la variedad CG02-163.** La variedad de caña de azúcar CG02-163 es un híbrido del género *Saccharum* spp, que se seleccionó de la descendencia del cruzamiento entre los progenitores CP65-357 x CP72-2086.

La cruce se realizó como parte de la octava campaña de cruzamientos por el Programa de Variedades del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) en la zafra 2000-2001. La CG02-163 fue evaluada en la Séptima Prueba Regional y Quinta Prueba Semi-comercial de CENGICAÑA.

2. **Reacción a enfermedades.** La variedad CG02-163 posee resistencia adecuada a las enfermedades más importantes de la zona cañera guatemalteca, Caña Seca (*Cephalosporium Sacchari*), Carbón (*Ustilago scitaminea*), Escaldadura Foliar (*Xantomonas albilineans*), Mosaico (SCMV), Roya Marrón (*Puccinia melanocephala*), Roya Naranja (*Puccinia kuenni*), Amarillamiento Foliar (SCYLV). Puede presentar Mancha Purpura abundante.

3. **Características agronómicas de manejo.** Hábito de crecimiento de tallos ligeramente inclinado, cantidad de follaje intermedio y desprendimiento de vaina intermedio. Regular cierre natural (similar a la CP72-2086). La incidencia de floración y corcho en los estratos bajo y litoral es menor que

CP72-2086. La variedad CG02-163 se caracteriza por tener buena habilidad de soqueo y buen rebrote aun cuando ha sido cosechada mecánicamente.

4. Adaptabilidad a estratos y meses de corte. La variedad CG02-163 se adapta a los estratos altitudinales: medio, bajo y litoral bajo condiciones de suelos de textura Franco arenoso, Franco y Franco arcilloso.

La adaptabilidad de la variedad CG02-163 a meses de cosecha está asociada con su curva de maduración natural e incidencia de floración y corcho. Se recomienda su uso en los meses de diciembre y enero en el estrato medio y de diciembre hasta abril en los estratos bajo y litoral.

5. Características agro-morfológicas de la variedad CG02-163.

a. Aspecto de planta

- Desprendimiento de vaina intermedio.
- Generalmente tallos de diámetro intermedio y uniforme.
- Poca presencia de afate.
- Uniformidad de tallos en la macolla muy pocos mamones.
- Porte de la macolla de erecto a semi-erecto.

b. Entrenudo

- Forma de crecimiento cilíndrico.

c. Nudo

- Forma de crecimiento cilíndrico.

d. Yema

- Forma de yema ovalada.

e. Cuello

- Deltoide doble creciente.

f. Aurícula

- Prevalece aurícula transicional inclinada y deltoide (corta).

g. Lígula

- Lígula deltoide.

h. Vaina

- Color verde con poca cera.

i. Lamina foliar

- Ancho de la nervadura central de estrecha a mediana.

- Longitud del limbo de la hoja de corta a mediana.
- Pubescencia en el borde del limbo de la hoja de ausente a muy rara.

j. Observaciones

- Longitud de cogollo mediano. (Cengicaña, 2016)

En la Figura 2 se pueden observar algunas de las características antes mencionadas de la variedad CG02-163.

Figura 2. Caña de azúcar variedad CG02-163.



Fuente: (Cengicaña, 2016)

F. Siembra

La siembra se desarrolla en varias etapas. La primera, que ocurre fuera del sitio por ser plantado, es la cosecha de la semilla que bien puede hacerse manual o con sembradoras. La segunda etapa viene a ser el surcado del lote por sembrar. Una tercera etapa es el transporte de la semilla al lote, su distribución y colocación en los surcos y, por último, su cobertura.

1. **Siembra mecánica:** Es realizada de una forma sistemática buscando estar a la vanguardia de la utilización de tecnología. El crecimiento de la siembra mecánica es un aporte importante al gran proyecto

agrícola de mecanización de labores. El principal objetivo de la siembra mecánica es: sembrar áreas de renovación con una mejor eficiencia, mejor calidad de germinación y menor costo en comparación con la siembra manual, esto en búsqueda de generar ahorro y reducir la mano de obra.

La siembra mecánica inicio en la temporada 2015-2016 con dos sembradoras, tres tractores, cuatro camiones de traslado, una cosechadora y treinta y seis personas operativas. Toda maquinaria tiene instalado GPS para su buena utilización.

Este proceso depende de una logística de diversos departamentos con el mismo propósito de elevar la producción de toneladas por hectáreas y kilogramos de azúcar por tonelada. En donde interviene las siguientes áreas: Producción, Diseño Agrícola, Preparación de Tierras, Transporte y Taller.

a. Condiciones del semillero. Sin estrés hídrico, edad adecuada de corte, distancia de los surcos (largo), sin presencia de piedra, troncos y basura, sin presencia de quíneles profundos y con una distancia considerable al área de siembra.

b. Diseño. Mientras más largo sea el diseño de los surcos más eficiente será la operación de corte y siembra para minimizar las maniobras, tiempo que será aprovechado para la siembra.

c. Preparación de tierra. El área a sembrar debe de tener una buena preparación libre de piedras y uniformidad en el área. Debido a que, si se encuentran zanjas, volcanes de tierra o basura, esto genera peligro de operación por volcaduras y no se tendría un buen proceso en la siembra mecánica.

d. Corte mecanizado. La cosechadora Jhon Deere realiza el corte con una velocidad de avance de 3 a 5 k/h sacando la semilla limpia, sin basura y tierra. Por ser un proceso mecanizado se cambian las cuchillas cada 6 horas de trabajo, si la cuchilla es dañada se cambia inmediatamente, el tamaño del tolete es de 20 a 25 cms. Las RPM (Revoluciones por Minuto) de operación es de 100 esto permite generar una precisión para sacar la basura por el extractor primario y secundario.

e. RTK. Es un sistema GPS que va enfocado a la agricultura de precisión. Permite el tráfico contralado de las siguientes operaciones: Aplicación química, Fertilización, Riego, Cosecha. Ya que utilizan las mismas coordenadas sobre el mismo trazo que la siembra. Realiza la dirección de los surcos, pueden trabajar cualquier número de unidades en el mismo campo, quedando registrado la operación del día anterior. (Pantalón, 2017)

V. MARCO REFERENCIAL

A. Descripción del sitio experimental

El ensayo se estableció en la finca Playa Grande (10015), Lote 501, ubicada en el municipio de La Gomera, Escuintla; con una altitud de 35 msnm, tiene una extensión territorial de 640 kilómetros cuadrados y se encuentra a una distancia de 57 Km de la cabecera departamental de Escuintla. Sus coordenadas geográficas son latitud $14^{\circ}05'03''$ norte y en la longitud $91^{\circ}02'55''$ oeste.

Figura 3. Ubicación geográfica de la Gomera, Escuintla.



B. Descripción del área

1. Condiciones climáticas. La zona cañera de Guatemala se ha dividido en cuatro estratos, con base en su posición altitudinal expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). La posición altitudinal en la zona cañera de Guatemala está asociada a variaciones climáticas y de suelo, debido a que la fisiografía de la región corresponde a un paisaje natural de planicie de pie de monte y forma un plano inclinado, que se inicia con pendientes de 7 a 25 por ciento cerca de la cadena montañosa, con relieve ondulado o de lomerío y va descendiendo suavemente hacia la costa del Pacífico con relieve plano. El estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm (Cengicaña, 1996). El estrato donde se estableció el ensayo es en el Estrato Litoral según lo muestra la Figura 4.

Figura 4. Estratos altitudinales de la zona cañera (Estrato Litoral).



Fuente: (Cengicaña (Características Climáticas))

2. Características climáticas en la zona cañera.

Cuadro 2. Características climáticas en la zona cañera.

Estrato	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	T° (°C)			Radiación solar (MJ/m ² /día)	Velocidad media del viento (Km/h)
			Min.	Media	Max.		
Alto	> 300	4100	20.2	26.2	32.2	17.7	5.2
Medio	100 - 300	3700	20.5	26.7	32.2	17.3	6.8
Bajo	40 - 100	1900	21.2	27.3	33.8	18.4	6.2
Litoral	< 40	1500	21.0	27.5	33.4	18.0	8.7

Fuente: (Cengicaña (Características Climáticas))

C. Suelos

1. Clasificación de los suelos de la región. En la región existen 6 órdenes de suelos, 9 subórdenes, 13 grandes grupos, 25 subgrupos y 37 familias. En orden de importancia por el área que ocupan los órdenes de suelos son: Mollisoles, Andisoles, Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles. Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Mollisoles estos se ubican en las zonas bajas y litoral, en suelos planos, donde la precipitación pluvial es menor.

Los suelos del orden Mollisoles ocupan el 40 por ciento del área de la zona cañera. Se encuentran principalmente en la zona litoral cerca de la planicie costera, en relieve plano y ligeramente plano. Son suelos medianamente evolucionados con horizontes ABC y AC. Presentan un horizonte superficial de espesor variable y de color oscuro con contenidos medios de materia orgánica (MO). Presentan una saturación de bases mayor del 50 por ciento en todo el perfil con un grado de estructuración de moderado a fuerte. En su mayoría son suelos de texturas francas y franco arenosas, con subsuelo frecuentemente arenoso. (Cengicaña (Suelos))

VI. MARCO METODOLÓGICO

A. Metodología experimental

1. Variedad experimental. La variedad de caña de azúcar CG02-163 es un híbrido del género *Saccharum spp*, que se seleccionó de la descendencia del cruzamiento entre los progenitores CP65-357 x CP72-2086.

2. Diseño experimental. Este ensayo estuvo constituido por 3 tratamientos. Realizando 3 repeticiones para cada uno de los tratamientos para un total de 9 unidades experimentales con las cuales se hicieron las evaluaciones, con un área total de 3.78 hectáreas, utilizando el Diseño Experimental de Clasificación Simple.

3. Unidad experimental y detalle de la unidad experimental. Cada unidad experimental para esta evaluación estuvo compuesta por 10 surcos con un distanciamiento de 1.75 metros entre ellos obtenido un área neta de 4,200 metros cuadrados (17.5 * 240 mts.) de los cuales por cada unidad experimental se muestrearon 5 surcos.

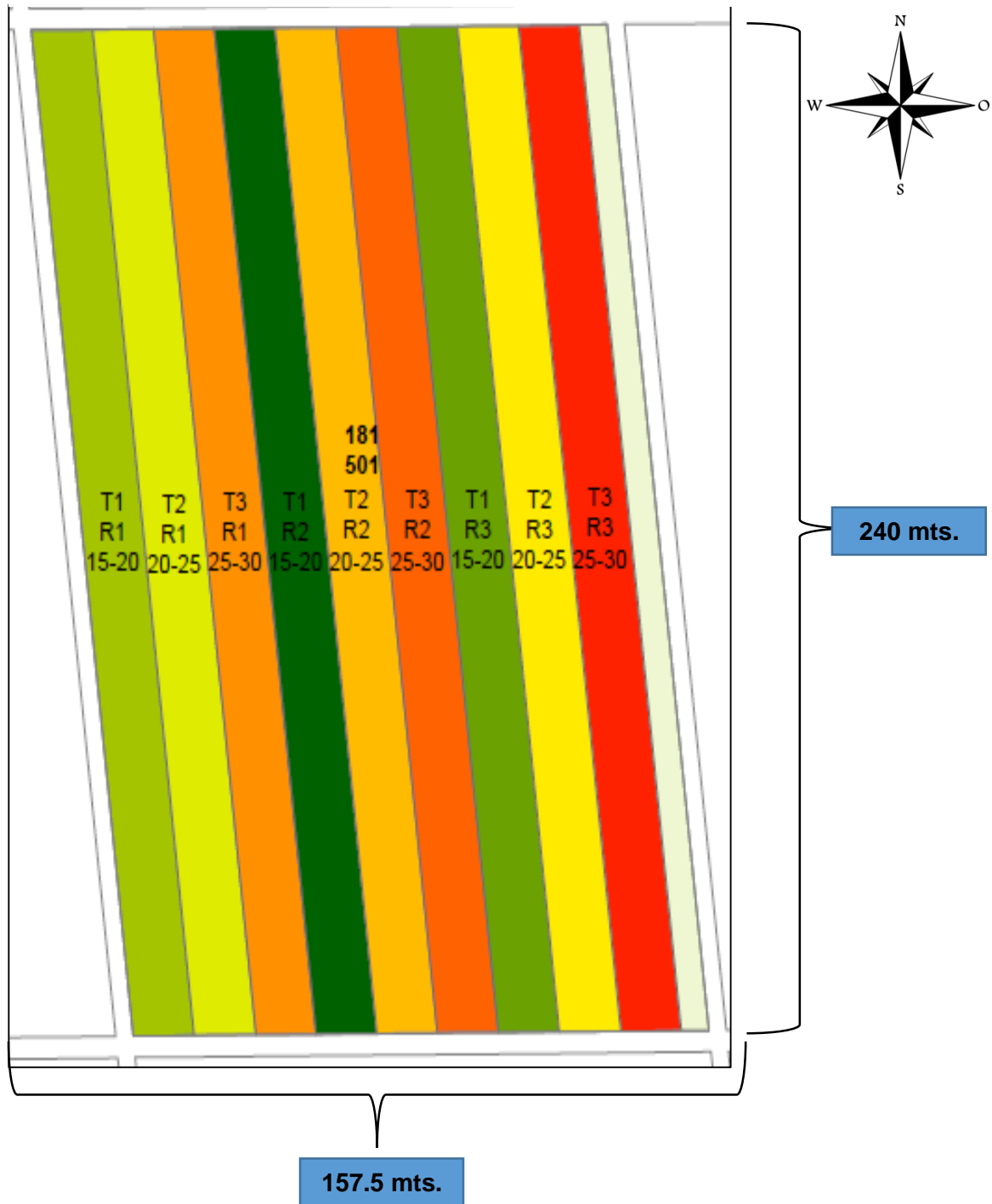
4. Tratamientos. Se evaluaron tres tratamientos que también se les llamará (Grupos) los cuales se presentan en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Tratamientos y rango de yemas por metro lineal.

Tratamientos	Rango de yemas/ml
T1	15-20
T2	20-25
T3	25-30

5. Distribución de los tratamientos en el campo. La distribución de los tratamientos en el campo en su respectiva área se muestreó de la siguiente manera. Como podemos observar en la Figura 5.

Figura 5. Distribución de los tratamientos en campo.



6. **Modelo estadístico.** El modelo estadístico-matemático que se utilizó fue el Diseño Experimental de Clasificación Simple que se presenta a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} : Es la j -ésima observación del grupo (Tratamientos).

μ : Es la media total.

α_i : Es el efecto del grupo (Tratamientos).

ε_{ij} : Error de la j -ésima observación del grupo (Tratamientos).

El diseño experimental de clasificación simple se utiliza para realizar comparaciones de las variables de cada grupo (Tratamientos), utilizando un análisis de varianza en donde si la prueba de Fisher nos resultara no ser significativa se considerará el efecto de los tratamientos como similares. Para realizar el análisis de los datos se utilizó el software Minitab 18.

7. **Variables de respuesta.** Las variables de respuesta que se midieron son:

- Porcentaje de germinación de las yemas buenas de cada unidad experimental.
- Cantidad de yemas germinadas por metro lineal de cada unidad experimental.
- Cantidad de tallos por metro lineal de cada unidad experimental.
- Porcentaje de despoblación por metro lineal de cada unidad experimental.

8. **Manejo del experimento.** El ensayo se estableció dentro de la finca Playa Grande. De cada unidad experimental en los tratamientos se tomaron 5 surcos. Llenando un registro, en donde van los resultados de cada surco evaluado, anotando las variables de respuesta que más importan en este caso fue la cantidad de yemas buenas por metro lineal, en cuanto a la siembra. Obteniendo un total de 45 sub-muestras por las 9 unidades experimentales establecidas en el ensayo.

De acuerdo al cronograma, se evaluó cada tratamiento y repeticiones al finalizar la siembra del ensayo (aproximadamente un día después). A los 45-50 días después de la siembra del ensayo, se tomaron

las muestras de germinación de los 5 surcos seleccionados (que estuvieron debidamente señalados) de cada tratamiento y repeticiones.

9. Identificación y toma de datos del ensayo. Se inició rotulando debidamente con estacas cada tratamiento. Luego se procedió a la toma de datos, un día después de la siembra, se realizó el conteo de yemas buenas y yemas dañadas, utilizando el Registro de Siembra proporcionado por el Área de Calidad y Conformidad Agrícola. Realizando las evaluaciones, un día después de la siembra del ensayo. Regresando entre los 45-50 días después de la siembra para muestrear las variables de: germinación, tallos y espacios vacíos.

10. Procedimiento de la toma de datos en siembra.

a. Evaluar la calidad de siembra:

- Calcular el número de yemas en buen estado por metro lineal (10 metros lineales).
- Contabilizar el total de yemas distribuidas por tramo de siembra.
- Clasificar las yemas dañadas por plagas.
- Clasificar las yemas dañadas por machete y corte.
- Clasificar las yemas dañadas por manejo.
- Clasificar las yemas laladas.
- Calcular el total de yemas dañadas.
- De los 5 surcos evaluados por cada unidad experimental dejar señalizado 1 metro lineal, para luego evaluar la germinación.

b. Clasificación de yemas. Se anotaron las variables de tolete bueno, tolete dañado, caña dañada y punta. Se procedió a contabilizar las yemas buenas y las dañadas por: corte, plaga, manejo y lala. Con esto se determinó el porcentaje de yemas sanas. Una yema es considerada sana cuando no ha sufrido ningún daño, el nivel de corte debe de estar a un centímetro arriba del anillo de enraizamiento ya que cuando está cerca de este el desarrollo de la yema aun estando sana, se ve limitado.

c. Clasificación de daños a las yemas

- Corte: Yemas en donde el nivel de corte fue menor a un centímetro del anillo de enraizamiento.
- Plaga: Yemas que han sido afectada por insectos plaga. Principalmente por el barrenador del tallo (*Diatraea* spp) y rata (*Sigmodon* spp).
- Manejo: Yemas aplastadas en donde no intervienen las cuchillas o plagas.
- Lala: Yemas que han sido brotadas antes del tiempo, esto sucede cuando los cañales están postrados, o bien cuando los cañales tienen una edad avanzada (mayor a 11 meses).

Después de la clasificación de las yemas se procedió a delimitar 1 metro lineal en donde se dejó el rango de yemas buenas por cada tratamiento y repeticiones. Para luego hacer un conteo de yemas que germinaron y sacar un porcentaje de cada tratamiento identificando cuál de ellos es mejor en cuanto a germinación.

11. Procedimiento de la toma de datos en germinación. Se debe de evaluar la germinación de las yemas a los 45-50 DDS (Días Después de la Siembra).

- Al momento de la siembra se deben establecer 5 muestras de cada unidad experimental, las cuales deben de estar distribuidas según el orden de muestreo de la siembra.
- Localizar cada punto de muestreo.
- En la parcela de 1 metro delimitada, sacar los esquejes y contabilizar el total de yemas germinadas. Toda yema que germino y que murió por cualquier causa va a ser tomada como germinada.
- Calcular el promedio de porcentaje de germinación.

12. Procedimiento de la toma de datos para monitoreo de población por metro lineal. Este muestreo se toma juntamente con la toma de datos en germinación.

- Contabilizar el total de brotes por muestra (10 metros lineales).
- Calcular el número de brotes por metro lineal.
- Se sacan los espacios vacíos mayores a 0.80 metros (estos se consideran como despoblación).

B. Plan de trabajo

Figura 6. Cronograma de actividades.



VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el Cuadro 4, se muestra el resumen de los resultados de las variables que se evaluaron durante el ensayo.

Cuadro 4. Resumen de las variables evaluadas en el ensayo.

Tratamientos	Repeticiones	Germinación (%)	Yemas germinadas/m	Tallos/metro	Suma de metros vacíos	% Despoblación
T1	R1	0.83	13.80	38.04	1.62	3.24
T1	R2	0.77	12.40	51.84	0.82	1.64
T1	R3	0.70	12.00	39.78	3.06	6.12
T1 Promedio		0.77	12.73	43.22	5.50	3.67
T2	R1	0.62	13.20	44.10	1.03	2.06
T2	R2	0.74	17.60	53.26	2.20	4.40
T2	R3	0.84	16.00	47.56	0.98	1.96
T2 Promedio		0.73	15.60	48.31	4.21	2.81
T3	R1	0.72	17.80	49.32	1.75	3.50
T3	R2	0.73	19.40	46.96	0.00	0.00
T3	R3	0.88	22.00	58.94	0.00	0.00
T3 Promedio		0.78	19.73	51.74	1.75	1.17
TOTAL		0.76	16.02	47.76	11.46	2.55

A continuación, se presentan los cuadros con los resultados del análisis de varianza y prueba de medias que se realizó para las variables a evaluar.

A. Diagrama de Pareto de calidad de semilla sembrada en el ensayo durante la siembra.

Se incluye un diagrama de Pareto identificando las oportunidades de mejora para el proceso de siembra mecánica.

Figura 7. Comparación de tratamientos del ensayo en siembra.



En la Figura 7 demuestra la segregación observada en campo sobre la calidad de yemas al momento de la siembra. Se observa un 84% del total de yemas se encuentra viable. Y un 12% presenta daños en el corte, en donde existe una oportunidad de mejora ya que la reducción del daño en corte tendrá un efecto directo en las toneladas de caña a sembrar.

En los muestreos realizados a las yemas tanto en manejo, lala y plagas representa menos del 5% lo que indica que estos factores no afectan crucialmente a la cantidad de yemas viables. Sin embargo, si no se le da un manejo adecuado, este puede afectar potencialmente en menos cantidad de yemas en buen estado.

B. Análisis de varianza y prueba de medias con base en el porcentaje de germinación.

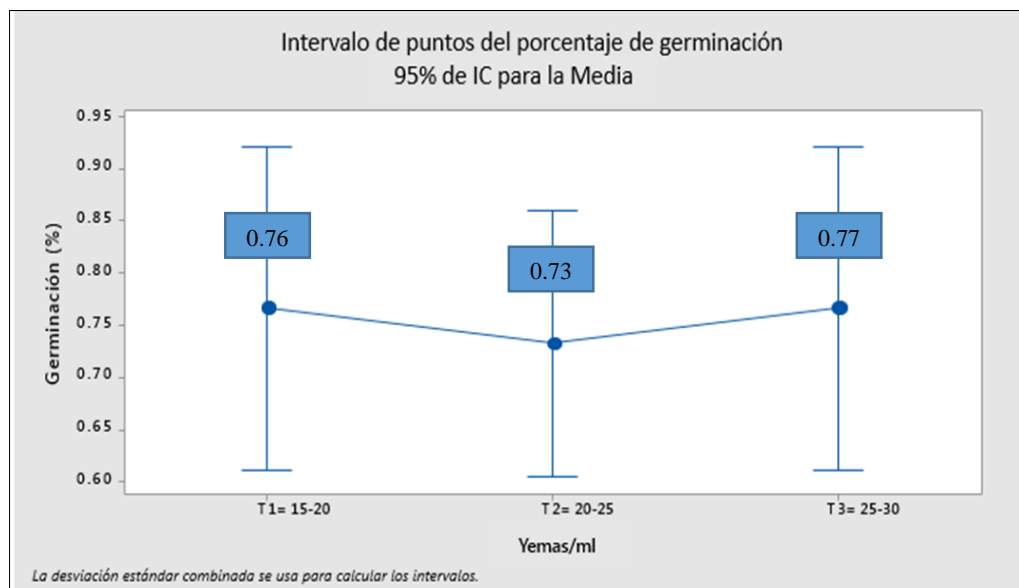
Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Porcentaje de germinación					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	2	0.003196	0.001598	0.21	0.819
Error	6	0.046577	0.007763		
Total	8	0.049773			

Cuadro 6. Prueba de Fisher del porcentaje de germinación.

PRUEBA DE FISHER			
Porcentaje de germinación			
Tratamientos	N	Media	Grupos
T3= 25-30 yemas/ml	3	0.7765	A
T1= 15-20 yemas/ml	3	0.7652	A
T2= 20-25 yemas/ml	3	0.7321	A
<i>Agrupación de información usando el método de Fisher y 95% de confianza.</i>			
<i>Las medias que no comparten la letra son significativamente diferentes.</i>			

Figura 8. Comportamiento de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación.



En el Cuadro 5, muestra que el análisis de varianza realizado al porcentaje de germinación versus Tratamientos obtuvo un valor de P-Value de 0.819, esto indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor de F-Value es menor (0.21).

Comprobándolo en el Cuadro 6, el resultado resalta y demuestra la homogeneidad en la germinación para los tres tratamientos. Este análisis ayuda a descartar un sesgo al momento de comparar las medias de las yemas germinadas, ya que la metodología implementada en el ensayo buscó determinar el rango adecuado de yemas por metro lineal, en donde el porcentaje de germinación es una variable determinante.

C. Análisis de varianza y prueba de medias de yemas germinadas por metro lineal.

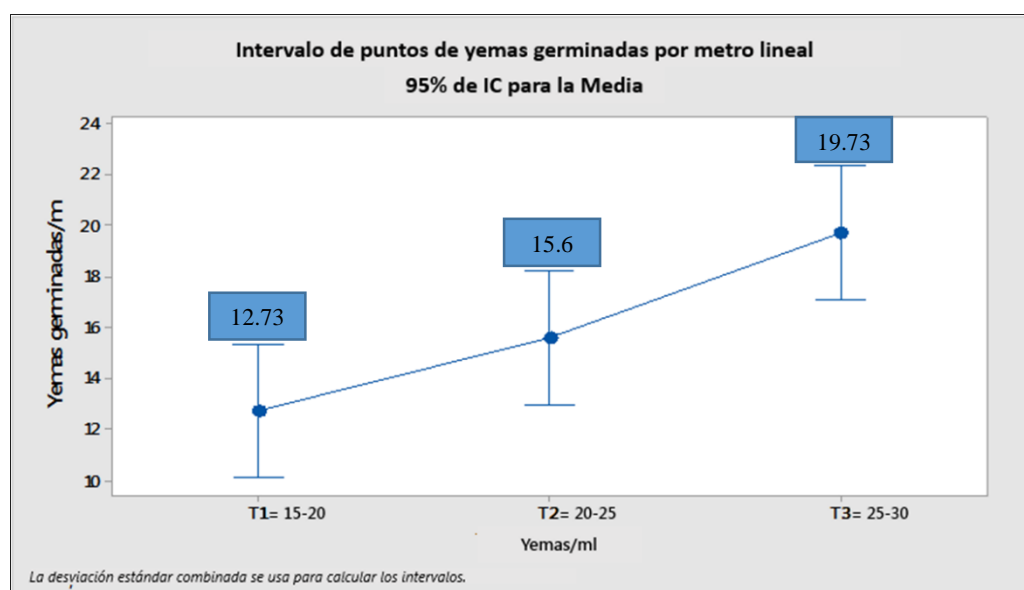
Cuadro 7. Análisis de varianza de yemas germinadas por metro lineal.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Yemas germinadas por metro lineal</i>					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	2	74.3	37.151	10.77	0.01
Error	6	20.69	3.449		
Total	8	95			

Cuadro 8. Prueba de Fisher de las yemas germinadas por metro lineal.

PRUEBA DE FISHER			
Yemas germinadas por metro lineal			
Tratamientos	N	Media	Grupos
T3= 25-30 yemas/ml	3	19.73	A
T2= 20-25 yemas/ml	3	15.6	B
T1= 15-20 yemas/ml	3	12.733	B
Agrupación de información usando el método de Fisher y 95% de confianza.			
Las medias que no comparten la letra son significativamente diferentes.			

Figura 9. Comportamiento de los tratamientos sobre yemas germinadas por metro lineal.



En el Cuadro 7 muestra el análisis de varianza, de yemas viables germinadas por cada uno de los tratamientos. En donde obtuvo un valor de P-Value de 0.01 indicando que existe un tratamiento que sobresale de los demás debido a que el F-Value es mayor (10.77), demostrándolo en la prueba de Fisher.

Se observa el Cuadro 8, el resultado de la comparación de medias de los tratamientos evaluados, basándose del análisis de varianza. Aquí demuestra que el tratamiento del rango de 25 a 30 yemas viables por metro lineal, sobresale de los demás. Esto indica que al realizar la siembra mecánica con un rango de yemas según el tratamiento 3 (25 a 30 yemas viables), implicara en más yemas germinadas. Más no es una

variable determinante en donde indique que ese tratamiento es el adecuado, puesto que posiblemente se estaría desperdiciando yemas viables en la siembra.

D. Análisis de varianza y prueba de medias con base en los tallos por metro lineal.

Cuadro 9. Análisis de varianza de tallos por metro lineal.

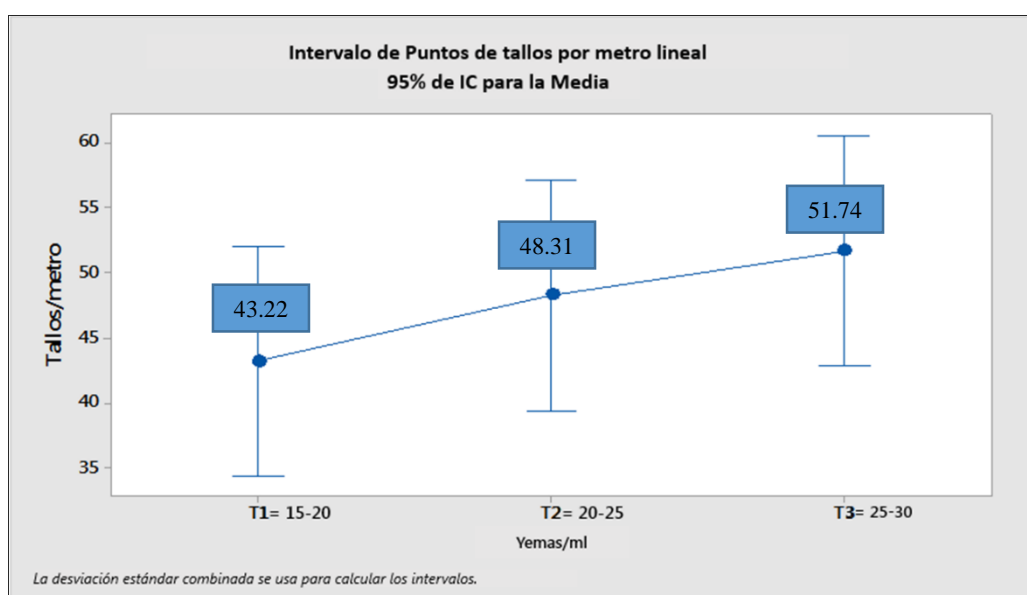
ANÁLISIS DE VARIANZA					
Tallos por metro lineal					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	2	110.3	55.13	1.4	0.317
Error	6	236.3	39.38		
Total	8	346.6			

Cuadro 10. Prueba de Fisher de tallos por metro lineal.

PRUEBA DE FISHER			
Tallos por metro lineal			
Tratamientos	N	Media	Grupos
T3= 25-30 yemas/ml	3	51.74	A
T2= 20-25 yemas/ml	3	48.31	A
T1= 15-20 yemas/ml	3	43.22	A

*Agrupación de información usando el método de Fisher y 95% de confianza.
Las medias que no comparten la letra son significativamente diferentes.*

Figura 10. Comportamiento de los tratamientos sobre los tallos por metro lineal.



Se realizó el análisis de varianza (Cuadro 9) comparando la cantidad de tallos por cada tratamiento, en donde obtuvo un valor de P-Value de 0.317, en el cual muestra que no existe diferencia entre los tratamientos debido a que el F-Value es mayor (1.4). Al realizar la prueba de medias (Cuadro 10) se confirma que los tres tratamientos estadísticamente son iguales. Por lo tanto, la población de los tres tratamientos, aun teniendo diferencias estadísticamente significativas en el número de yemas viables germinadas se regulo y se redujo al punto de llegar a ser iguales estadísticamente.

E. Análisis de varianza y prueba de medias con base en el porcentaje de despoblación.

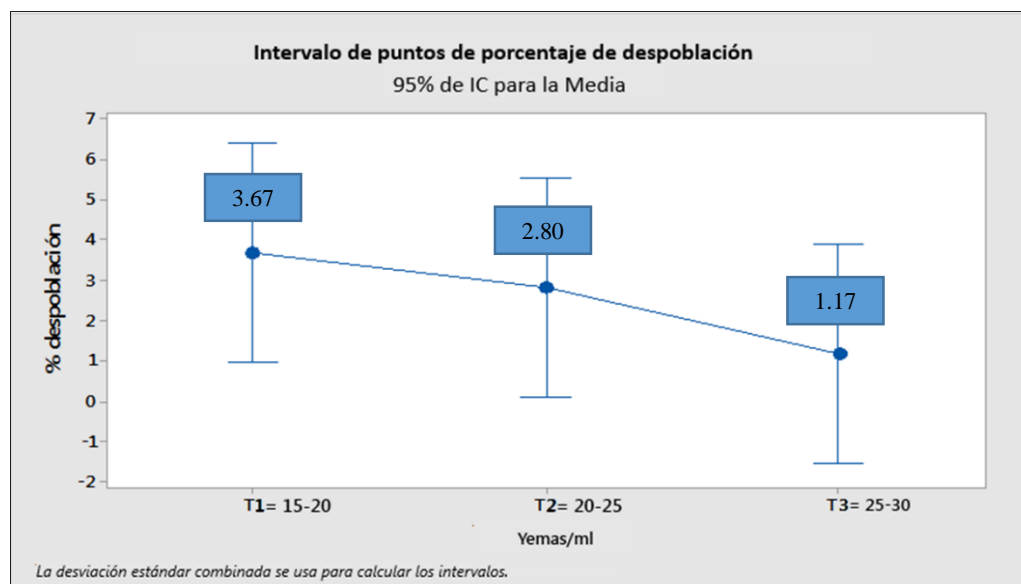
Cuadro 11. Análisis de varianza del porcentaje de despoblación.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Porcentaje de despoblación					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamientos	2	9.679	4.84	1.3	0.339
Error	6	22.288	3.715		
Total	8	31.967			

Cuadro 12. Prueba de Fisher del porcentaje de despoblación.

PRUEBA DE FISHER			
Porcentaje de espoblación			
Tratamientos	N	Media	Grupos
T1= 15-20 yemas/ml	3	3.67	A
T2= 20-25 yemas/ml	3	2.807	A
T3= 25-30 yemas/ml	3	1.17	A
<i>Agrupación de información usando el método de Fisher y 95% de confianza.</i>			
<i>Las medias que no comparten la letra son significativamente diferentes.</i>			

Figura 11. Comportamiento del porcentaje de despoblación.



En los Cuadros 11 y 12, se observa el análisis de varianza y la prueba de medias para despoblación respectivamente. Este resultado demuestra que no existe diferencia significativa en los espacios vacíos encontrados en campo. Sin embargo, este es un punto bastante importante ya que, partiendo del paquete tecnológico aplicado por Pantaleón, se indica que aquellos lotes con porcentajes de despoblación mayores al 2% se deberán de resembrar, por lo que el tratamiento del rango de 15-20 y 20-25 yemas viables por metro lineal se deberá de incurrir en costos para realizar esta labor mientras que el tratamiento del rango de 25-30 yemas viables por metro lineal es una siembra establecida que no requerirá resiembra.

Cabe resaltar que de los tratamientos evaluados el tratamiento 3, rango de 25 – 30 yemas viables, se obtuvo una mejor distribución de las yemas en campo, siendo el tratamiento en el que se aprovecha de mejor manera la cantidad de yemas viables que llegan al lote a sembrar.

VIII. CONCLUSIONES

Se demostró que las tres densidades de siembra evaluadas en el ensayo, poseen similar porcentaje de germinación, por lo que se afirma que visible y estadísticamente se podría tomar cualquier rango de yemas viable por metro lineal para sembrar debido que la germinación obtenida en cada uno de ellos fue: Tratamiento 1 rango de 15-20 (76%), Tratamiento 2 rango de 20-25 (73%) y Tratamiento 3 rango de 25-30 (77%). Más esta no es una variable determinante que indique el rango de yemas por metro lineal a sembrar.

De la comparación realizada en cuanto a las yemas germinadas destaco el tratamiento del rango de 25-30 yemas viables, pero se identificó que esta no es una variable determinante en donde indique que el tratamiento 3, es el adecuado a sembrar, ya que se podría estar desperdiciando yemas viables, por lo que se deben considerar los datos de tallos y despoblación, para determinar el rango adecuado de yemas a sembrar por metro lineal.

En cuanto al porcentaje de despoblación de cada tratamiento se logró determinar que el rango entre 15-20 yemas y 20-25 yemas se tendría que resembrar, lo que implicaría realizar gastos en maquinaria y mano de obra. En cuanto al rango de 25-30 yemas no se tendría que realizar la labor de resiembra. Según el paquete tecnológico de Pantaleón dice que una Plantación Plantía no se debe de resembrar puesto que sería un mal manejo en el proceso de siembra.

Sustentando los datos obtenidos respecto al porcentaje de despoblación por la investigación se puede indicar que el Tratamiento 3 (rango 25-30 yemas) es el rango adecuado de yemas a sembrar por metro lineal.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones con respecto al daño provocado en la semilla por el corte, y así conseguir mayor cantidad de yemas en buen estado. Ya que se pudo observar durante la toma de datos en la siembra que el mayor porcentaje de daño en la semilla fue debido al corte. Es oportuna indicar que en la siembra mecanizada no solamente se debe considerar el rango adecuado de yemas por metro lineal, sino también la reducción de costos, pero sin afectar la calidad de la semilla.

Se recomienda realizar un monitoreo a los 180 días después de la siembra, muestreando la cantidad de tallos molederos que se alcanza en el desarrollo de la plantación, esto con el fin de determinar la cantidad de tallos por metro lineal que irán a molienda y así como también la producción estimada de toneladas por hectárea.

X. BIBLIOGRAFÍA

ASAZGUA. (20 de junio de 2012). Producción (en línea). Recuperado el 25 de febrero de 2017, de <http://www.azucar.com.gt/historia.html>

Buenaventura, C. (1990). Semilleros y siembra de la caña de azúcar. Obtenido de Colombia, Cenicafé (Serie Técnica).

Cengicafé (Características Climáticas), C. (s.f.). Caracterización de la Zona Cañera. Obtenido de http://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual_Caniero_EEAOC.pdfhttp://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual_Caniero_EEAOC.pdf

Cengicafé (Suelos), C. (s.f.). Manual del Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Obtenido de http://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual_Caniero_EEAOC.pdfhttp://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual_Caniero_EEAOC.pdf

Cengicafé. (1996). Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/retrieve/5313/1042996781.pdf>

Cengicafé. (Diciembre de 2016). CG02-163. Recuperado el 07 de abril de 2017, de Trifoliar.

Cerrate, J. (2016). Implementación de siembra mecanizada de caña de azúcar. Obtenido de <http://biblio4.url.edu.gt/Tesis/V20/seol/Tesis/2016/06/14/Cerrate-Juan.pdf>

FIRA. (2010). Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México en Boletín Informativo. Recuperado el 26 de marzo de 2017

Flores, S. (1976). Manual de caña de azúcar. Obtenido de Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.

M.A, L. G. (2008). Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana de açúcar. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111148/tde-03112008-154538

NOVA, V. (2007). Siembra mecanizada de la caña de azúcar en Brasil. Recuperado el 26 de marzo de 2017, de http://www.tecnica.org/pdf/2009/tec_v13_no22_2009_p33-38.pdf

Pantalón, S. (2017). (Zafra 17-18) Reporte de Avances.

Ripoli. (2007). Plantio de cana de açúcar: estado da arte. Piracicaba, São Paulo. Recuperado el 18 de marzo de 2017

SAGARPA. (Octubre de 2015). TECNIFICACIÓN Y MAQUINARIA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR. Recuperado el 18 de febrero de 2017, de http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114373/Nota_Tecnica_Informativa_Octubre_2015.pdf

Victoria, J., & Calderón, H. (1995). Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades de caña. Centro Colombiano de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Recuperado el 25 de marzo de 2017, de El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera colombiana.

XI. ANEXOS

A. Registros para toma de datos de siembra, germinación y monitoreo de población.

Cuadro 13. Registro para evaluar siembra.

SIEMBRA		OPORTUNIDAD DE APLICACIÓN DE RIEGO DE GERMINACIÓN, 1 DDS		CONFORME	NO CONFORME	
Nota: se considerara No conforme todo riego que sobrepase las 24 horas despues de la siembra.						
INSPECCIÓN DE SIEMBRA						
No. Muestra	Total yemas	Yemas dañadas por				Yemas en buen estado por tramo
		Plaga	Corte	Manejo	Lala	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Total						

Cuadro 14. Registro para evaluar germinación.

GERMINACIÓN:						Fecha germinación:	lectura
No. Muestra	Yemas buen estado parcela 1m	Yemas germinadas parcela 1m	Yemas en buen estado que no han germinado	Yemas con otros daños			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Total							

Cuadro 15. Registro para evaluar monitoreo de población.

REGISTRO PARA EL MONITOREO DE POBLACIÓN			
No. Muestra	Total de tallos	Metros vacíos	No. Espacios vacíos
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Total			

B. Toma de datos en siembra por cada tratamiento y repeticiones.

Cuadro 16. Datos de siembra tratamiento 1.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de yemas	Corte	Lala	Manejo	Plagas	Yemas en buen estado
T1= 15-20	R1	1	103	13	5	9	1	75
T1= 15-20	R1	2	145	9	2	5	0	129
T1= 15-20	R1	3	192	13	9	5	0	165
T1= 15-20	R1	4	124	9	1	6	0	108
T1= 15-20	R1	5	111	11	2	6	0	92
T1= 15-20	R2	1	220	32	0	6	2	180
T1= 15-20	R2	2	214	26	0	4	0	184
T1= 15-20	R2	3	206	28	0	9	0	169
T1= 15-20	R2	4	178	25	0	5	0	148
T1= 15-20	R2	5	298	33	0	4	0	261
T1= 15-20	R3	1	287	22	0	7	1	257
T1= 15-20	R3	2	374	39	1	19	1	314
T1= 15-20	R3	3	310	40	0	10	0	260
T1= 15-20	R3	4	254	28	0	8	0	218
T1= 15-20	R3	5	281	24	3	15	2	237

Cuadro 17. Datos de siembra tratamiento 2.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de yemas	Corte	Lala	Manejo	Plagas	Yemas en buen estado
T2= 20-25	R1	1	212	22	0	24	0	166
T2= 20-25	R1	2	236	20	0	14	0	202
T2= 20-25	R1	3	267	35	0	13	0	219
T2= 20-25	R1	4	213	24	0	9	0	180
T2= 20-25	R1	5	186	22	2	9	0	153
T2= 20-25	R2	1	352	49	0	6	0	297
T2= 20-25	R2	2	486	57	0	10	0	419
T2= 20-25	R2	3	232	19	0	4	0	209
T2= 20-25	R2	4	200	23	3	9	1	164
T2= 20-25	R2	5	241	29	1	7	0	204
T2= 20-25	R3	1	168	28	0	6	2	132
T2= 20-25	R3	2	194	37	0	6	0	151
T2= 20-25	R3	3	245	22	0	3	2	218
T2= 20-25	R3	4	182	23	0	2	0	157
T2= 20-25	R3	5	226	25	0	4	0	197

Cuadro 18. Datos de siembra tratamiento 3.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de yemas	Corte	Lala	Manejo	Plagas	Yemas en buen estado
T3= 25-30	R1	1	364	43	0	3	0	318
T3= 25-30	R1	2	492	56	0	12	0	424
T3= 25-30	R1	3	485	51	0	8	3	423
T3= 25-30	R1	4	355	62	0	2	0	291
T3= 25-30	R1	5	560	92	0	10	0	458
T3= 25-30	R2	1	255	21	0	17	0	217
T3= 25-30	R2	2	210	21	0	14	0	175
T3= 25-30	R2	3	243	27	0	17	0	199
T3= 25-30	R2	4	200	19	0	11	0	170
T3= 25-30	R2	5	384	35	0	8	0	341
T3= 25-30	R3	1	274	32	0	4	0	238
T3= 25-30	R3	2	294	42	0	6	0	246
T3= 25-30	R3	3	286	30	0	2	0	254
T3= 25-30	R3	4	298	36	0	8	0	254
T3= 25-30	R3	5	295	46	0	2	0	247

C. Toma de datos de germinación por cada tratamiento y repeticiones.

Cuadro 19. Datos de germinación tratamiento 1.

Tratamiento	Repeticion	No. Muestras	Porcentaje de germinación	Yemas en buen estado	Yemas germinadas	Yemas en buen estado que no germinaron	Yemas con otros daños
T1= 15-20	R1	1	69%	16	11	4	1
T1= 15-20	R1	2	94%	17	16	1	0
T1= 15-20	R1	3	82%	17	14	3	0
T1= 15-20	R1	4	88%	16	14	2	0
T1= 15-20	R1	5	82%	17	14	3	0
T1= 15-20	R2	1	88%	16	14	1	1
T1= 15-20	R2	2	80%	15	12	0	3
T1= 15-20	R2	3	75%	16	12	2	2
T1= 15-20	R2	4	73%	15	11	1	3
T1= 15-20	R2	5	68%	19	13	3	3
T1= 15-20	R3	1	53%	17	9	0	8
T1= 15-20	R3	2	56%	18	10	0	8
T1= 15-20	R3	3	94%	18	17	0	1
T1= 15-20	R3	4	75%	16	12	0	4
T1= 15-20	R3	5	71%	17	12	0	5

Cuadro 20. Datos de germinación tratamiento 2.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Porcentaje de germinación	Yemas en buen estado	Yemas germinadas	Yemas en buen estado que no germinaron	Yemas con otros daños
T2= 20-25	R1	1	55%	20	11	0	9
T2= 20-25	R1	2	52%	23	12	0	11
T2= 20-25	R1	3	86%	21	18	0	3
T2= 20-25	R1	4	75%	20	15	0	5
T2= 20-25	R1	5	43%	23	10	0	13
T2= 20-25	R2	1	79%	24	19	5	0
T2= 20-25	R2	2	48%	25	12	8	5
T2= 20-25	R2	3	100%	24	24	0	0
T2= 20-25	R2	4	77%	22	17	3	2
T2= 20-25	R2	5	64%	25	16	3	6
T2= 20-25	R3	1	70%	20	14	4	2
T2= 20-25	R3	2	94%	18	17	1	0
T2= 20-25	R3	3	88%	17	15	2	1
T2= 20-25	R3	4	86%	21	18	2	1
T2= 20-25	R3	5	80%	20	16	2	2

Cuadro 21. Datos de germinación tratamiento 3.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Porcentaje de germinación	Yemas en buen estado	Yemas germinadas	Yemas en buen estado que no germinaron	Yemas con otros daños
T3= 25-30	R1	1	82%	22	18	0	4
T3= 25-30	R1	2	74%	27	20	2	5
T3= 25-30	R1	3	68%	25	17	2	6
T3= 25-30	R1	4	76%	25	19	4	2
T3= 25-30	R1	5	60%	25	15	6	4
T3= 25-30	R2	1	62%	26	16	9	1
T3= 25-30	R2	2	70%	27	19	8	0
T3= 25-30	R2	3	77%	26	20	6	0
T3= 25-30	R2	4	77%	26	20	6	0
T3= 25-30	R2	5	81%	27	22	5	0
T3= 25-30	R3	1	69%	26	18	5	3
T3= 25-30	R3	2	88%	26	23	2	1
T3= 25-30	R3	3	100%	24	24	0	0
T3= 25-30	R3	4	88%	25	22	2	1
T3= 25-30	R3	5	92%	25	23	2	0

D. Toma de datos de monitoreo de población por cada tratamiento y repeticiones.

Cuadro 22. Datos de monitoreo de población tratamiento 1.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de tallos	Tallos/m	Metros vacíos
T1= 15-20	R1	1	489	48.9	0.8
T1= 15-20	R1	2	399	39.9	0
T1= 15-20	R1	3	330	33	0.82
T1= 15-20	R1	4	374	37.4	0
T1= 15-20	R1	5	310	31	0
T1= 15-20	R2	1	553	55.3	0
T1= 15-20	R2	2	493	49.3	0.82
T1= 15-20	R2	3	537	53.7	0
T1= 15-20	R2	4	511	51.1	0
T1= 15-20	R2	5	498	49.8	0
T1= 15-20	R3	1	315	31.5	2.04
T1= 15-20	R3	2	525	52.5	0
T1= 15-20	R3	3	375	37.5	0
T1= 15-20	R3	4	390	39	1.02
T1= 15-20	R3	5	384	38.4	0

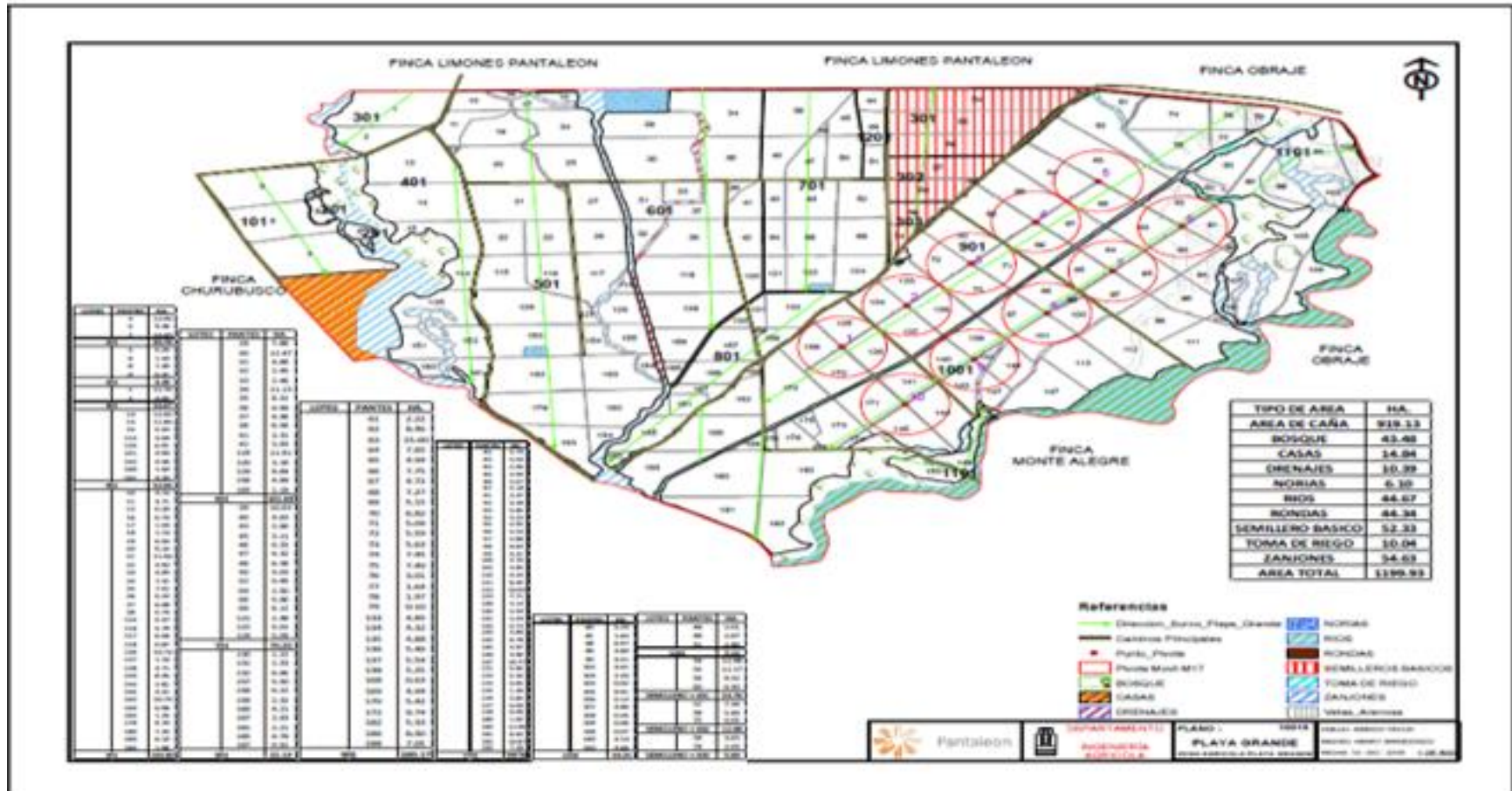
Cuadro 23. Datos de monitoreo de población tratamiento 2.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de tallos	Tallos/m	Metros vacíos
T2= 20-25	R1	1	501	50.1	0
T2= 20-25	R1	2	465	46.5	0
T2= 20-25	R1	3	444	44.4	0
T2= 20-25	R1	4	368	36.8	1.03
T2= 20-25	R1	5	427	42.7	0
T2= 20-25	R2	1	540	54	0
T2= 20-25	R2	2	512	51.2	1.25
T2= 20-25	R2	3	585	58.5	0
T2= 20-25	R2	4	497	49.7	0.95
T2= 20-25	R2	5	529	52.9	0
T2= 20-25	R3	1	444	44.4	0
T2= 20-25	R3	2	462	46.2	0.98
T2= 20-25	R3	3	509	50.9	0
T2= 20-25	R3	4	468	46.8	0
T2= 20-25	R3	5	495	49.5	0

Cuadro 24. Datos de monitoreo de población tratamiento 3.

Tratamiento	Repetición	No. Muestras	Total de tallos	Tallos/m	Metros vacíos
T3= 25-30	R1	1	457	45.7	0
T3= 25-30	R1	2	521	52.1	0
T3= 25-30	R1	3	482	48.2	0
T3= 25-30	R1	4	575	57.5	0
T3= 25-30	R1	5	431	43.1	1.75
T3= 25-30	R2	1	479	47.9	0
T3= 25-30	R2	2	451	45.1	0
T3= 25-30	R2	3	501	50.1	0
T3= 25-30	R2	4	440	44	0
T3= 25-30	R2	5	477	47.7	0
T3= 25-30	R3	1	648	64.8	0
T3= 25-30	R3	2	516	51.6	0
T3= 25-30	R3	3	592	59.2	0
T3= 25-30	R3	4	604	60.4	0
T3= 25-30	R3	5	587	58.7	0

Figura 13. Plano de la finca Playa Grande.



Fuente: (Pantaléon, 2017)