

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.

ESTUDIANTE:

T.P.A Carlos Alfonzo González Díaz 201340909

ASESOR:

Ing. Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre de 2021

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.

ESTUDIANTE:

T.P.A Carlos Alfonzo González Díaz 201340909

ASESOR:

Ing. Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre de 2021.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

M.Sc. Pablo Ernesto Oliva Soto Rector en Funciones

M.Sc. Gustavo Enrique Taracena Gil Secretario General

CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Lic. Luis Carlos Muñoz López Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera Secretario

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solis Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Eddie Rodolfo Maldonado Rivera

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edín Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Píril

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,

Abogado y Notario

Lic. Sergio Espinoza Antón

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lcda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador del Área Social Humanista

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carreras de Periodista Profesional y

Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

MA. Heinrich Herman León



Mazatenango, 07 de octubre de 2021.

Licenciado Luis Carlos Muñoz López
Director en funciones
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor Director:

Con fundamento el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante T.P.A. Carlos Alfonzo González Díaz, quien se identifica con número de carné 201340909, ha concluido su trabajo de graduación titulado: "Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez." el cuál fue asesorado por el Ingeniero Agrónomo Héctor Rodolfo Fernández Cardona, lo cual consta en el dictamen correspondiente y revisado por el suscrito.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. González Díaz, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente.

Auguro muchos éxitos a sus laborales académicas y le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Alfredo Tobar Piril'.

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera





Mazatenango, 06 de octubre de 2021.

Honorable Consejo Directivo:

Centro Universitario del Suroccidente.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Su despacho.

Respetables Miembros del Consejo Directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación titulado: "**Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.**", presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carlos Díaz", written over a horizontal line.

T.P.A Carlos Alfonso González Díaz

Carné: 201340909

DEDICATORIA

- A DIOS Quien me brindó la sabiduría y paciencia en cada momento para culminar esta etapa estudiantil, por darme salud y bendición.
- A MIS PADRES A mi querida madre por apoyarme incondicionalmente en todos los aspectos posibles de mi vida y guiarme para convertirme en un mejor hombre y en un gran profesional.
- A MI ABUELITA A mi querida abuelita Shený, que estuvo conmigo en todo el proceso universitario dándome aliento a ser mejor cada día.
- A MIS HERMANOS Julio González por ser un ejemplo a seguir de lucha y esmero para conseguir lo que uno quiere y a mi hermana Karla González por estar pendiente en mi proceso universitario.
- A MI SUPERVISOR Ing. Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona, por toda la comprensión en todo el proceso de práctica y cada enseñanza compartida en este proceso.
- A MI FAMILIA Para mis tías que son como unas madres, mis tíos como unos padres y mis primos como unos hermanos por estar conmigo y brindarme sus consejos en el proceso universitario.

AGRADECIMIENTOS

Muy agradecido y orgulloso de haber sido alumno de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al cuerpo docente de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical por haberme brindado sus conocimientos, a través de las enseñanzas durante el periodo de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

A las distintas personas que me brindaron su apoyo durante el transcurso universitario y el ejercicio supervisado para mi superación.

A los propietarios de finca Las Palmas que me brindaron su apoyo y confianza durante este proceso.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEORICO	10
1. MARCO CONCEPTUAL	10
1.1. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar	10
1.4. Demanda nutricional de la caña de azúcar.....	20
2. MARCO REFERENCIAL	21
2.1. Localización de la investigación.....	21
2.2. Zona de vida	22
2.3. Suelo	22
2.4. Hidrología	23
2.5. Descripción de los abonos orgánicos	23
2.6. Investigaciones sobre fertilización con abonos orgánicos	26
III. OBJETIVOS.....	28
1. OBJETIVO GENERAL.....	28
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
IV. HIPOTESIS.....	29
V. MATERIALES Y METODOS.....	30
1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
1.1. Material experimental	31
1.2. Análisis estadístico	31
1.2.1. Diseño experimental	31
1.2.2. Modelo estadístico.....	31
1.3. Tratamientos.....	32
1.4. Grados de libertad	32
1.5. Unidad experimental.....	32
1.6. Aleatorización	33
1.7. Variables de respuesta	35
1.8. Análisis de la información	36
1.9. Manejo del experimento	36
1.10. Tiempo y análisis del experimento.....	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
1. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en las variables morfológicas del cultivo <i>S. officinarum</i> , en comparación con los fertilizantes químicos.	41

2. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de número de paquetes de semilla/ha del cultivo <i>S. officinarum</i> , en comparación con los fertilizantes químicos.....	46
3. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el número de yemas viables y porcentaje de germinación del cultivo <i>S. officinarum</i> , en comparación con los fertilizantes químicos.....	48
4. Realizar un análisis financiero de la aplicación de abonos orgánicos y químicos en semillero de <i>S. officinarum</i>	54
VII. CONCLUSIONES	58
VIII. RECOMENDACIONES	59
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
X. ANEXOS	64

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Etapas fenológicas del cultivo de caña azúcar.	10
2. Formas de entrenudo.	18
3. Formas de nudo: A, cilíndrico; B, constreñido; C, conoidal; D, obconoidal.....	18
4. Forma de yemas.....	19
5. Croquis de finca Las Palmas, distribución de lotes y fuentes hídricas.	21
6. Resultado de análisis de suelo en finca Las Palmas.	23
7. Ubicación geográfica de la investigación en finca Las Palmas.....	30
8. Croquis de cómo está conformada cada una de las unidades experimentales.	33
9. Croquis de campo del diseño de bloques al azar.	34
10. Lugar donde se sembró el semillero de caña de azúcar.	64
11. Abono orgánico gallinaza usado en el experimento.	64
12. Resultado de análisis de suelo usado para elaborar el plan de fertilización.....	65
13. Metodología empleada para poder usar la cerdaza como fertilizante.	68
14. Primer paso de arado en área de unidad experimental.	68
15. Paso de rastra pulidora y surqueado en el área experimental.....	69
16. Encostalado de cerdaza para ser aplicada en las unidades experimentales.....	69
17. Traslado y aplicación de cerdaza en las unidades experimentales.	70
18. Traslado de semilla, siembra de semilla y agroquímicos aplicados.	71
19. Aplicación de fertilizantes en las unidades experimentales y tapado de semilla.	72
20. Emergencia de plantilla y toma de dato de altura en centímetros.	73
21. Segunda aplicación de fertilizante (urea, cerdaza y gallinaza).	74
22. Características agro morfológicas de la variedad CG-9878.	75
23. Toma de datos de altura y diámetro en caña de azúcar.....	76
24. Corte de semilla y toma de datos número de paquetes y número de yemas.	77
25. Análisis físico del suelo después del corte de la semilla.....	77
26. Curva de crecimiento obtenida en la toma de datos de altura	79
27. Datos de porcentaje germinación a los 10 días después de la siembra.	79

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Taxonomía del cultivo de caña de azúcar <i>S. officinarum</i>	12
2. Cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo de caña de azúcar en un año.....	20
3. Composición porcentual de la cerdaza (base seca).	25
4. Cuadro relativo de tratamientos evaluados.	32
5. Alturas (cm) de los tallos de caña de azúcar al momento del corte.....	41
6. Análisis de varianza para la variable de respuesta tamaño de tallo de caña de azúcar.	42
7. Prueba de medias de la variable de respuesta tamaño de tallo.	42
8. Diámetros (cm) obtenidos de los tallos de caña de azúcar al momento del corte.	43
9. Análisis de varianza para la variable de respuesta diámetro de tallo	44
10. Prueba de medias de la variable de respuesta tamaño de tallo de caña de azúcar.	44
11. Datos transformados de número de paquetes de semilla/ha.....	46
12. Análisis de varianza para la variable de respuesta número de paquetes.....	47
13. Prueba de medias de la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha.	47
14. Numero de yemas viables en las parcelas evaluadas al momento del corte y armado de paquetes de semilla.	49
15. Análisis de varianza para la variable de respuesta número de yemas viables.	49
16. Prueba de medias de la variable de respuesta número de yemas viables.	50
17. Porcentajes de germinación de los tallos de caña de azúcar a los 30 días.....	51
18. Análisis de varianza para la variable de respuesta porcentaje de germinación.....	52
19. Prueba de medias de la variable de respuesta porcentaje de germinación.....	53
20. Relación de beneficio costo para el tratamiento 2	54
21. Relación de beneficio costo para el tratamiento 3	55
22. Relación de beneficio costo para el tratamiento 4	56
23. Relación de beneficio costo para el tratamiento 5	57
24. Cantidad de tallos emergidos y porcentaje de germinación por tratamiento.	78
25. Cantidad de tallos emergidos y el porcentaje de germinación por tratamiento.....	78
26. Numero de paquetes obtenidos en la parcela neta a la hora del corte.....	78

27. Costos de producción del semillero bajo el tratamiento 2.....	80
28. Costos de producción del semillero bajo el tratamiento 3.....	81
29. Costos de producción del semillero bajo el tratamiento 5.....	82
30. Costos de producción del semillero bajo el tratamiento 4	83

RESUMEN

Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.

En la actualidad el incremento de precios de los fertilizantes químicos y el desconocimiento del aporte nutricional de abonos orgánicos (como la cerdaza), ha hecho que algunos productores de caña de azúcar no le aporten la nutrición debida a la planta de caña, lo cual se ve reflejada en los rendimientos a la hora del corte.

La investigación, se realizó con el fin de lograr aumentar el rendimiento del cultivo de caña de azúcar (Ton/ha) y reducir los costos de producción. Para esta investigación se hizo uso de la variedad CG-9878 dándole el mismo manejo agronómico a todas las unidades experimentales.

Se evaluaron dos dosis de fertilizante químicos, una dosis recomendada por personal del ingenio Tzululá y la otra dosis que es la requerida por los suelos, previo a análisis de suelo; y dos fertilizaciones orgánicas las cuales fueron cerdaza y gallinaza, además de un testigo relativo (sin fertilización al suelo).

Las variables de respuesta medidas en esta investigación fueron las siguientes: número de paquetes/ha (un paquete son 30 esquejes de caña de 60 cm cada uno), variables morfológicas de longitud del tallo, diámetro de tallo, número de yemas viables y el porcentaje de germinación de caña de azúcar.

En cada una de las variables medidas en la investigación, se obtuvo como resultado que el tratamiento tres (dosis requerida de fertilizante) fue estadísticamente el mejor tratamiento evaluado en cada una de las unidades experimentales.

El análisis financiero, dio como resultado, que el tratamiento 2 (dosis recomendada de fertilizante químico) obtuvo la mejor relación beneficio costo de la investigación siendo de 1.39 con un índice de rentabilidad de 39%

SUMMARY

Evaluation of four types of fertilizers applied to the soil in seedbeds of *Saccharum officinarum*, L., sugarcane, at Las Palmas farm, San Antonio, Suchitepéquez.

At present, the increase in prices of chemical fertilizers and the lack of knowledge of the nutritional contribution of organic fertilizers (sowing), has caused some sugarcane producers not to provide the proper nutrition to the sugarcane plant, which is reflected in the yields at the time of cutting.

The research was carried out with the purpose of increasing the sugarcane crop yield (Ton/ha) and reducing production costs. For this research, the CG-9878 variety was used, giving the same agronomic management to all experimental units.

Two doses of chemical fertilizers were evaluated, one dose recommended by personnel from the Tzulá sugar mill and the other dose required by the soils prior to soil analysis; and two organic fertilizers, sow and poultry manure; in addition to a relative control (without soil fertilization).

The response variables measured in this research were the following: number of packages/ha (one package is 30 sugarcane cuttings of 60 cm each), morphological variables of stem length, stem diameter, number of viable buds and the percentage of sugarcane germination.

In each of the variables measured in the research, the result was that treatment three (required dose of fertilizer) was statistically the best treatment evaluated in each of the experimental units.

The financial analysis showed that treatment 2 (recommended dose of chemical fertilizer) obtained the best benefit-cost ratio of the research, being 1.39 with a profitability index of 39%.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de aumentar la productividad del cultivo *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar, exige cada vez a los administradores de fincas a optar por nuevas tecnologías a las que se venían aplicando anteriormente al cultivo en los últimos 10 años. Todo esto a consecuencia al aumento del costo de los insumos, personal de campo y a la disminución del precio en crudo de la caña de azúcar. El uso de abonos orgánicos es una de las nuevas tecnologías que en Guatemala han sido investigadas muy poco en el cultivo de caña de azúcar, ya que, si es bien aprovechado el uso de estos recursos, se pueden crear industrias nuevas para futuros mercados. La agricultura orgánica se ha ido expandiendo y aplicando cada vez más.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar distintos métodos de fertilización (químicos y orgánicos), en especial el abono orgánico cerdaza, en el semillero del cultivo *S. officinarum* en finca Las Palmas, ubicada en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, con el fin de conocer qué fertilizante proporciona los requerimientos del cultivo y también los costos de aplicación de cada uno de los tratamientos.

La misma, se instaló en el lote Castaño Izquierdo (2.45 ha) en donde se estableció el semillero, esto con el fin de dar inicio a la renovación de las variedades existentes y también investigar el uso de cerdaza como abono orgánico en el cultivo de caña de azúcar, para poder darle un valor agregado a los desperdicios generados en las granjas de cerdos propiedad de los administradores. Para esto se implementó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tipos de fertilizantes, siendo estos, dos químicos (uno recomendado y otro requerido) y también el uso de gallinaza y cerdaza (orgánico). Realizando un análisis de varianza con la información obtenida, y al existir diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Con los resultados obtenidos en las cinco variables de respuesta medidas, se aceptó la hipótesis alternativa que indica que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico evaluados, tiene un efecto diferente sobre las variables de respuesta medidas. Siendo el tratamiento tres (dosis requerida de fertilizante químico), el que presentó los

mejores resultados en las variables evaluadas, tanto en rendimiento del número de paquetes/ha; como en las variables morfológicas de longitud del tallo, diámetro de tallo, número de yemas viables y el porcentaje de germinación de caña de azúcar; las cuales fueron evaluadas en semillero de la variedad CG9878.

El análisis financiero dio como resultado que el tratamiento tres (dosis requerida de fertilizante químico) presenta los costos más elevados por hectárea (Q 11,836.45) debido al alto costo de los fertilizantes químicos. A pesar de los costos elevados, el tratamiento tres presentó los mejores resultados en las variables de respuesta evaluadas. También observó que el tratamiento 2 (dosis recomendada de fertilizante químico) obtuvo la mejor relación beneficio costo de la investigación siendo de 1.39 con un índice de rentabilidad de 39%.

II. MARCO TEORICO

1. Marco conceptual

1.1. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar se reproduce normalmente por esquejes, que son secciones de tallo que contienen entre dos y tres yemas laterales. Fisiológicamente se ha determinado que estas secciones que se usan en la reproducción vegetativa de los materiales genéticos, ejercen una influencia diferenciada sobre la germinación y desarrollo de la plantación comercial. (Tarenti, 2004, párr. 1).

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. (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015, pág 4).

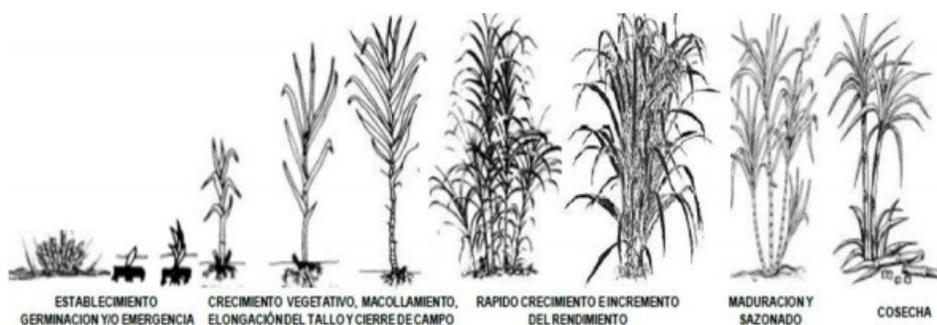


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de caña azúcar.

Fuente: (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar 2015, pág 4).

Germinación y emergencia

La germinación es el proceso que da paso de los órganos primordios 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. (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015, Pág 5).

El tallo de caña usado para las siembras tiene las yemas de más vigor germinativo en la parte superior o cogollo ya que es donde hay más azúcares reductores como la glucosa y fructuosa que es lo que requiere la yema para un adecuado desarrollo. Todo lo contrario, sucede con las yemas de la base, en cuyos entrenudos hay una alta concentración de sacarosa de la cual la yema no la puede usar en su proceso germinativo y debe desdoblarla a los tipos de azúcares mencionados. (Tarenti, 2004).

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. (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015, Pág 5).

Rápido crecimiento

En esta etapa se da la formación y elongación de la caña con rapidez. Así mismo, en esta fase también se presenta una gran acumulación de materia seca y la planta alcanza su máxima área foliar (hojas). Esta etapa puede prolongarse de acuerdo a la variedad, la temperatura y la humedad. Sin embargo, como referencia puede citarse que comienza alrededor de los 120 días después de la plantación y es a los 180 días aproximadamente queda definido la población de tallos (sólo sobreviven entre el 40 y el 50% de los hijuelos o retoños). En esta fase el cultivo requiere temperaturas sobre los 30°C, disponibilidad de nutrientes y buena condición de humedad. (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015, Pág 5).

Maduración

En esta etapa de desarrollo de la planta de caña se da el proceso de síntesis y acumulación de sacarosa en los tallos de la caña. La maduración de la caña es de la base al ápice (extremo superior) de la planta. Esta parte del desarrollo tiene una duración de unos dos a tres meses. Los factores que favorecen el almacenamiento de sacarosa son aquellos que inhiben el crecimiento de la planta, entre ellos la presencia de noches frescas (temperaturas de 18°C), días calurosos y secos. Aplicaciones elevadas o extemporáneas de nitrógeno tiene un efecto negativo porque retarda la maduración. (Comite Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015, Pág 6).

1.2. Taxonomía y descripción de la planta de caña de azúcar *S. officinarum*

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de caña de azúcar *S. officinarum*.

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnolyophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Conmelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Saccharum
Especie	Saccharumofficinarum L.

Fuente: (Aldana Cartagena, 2014, párr. 1).

La caña de azúcar es una planta herbácea perenne que forma parte de la familia de las gramíneas; por lo tanto, está emparentada con el arroz, el maíz, el sorgo, la avena y el bambú. Un grupo de tallos duros, jugosos, no ramificados y con entrenudos crece a partir de una red de rizomas de la que aparecen tallos secundarios. Los tallos miden unos 5 metros de altura, pero el rango es de 3 a 8 metros. Muestran colores que van desde el verde hasta el rosado o púrpura.

Sus hojas son largas, lanceoladas y fibrosas, con bordes dentados y una nervadura central gruesa. Miden entre 30 y 60 centímetros de longitud y alrededor de cinco centímetros de ancho. Desarrolla panículas, un tipo de inflorescencia, en la que se alojan espiguillas de flores minúsculas y en cuyos extremos se aprecia una especie de pelusa larga y sedosa. El fruto es una cariósida de 1.5 milímetros de largo, con una sola semilla en su interior. BioEnciclopedia,(2015,párr. 3)

1.3. Semillero

En el establecimiento de plantaciones rentables de caña de azúcar uno de los componentes importantes es la planificación de semilleros para la obtención de semilla asexual de alta calidad. Esta semilla debe reunir varias características: la calidad genética, fisiológica, sanitaria y física. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014,Pág. 120).

Ubicación, tamaño y planificación de siembra del semillero

El semillero se debe ubicar en un lugar estratégico a fin de reducir gastos de transporte a las áreas de otros semilleros o áreas comerciales a sembrar. El tamaño depende del área comercial final que se desea sembrar. Si se considera que se producirán semilleros básicos, semicomerciales y comerciales, entonces se obtendrían dos incrementos a partir del semillero básico. En términos generales, la tasa de multiplicación de tallos-semilla en caña de azúcar es 1:10, entonces el área del semillero básico deberá ser la milésima parte del área comercial final, o sea, que si se desea sembrar 1,000 hectáreas de caña comercial entonces el semillero básico deberá ser de una hectárea, el semillero semicomerciales de 10 hectáreas y el comercial de 100.

Las fechas de siembra de los diferentes semilleros dependerán de la fecha en la cual se desea hacer la siembra comercial, para ello es necesario tomar en cuenta que la edad adecuada de la semilla es de siete meses para la mayoría de las variedades. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 120).

Manejo de las áreas antes de la siembra de los semilleros

Se recomienda la ubicación de áreas, cuyo rendimiento potencial de caña esté por encima del promedio de la finca e idealmente con disponibilidad de riego (South African Sugar Association, 1999). El manejo adecuado de plantaciones anteriores evita la presencia de restos de cosecha o macollas, que se pueden constituir en mezclas dentro de la variedad deseada y que podrían estar infectadas con patógenos causantes de enfermedades. Para ello se recomienda la requema de rastrojos de la cosecha anterior, cuando la basura esté seca. Posteriormente, se deben matar las cepas de la variedad anterior, con herbicida, 35 a 40 días después de la cosecha. La dosis recomendada es de 4 a 5 litros por hectárea de Glifosato. (Montepeque, 2007, Pág. 121).

Tratamiento hidrotérmico de la semilla

Para el control de patógenos sistémicos, como los causantes de las enfermedades Raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli* sub sp. *xyli*) y Escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) es importante el tratamiento hidrotérmico.

Para el raquitismo de la soca *Leifsonia xyli* se recomienda cualquiera de los siguientes dos tratamientos: a) Tratamiento por inmersión en agua caliente a 51°C por 10 minutos, seguido por reposo fuera del agua durante 8 a 12 horas y, finalmente, inmersión en agua caliente a 51°C por una hora; b) Inmersión en agua caliente a 52°C por 30 minutos. En ambos casos se deberá usar trozos de semilla con una o dos yemas. Para la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* se recomienda la inmersión de trozos de una o dos yemas en un flujo constante de agua, a temperatura ambiente durante 48 horas. Puede hacerse en una pila con una entrada regulada de agua que permita el rebalse continuo para renovar el agua y evitar así la ocurrencia de fermentación. Luego los trozos se sumergen en agua a 50 °C por tres horas. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 121).

Siembra comercial

El cultivo comercial de la caña de azúcar se caracteriza por producir varios años, a partir de una siembra. Esta situación hace importante considerar varios factores que intervienen en la fase inicial del cultivo, de los cuales dependerá un buen desarrollo y la obtención de una buena cosecha. Por ello es necesario considerar, además de la preparación del suelo y los semilleros, (descritos en secciones anteriores) la siembra de la caña de azúcar. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 126)

Calidad de la semilla

La semilla debe reunir diferentes características, como, la calidad genética (pureza varietal), sanitaria (libre de enfermedades y plagas), física (vigor del tallo, sin daños mecánicos, contaminantes y otros) y fisiológica (Tarenti, 2004, párr. 3). Para la calidad fisiológica se debe considerar: edad de la semilla, yemas en buen estado y con buen poder germinativo, tiempo entre el corte y siembra, y otros. Estos elementos tienen que ser considerados en todo el proceso de producción de los semilleros, en donde al final se evalúan para definir si cumplen con los requisitos necesarios para su uso. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 126).

Siembra método de surco simple

Es el más utilizado en Guatemala. Se deben preparar paquetes de semilla de 30 esquejes con longitud aproximada de 0.60 m y de preferencia con 3 a 4 yemas por esqueje. La distancia entre surcos puede variar entre 1.5 m y 1.75 m, dependiendo de la topografía, potencial de producción del campo, altitud, variedad y otros factores como el tipo de cosecha y la disponibilidad de maquinaria adecuada para cada caso. La siembra se realiza manualmente y los esquejes se pueden distribuir en diferentes modalidades, siendo una de ellas la de “cadena doble traslapada”, con la cual se logra ubicar aproximadamente 15 yemas viables por metro lineal cuando la semilla es de buena calidad, garantizando de esta manera una buena densidad poblacional en los surcos. El distanciamiento para distribuir un paquete de 30 esquejes de semilla en el surco (estaquillado) depende de la variedad y la calidad de la semilla, por lo regular son 9 m.

Según Orozco et al., 2000, en estudios realizados por CENGICAÑA. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 127).

Fertilización y riegos de germinación

En la unidad de práctica Las Palmas no se realiza ninguna aplicación de abono ya sea químico u orgánico al cultivo de caña de azúcar, ni aplicación de riego debido a la falta de mantenimiento del equipo.

El fósforo se debe aplicar al momento del surqueo, y la cantidad a aplicar depende del tipo de suelo y del contenido de fósforo en los análisis de suelos. La lámina de riego depende de la textura del suelo, haciendo el primer riego de germinación entre el tapado de la semilla hasta 24 horas después de sembrado, aplicando una lámina aproximada de 30 mm. El segundo riego de germinación se realiza entre 8 y 10 días después del primer riego de germinación, aplicando una lámina de 40 mm. En el sistema tipo piña se puede utilizar el riego por goteo, colocando las mangueras de distribución en el centro de los dos surcos pares.

Caracterización morfológica de la diversidad

A nivel de campo también puede establecerse la variabilidad producida por cultivo de tejidos. Esto se realiza a través de la caracterización morfológica, la cual no es más que la descripción de la forma de los diversos órganos que componen una planta. Esta resulta de vital importancia debido a que nos es útil para diferenciar las distintas especies de caña de azúcar, así también para reconocer las diferentes variedades existentes de este cultivo. La acertada descripción de dichos órganos es esencial para la correcta tipificación de unas y otras. (Salazar, 2015, Pág. 7).

Para la caracterización morfológica se toman en cuenta muchos órganos de la planta, siendo los más importantes el entrenudo, el nudo, la yema, el cuello, la aurícula y la lígula. Estos órganos se caracterizan mediante descriptores botánicos establecidos por investigadores que se dedicaron a la caracterización de la caña de azúcar (Amaya, Cock,

del Pilar y Irvine, 1995; Gómez, 1983; Moore, 1987; MSIRI, 1990; Orozco y Soto, 1996; Sánchez, 1992, Pág. 8)

El tallo

Comercialmente hablando, el tallo es el órgano de mayor importancia en la planta de caña de azúcar, puesto que este almacena todos los azúcares que posteriormente son extraídos para la preparación del azúcar comercial. Por otro lado, el tallo constituye la parte aérea de la planta y es quien les brinda sostén a las hojas. En cuanto a morfología, el tallo está formado por secciones denominadas entrenudos, los cuales están separados por los nudos (Amaya et al., 1995; Gómez, 1983, Pág. 12).

Entrenudo

El entrenudo constituye la porción de tallo que se encuentra entre dos nudos. La forma de los entrenudos varía con cada variedad, pero existen otras características que varían por condiciones climáticas y por manejo del cultivo, tal es el caso del diámetro, la longitud, el color, entre otras. Las formas de entrenudo más conocidas se describen a continuación (Gómez, 1983; Moore, 1987, Pág. 12):

- Cilíndrico: se denomina así cuando el entrenudo tiene lados paralelos y conserva el diámetro y la forma en toda su longitud.
- Abarrilado: el entrenudo posee un mayor diámetro en la parte media, el cual disminuye en los extremos, lo cual le proporciona un aspecto en forma de barril.
- Constreñido: en este tipo de entrenudo, los extremos poseen mayor diámetro que el centro.
- Conoidal: en forma de cono, en donde el diámetro en la parte inferior del entrenudo es mayor que en la parte superior.
- Obconoidal: en forma de cono invertido. En este caso, el diámetro en la parte superior del entrenudo es mayor que en la parte inferior.
- Curvo: en este caso el entrenudo es levemente curvado, de tal manera que un lado es cóncavo y el otro convexo.

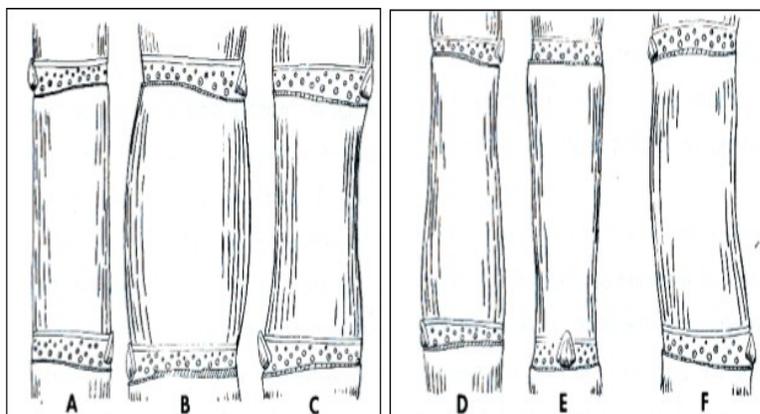


Figura 2. Formas de entrenudo: A, cilíndrico; B, abarrilado; C, constreñido; D, conoidal; E, obconoidal; y F, curvo.

Fuente. (Salazar, 2015, Pág. 8).

Nudo

Es la parte del tallo, en su conjunto general, más conocida por ser muy dura, fibrosa y por su poca o casi nula presencia de jugo. Alberga varios elementos de gran importancia anatómica y de gran valor taxonómico. El nudo constituye la separación entre dos entrenudos (Amaya et al., 1995; Gómez, 1983). Artschwager y Brandes, en el año 1958, definieron las siguientes formas de nudos: cilíndrico, constreñido, conoidal y obconoidal (Moore, 1987). La figura 2 muestra los tipos de nudos más conocidos:

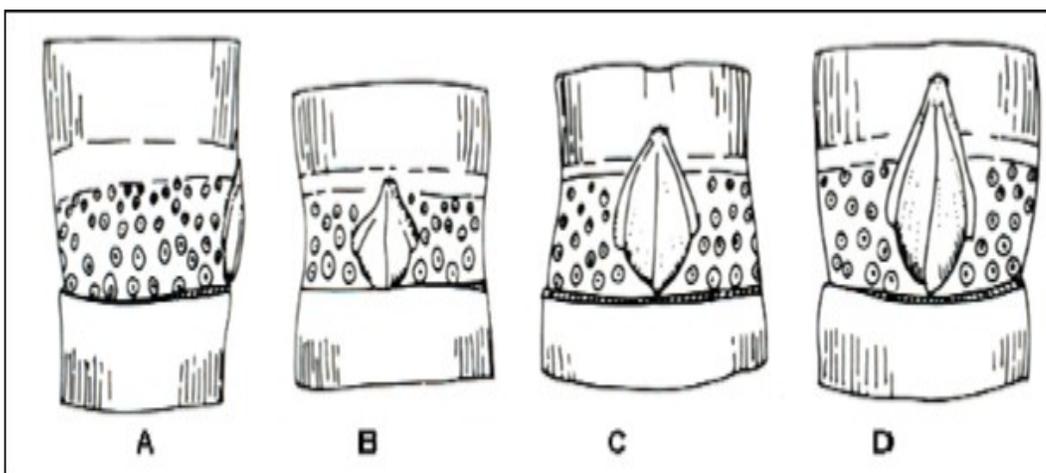


Figura 3. Formas de nudo: A, cilíndrico; B, constreñido; C, conoidal; D, obconoidal.

Fuente. (Salazar, 2015, Pág, 9).

Yema

Puede considerarse el órgano más importante de la semilla, puesto que tiene la capacidad de generar por crecimiento vegetativo a una planta semejante a la original. En condiciones normales se presenta una yema por cada nudo, dispuesta en forma alterna y generalmente protegida por la vaina. La yema se encuentra insertada en la banda radicular y en la parte superior de la cicatriz foliar. La forma de la yema varía en las variedades, por lo que constituye un elemento de importancia en la identificación de estas (Amaya et al., 1995; Gómez, 1983; Moore, 1987; Sánchez, 1992). Los diferentes tipos de yemas se muestran en la figura 3.

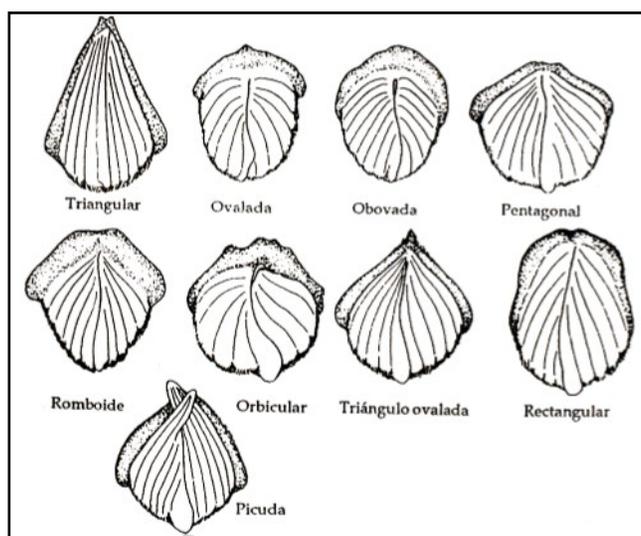


Figura 4. Forma de yemas.

Fuente. (Salazar, 2015, Pág. 11).

Condiciones del suelo

La caña de azúcar no exige ningún tipo específico de suelo y puede ser cultivada exitosamente en diversos tipos de éste, desde los arenosos a los franco-arcillosos y arcillosos, además de un pH que oscile entre 5.5 y 7.8 para su óptimo desarrollo. En pH extremo, el fósforo reacciona con iones como el calcio, hierro y aluminio, provocando su precipitación o fijación, lo que disminuye su disponibilidad (Mora, 2011, Pág. 11).

Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son: suelo bien drenado, sin problemas de salinidad, profundo, franco, con una densidad aparente de 1.1 a 1.2 g/cm³, con un adecuado equilibrio entre los poros de distintos tamaños, con porosidad total superior a 50%; una capa freática bajo los 1.5 a 2 m desde la superficie y una capacidad de retención de la humedad disponible de 15% o superior (15 cm por metro de profundidad del suelo), características que deben permanecer al menos en los primeros 50 cm del suelo, donde se localiza la mayor cantidad de raíces. (SAGARPA, 2015, Pág. 4).

1.4. Demanda nutricional de la caña de azúcar

Los elementos esenciales son aquellos que tienen una función conocida dentro del metabolismo de la planta; en ausencia de éstos se presentan síntomas visuales por deficiencia, que pueden ser corregidos cuando son abastecidos en cantidades que requieren las plantas.

Tabla 2. Cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo de caña de azúcar en un año.

Extracción de nutrientes del suelo por el cultivo de caña de azúcar	
Nutrientes	Cantidad extraída (Kg/ha/año)
Nitrógeno	130 – 200
Fosforo	80 – 100
Potasio	300 – 350
Silicio	200 – 300
Calcio	55 – 60
Magnesio	35 - 45
Azufre	20 - 30

Fuente. (Melgar, Meneses, Orozco, Perez, & Espinosa, 2014, Pág. 150).

2. Marco referencial

2.1. Localización de la investigación

La investigación inferencial se llevó a cabo en Finca Las Palmas, ubicada en la costa sur del país, en el Municipio de San Antonio del Departamento de Suchitepéquez. Situándose a orillas de la carretera Internacional CA-2, en el kilómetro 144 de la ruta al Pacífico. La entrada se sitúa a un costado del Puesto de Cuarentena MOSCAMED; la unidad de práctica no cuenta con rótulo de identificación en el exterior. Se encuentra geográficamente en las siguientes coordenadas: latitud Norte 14°31'02" y longitud Oeste 91°24'53", respecto al meridiano de Greenwich.

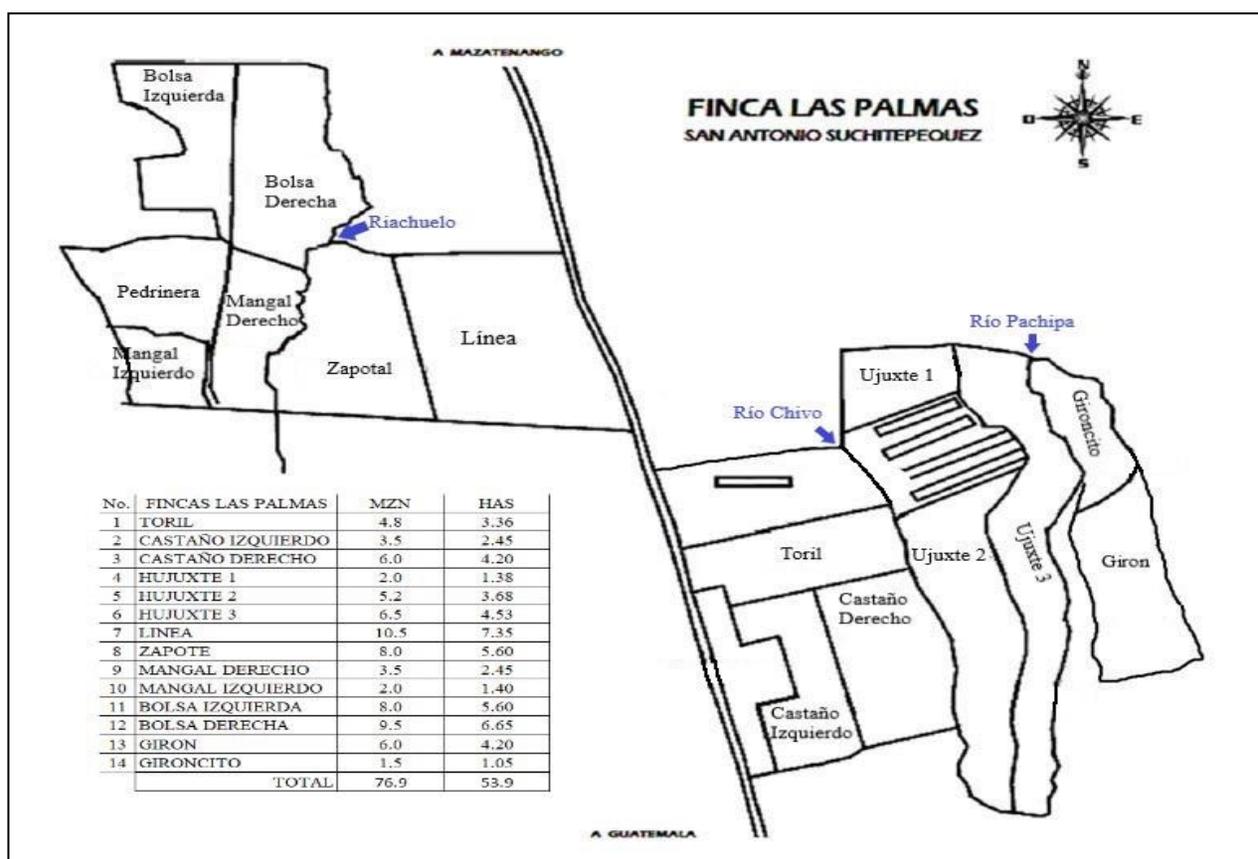


Figura 5. Croquis de finca Las Palmas, distribución de lotes y fuentes hídricas.

Fuente. Alvarez Soto (2019).

2.2. Zona de vida

Según Holdridge (1996), la unidad de práctica Las Palmas, se encuentra en una zona de vida del bosque húmedo subtropical cálido, según las condiciones climáticas que presenta el área; y como en toda la República de Guatemala, se caracteriza por tener dos épocas bien definidas, las cuales son: época seca y época lluviosa, manifestándose la primera en el mes de noviembre hasta finales de mayo y la segunda del mes de junio a finales de octubre. La finca se encuentra ubicada a 281 metros sobre el nivel del mar.

2.3. Suelo

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), los suelos pertenecen a la serie Mazatenango los cuales se encuentran desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro con una textura franco-arcilloso-arenoso, con profundidad que van de 0 a 0.35 m. El administrador y caporal de la unidad de práctica "Las Palmas" describen el suelo como suelo negro con mucha materia orgánica, mediante el análisis de suelo se determinó que en la unidad se cuenta con suelos franco.

Mediante el análisis de suelo realizado en la unidad de práctica se determinó que los suelos cuentan con 5.66%, de materia orgánica (< 2% bajos >5% valor deseable) en los suelos, en lo que se refiere a macro nutrientes encontramos que para el fósforo (P) se tiene un 2.16 partes por millón estando debajo del rango medio que es de 12 a 16 ppm, el potasio cuenta con 0.76 Meq/100 gr estando dentro del rango medio.



Figura 6. Resultado de análisis de suelo en finca Las Palmas.
Fuente. Facultad de agronomía 2019.

2.4. Hidrología

La unidad agrícola se localiza en la cuenca hídrica Nahualate, y cuenta con la presencia de dos fuentes de agua provenientes de los ríos Chivo y Pachipa.

2.5. Descripción de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se han utilizado desde hace mucho tiempo con la intención de aumentar la fertilidad de los suelos, además de mejorar sus características en beneficio del adecuado desarrollo de los cultivos.

Gran número de investigaciones comprueban que la materia orgánica es un componente del suelo de gran importancia para el buen desarrollo de los cultivos. Desafortunadamente bajo ciertos esquemas de manejo, los suelos agrícolas suelen perder gradualmente su contenido de materia orgánica, lo cual se manifiesta con una disminución gradual del rendimiento con el paso de los ciclos de cultivo. Los estiércoles claramente son extraordinarias opciones de abonos orgánicos por los aportes importantes de nutrientes; sin embargo, es necesario seguir un procedimiento apropiado en su almacenamiento para evitar la pérdida de nutrientes principalmente de nitrógeno (lixiviación o volatilización). (Los abonos orgánicos, 2017).

Gallinaza

La industria avícola, debido a su producción intensiva tiene el potencial de proveer además de huevo y carne, materiales de desecho orgánico y de calidad como la gallinaza. Este material tiene grandes ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más importantes están: el aporte de nutrientes como N, P y K, e incremento de la materia orgánica del suelo. La gallinaza es un excelente fertilizante si se utiliza de manera correcta. Es un material con buen aporte de nitrógeno, además de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes. Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo. Como ya se ha indicado, la calidad de la gallinaza y su potencial en el aporte de nutrientes depende de varios factores. (La gallinaza como fertilizante, 2017).

Cerdaza

La cerdaza generada por los sistemas intensivos de producción, lo constituyen una mezcla de heces, orina, alimento parcialmente descompuesto, desperdicios de alimento, agua, secreciones, microbios intestinales y metabolitos finales de la digestión, ricos en proteína cruda (15 al 30%), especialmente en nitrógeno no proteico en forma de urea. (Muñoz Cruz, 2017)

Un cerdo hembra en lactación produce 6.4 kg de estiércol al día y de estiércol más orina produce 18 kg. Los cerdos no utilizan el 100% de los nutrientes consumidos, en

proporción se excreta 45 a 60% de Nitrógeno, 50 a 80% de Calcio y Fosforo y 70 a 95% de Potasio, Sodio, Magnesio, Cobre, Zinc, Manganeso y Hierro. Los cuales sin ningún tipo de tratamiento son un problema ambiental por su alto potencial de contaminación. (Muñoz Cruz, 2017).

Las excretas de los cerdos contienen la mayoría de los nutrientes que necesita la planta para su crecimiento y desarrollo, puede emplearse como un insumo que sustituye a fertilizantes convencionales de alto costo. Se estima que las excretas diarias son de 65 kg por cada 100 kg de peso vivo. Los cerdos en crecimiento solo usan el 30 y 35% de nitrógeno y fosforo ingerido. (Muñoz Cruz, 2017).

Composición química de la cerdaza

El contenido nutricional de la cerdaza es determinado principalmente por dos factores, que son: las raciones de los cerdos y el sistema de almacenamiento, así mismo todas las prácticas de manejo de limpieza, como la cantidad de agua o desperdicio de la misma. La composición de la cerdaza en materia seca, se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 3. Composición porcentual de la cerdaza (base seca).

NUTRIENTE	MEDIA %
Humedad	22.93
Materia seca	77.05
Cenizas	10.40
Extracto etéreo	3.47
Fibra cruda	11.70
Extracto libre de nitrógeno	31.48

Fuente: (Muñoz Cruz, 2017, pág. 13).

Procesamiento de la cerdaza

Deshidratado: Se obtiene producto seco, hay poca posibilidad de contaminación por aire y el manejo es mínimo. Las desventajas son: perdida de nutrientes en el subproducto, se

necesita pulverizarlo para deshacer los terrones, contaminación por patógenos y se debe realizar en zonas áridas o semiáridas. (Muñoz Cruz, 2017, pág. 14).

Biodigestor: Se da por fermentación anaeróbica a partir de materiales orgánicos y el producto final es una mezcla de metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno y vapor de agua. También se produce un residuo llamado bioabono, el cual es rico en nitrógeno.

2.6. Investigaciones sobre fertilización con abonos orgánicos

La investigación realizada por Matute (2012) sobre la aplicación de la combinación vinaza y nitrógeno en semilleros vegetativos de caña de azúcar (*Saccharum spp*), como fertilizante foliar, diagnóstico del Departamento de Investigación Agrícola, determinación de la germinación de 18 variedades de caña de azúcar y efecto de la vinaza en la reducción de la fertilización nitrogenada, Corporación Pantaleón/Concepción S.A., Siquinalá, Escuintla.

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la combinación de vinaza y nitrógeno como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa (esquejes) de caña de azúcar (*Saccharum spp*). (Matute, 2012, pág. 28)

Como resultados se obtuvo que el aprovechamiento de la vinaza pura considerado como desecho en combinación con el nitrógeno, mostró beneficios agronómicos y económicos aplicado como fertilizante foliar en la producción de semilla vegetativa de caña de azúcar. (Matute, 2012, pág. 28)

En otra investigación, realizada por Estrada (2017), sobre la Evaluación del efecto de dos dosis de tres fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento de follaje de moringa (*Moringa oleifera*), Río Hondo, Zacapa, Guatemala. El objetivo general fue Evaluar el efecto de dos dosis de tres fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento de follaje de Moringa (*Moringa oleifera*) bajo las condiciones de la Aldea el Rosario, Municipio de Río Hondo, Departamento Zacapa.

Los resultados obtenidos en esta investigación fue que, el abono orgánico tipo estiércol que produce mejores efectos sobre el rendimiento de follaje húmedo y follaje seco en el

cultivo lo produce la gallinaza produciendo aproximadamente 192.102 kg/ha de materia seca, pero a pesar de eso no es significativa con los otros tratamientos por lo que se descarta que sea el mejor tratamiento ya que todos producen un efecto similar comparado con el testigo absoluto. (Estrada, 2017, pág. 12).

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar el efecto del uso de fertilizantes químicos y orgánicos en semillero de caña de azúcar, variedad CG9878.

2. Objetivos Específicos

- 2.1. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en las variables morfológicas (longitud y diámetro) del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.
- 2.2. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de número de paquetes de semilla/ha del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.
- 2.3. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el número de yemas viables y porcentaje de germinación del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.
- 2.4. Realizar un análisis financiero de la aplicación de abonos orgánicos y químicos en semillero de *S. officinarum*.

IV. HIPOTESIS

H₀: Los tipos de fertilizante químico y orgánico a evaluar, presentarán un mismo efecto sobre la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha, longitud y diámetro del tallo de caña de azúcar, el número de yemas viables/ha y porcentaje de germinación.

H_A: Al menos uno de los tipos de fertilizante químico y orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha, longitud y diámetro del tallo de caña de azúcar, el número de yemas viables/ha y porcentaje de germinación.

V. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del experimento

La investigación se llevó a cabo en Finca Las Palmas, ubicada en la costa sur del país, en el Municipio de San Antonio del Departamento de Suchitepéquez. Situándose a orillas de la carretera Internacional CA-2, en el kilómetro 144 de la ruta al Pacífico. La entrada se sitúa a un costado del Puesto de Cuarentena MOSCAMED. Se encuentra geográficamente en las siguientes coordenadas: latitud Norte 14°31'02" y longitud Oeste 91°24'53", respecto al meridiano de Greenwich.

Específicamente, se llevó a cabo en el lote Castaño Izquierdo (2.45 ha) en donde se realizó el semillero (área bordeada de verde), esto con el fin de dar inicio a la renovación de las variedades existentes. El área usada para el experimento fue de 1,987 metros² (área bordeada de negro).



Figura 7. Ubicación geográfica de la investigación en finca Las Palmas.

Fuente. Autor, 2021.

1.1. Material experimental

En esta investigación se hizo uso de esquejes en paquetes de semilla de la variedad CG9878; como fertilizante químico se aplicó una dosis recomendada por el personal encargado de la fertilización del Ingenio Tululá y la que requiere el suelo del área experimental, como fertilizantes orgánicos se aplicó gallinaza y cerdaza, contando también con un testigo absoluto.

1.2. Análisis estadístico

Se efectuó el análisis de variancia (ANDEVA), realizado con el programa InfoStat/L de acuerdo al diseño experimental planteado; pruebas de significancia de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos en estudio.

1.2.1. Diseño experimental

Se seleccionó un diseño de bloques completamente al azar, debido a que el experimento se manejó con una gradiente de variación (pendiente).

Se evaluaron tipos de fertilizantes (químico y orgánico) en semillero en el cultivo de caña de azúcar el cual se dividió en cinco tratamientos.

1.2.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varrho_{ij}$$

i = Tratamientos

j = Repeticiones

μ = Mediageneral.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ϱ_{ij} = Error experimental en la unidad j del tratamiento i .

1.3. Tratamientos

Se evaluaron dos fertilizantes químicos, dos fertilizantes orgánicos y un testigo los cuales se describen a continuación.

Tabla 4. Cuadro relativo de tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Dosis recomendada: 83 kg P ₂ O ₅ /Ha al momento de la siembra y 83 kg N/Ha 65 días después de siembra. Con 18-46-0 y 46-0-0 (N-P)
T3	159.44 Kg P ₂ O ₅ /Ha al momento de la siembra y 324.04 kg N/Ha 65 días después de siembra. Con 10-50-0 y 46-0-0(N-P)
T4	Gallinaza 10 quintales por aplicación
T5	Cerdaza 1 libra por planta

Fuente: Campos Solano (2009), Barrera (2019), González Díaz (2019), Balvino (2019).

1.4. Grados de libertad

$$G. L. = (T - 1) * (R - 1)$$

$$G. L. = (5 - 1) * (5 - 1) = 16$$

Aplicando la siguiente fórmula nos tiene que dar un número igual o mayor a 12 para que pueda ser aplicado el diseño experimental bloques completamente al azar.

1.5. Unidad experimental

Se contaron con 25 unidades experimentales con 150 esquejes o cinco paquetes de 30 esquejes de caña de azúcar por cada unidad experimental (720 yemas viables). Estas estaban conformadas por cinco surcos de nueve metros de largo (45 metros lineales), distanciados a 1.50 metros (distancia del surqueado) entre surco y entre unidad experimental. Para evitar alteración de datos, se trabajó con parcela bruta de 45 metros lineales (5 surcos) y parcela neta de 27 metros lineales (3 surcos). La asignación de cada tratamiento de fertilizante se realizó a través del método de los papelitos.

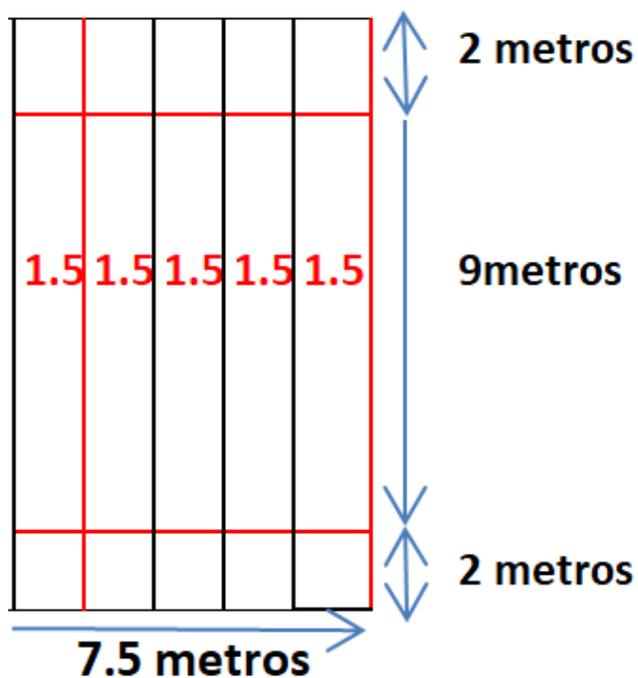


Figura8. Diagrama de cómo está conformada cada una de las unidades experimentales.

Fuente: Autor (2019).

1.6. Aleatorización

Para la aleatorización se cortaron 25 papelitos, en los que se anotaron las unidades experimentales, luego se formaron cinco columnas y se fueron seleccionando los papelitos, colocando la unidad experimental seleccionada.

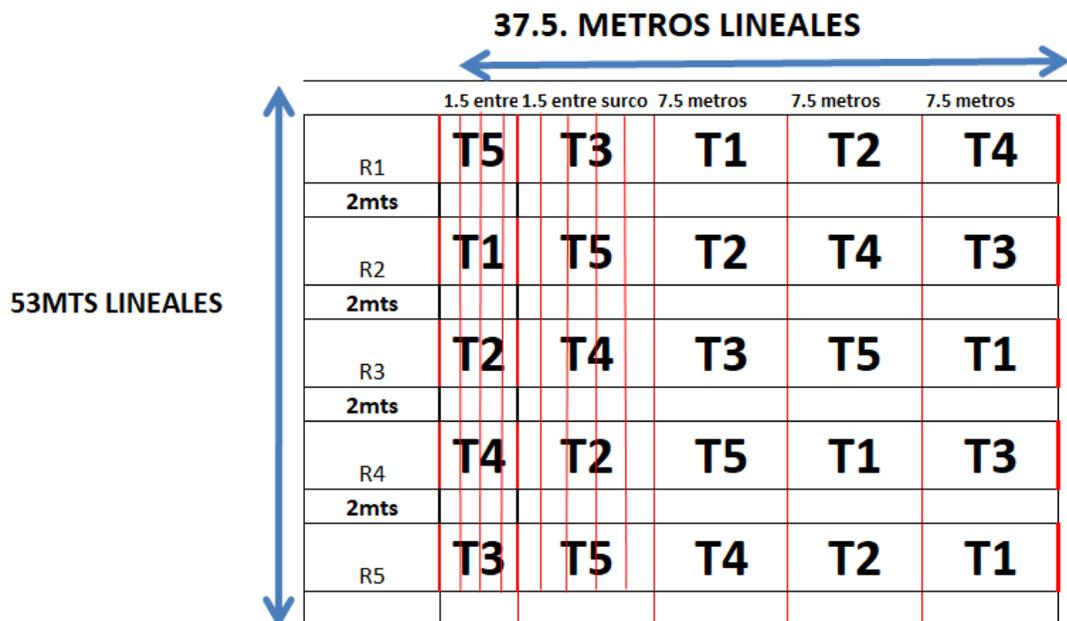


Figura 9. Croquis de campo del diseño de bloques al azar.

Fuente. Autor, 2021.

La dimensión de cada unidad experimental fue de 67.5 m² conformadas por cinco surcos de caña de azúcar de nueve metros de largo, distanciados a 1.50 metros cada uno, la distancia entre bloques es de 2 metros, obteniendo una dimensión del área experimental de 53 x 37.5 metros dándonos un área total de 1,987 metros².

1.7. Variables de respuesta

1.7.1. Número de paquetes por hectárea

Esta variable se midió a la hora del corte de la semilla y se armaron los paquetes que están conformados por 30 esquejes de 60 centímetros cada uno. Para obtener los datos presentados en el cuadro cinco, al momento del corte de la semilla se cortaron solamente los tallos obtenidos en la parcela neta (27 metros lineales) y armando los paquetes obtenidos de las mismas. Los datos obtenidos al momento de ser analizados estadísticamente se transformaron mediante la siguiente fórmula \sqrt{x} siendo x el dato obtenido.

1.7.2. Variable morfológica longitud de tallo

La variable longitud de tallo se midió (cm), se procedió a tomar cinco tallos al azar por cada surco de la parcela neta (tres) y con la ayuda de un metro se tomó la longitud del tallo hasta el quiebre natural. Se llevaron a cabo tres mediciones una al momento de la emergencia (10 dds), al momento de amacollamiento o ahijamiento (30dds) y al momento del corte (245dds).

1.7.3. Variable morfológica diámetro de tallo

Para obtener los datos de diámetro del tallo de caña de azúcar del cuadro 11, se procedió a tomar cinco tallos al azar por cada surco de la parcela neta (tres) y con la ayuda de un vernier se procedió a tomar el diámetro a la mitad del tallo de caña de azúcar.

1.7.4. Número de yemas viables

Para lograr medir la variable de respuesta del número de yemas viables, se contabilizaron al momento del corte de la caña de azúcar la cantidad de esquejes por tallo, la cantidad de yemas viables la obtuvimos observando los esquejes y contabilizando el número de yemas así logrando obtener el número de yemas viables por paquete.

1.7.5. Porcentaje de germinación

La variable porcentaje de germinación se logró obtener con la ayuda de una agenda y un lapicero, contabilizando el total de tallos de caña de azúcar germinada. Los datos obtenidos al momento de ser analizados estadísticamente se transformaron mediante la siguiente fórmula $\sin^{-1}\sqrt{x}$ siendo x el dato obtenido. Se tomaron datos a los 10 días después de la siembra y a los 30 dds.

1.8. Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5% con la información obtenida, también se llevó a cabo una prueba múltiple de medias Tukey para conocer los mejores tratamientos.

1.9. Manejo del experimento

1.9.1. Preparación del terreno

Arado: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de un tractor Ford 5000 y un arado de cuatro discos, logrando profundizar 25 cm. Esto con el fin de romper las capas del suelo y lograr eliminar las cepas de caña de azúcar de la variedad establecida antes.

Rastra Pulidora: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de un tractor Ford 5000 y una rastra pulidora de 16 discos, logrando profundizar 20 cm. Esto con el fin de romper y/o eliminar los terrones que quedaron al momento del arado.

Trazo de rumbo de surco: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de tres personas, las cuales elaboraron estacas de bambú para luego proceder a estaquillar el terreno y así lograr trazar el rumbo de los surcos.

Surqueo: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de un tractor Ford 5000 y con un surqueador de una punta, logrando profundizar 16 cm, con un ancho de faja de 1.5 metros.

1.9.2. Trazo de terreno, corte y siembra de semilla

Estaquillado de siembra: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de tres personas, con estacas elaboradas de bambú se estaquillaron las unidades experimentales a nueve metros de largo y con esto lograr conocer la cantidad de paquetes de semilla por surco.

Corte de semilla: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de dos personas equipadas de machete, en un día lograron cortar la cantidad 150 paquetes de semilla a utilizar en el área total del experimento.

Siembra: Para llevar a cabo esta actividad se contó con la ayuda de dos personas, lográndola siembra del área total del experimento, haciendo uso de un sistema de siembra de cadena doble con traslape de dos centímetros, un paquete de semilla abarcaba los nueve metros del surco. La siembra se llevó a cabo en el mes de agosto del año 2019.

1.9.3. Fertilización y riego

Fertilizantes químicos

Dosis recomendada (tratamiento 2): Esta dosis fue consultada con el personal encargado de la fertilización en un ingenio ubicado en la región, la cual aplican al momento de renovar la caña de azúcar en sus respectivos lotes, siendo estado 83 kg de P_2O_5 /ha al momento de la siembra y 83 kg de N/ha, 65 días después de siembra, haciendo uso de la fórmula 18-46-0.

En las unidades experimentales del tratamiento dos se aplicaron seis libras del fertilizante 18-46-0, siendo esto lo requerido aplicar en el área (225 metros lineales) abarcada por este tratamiento. Este se aplicó manualmente con la ayuda de dos personas, al momento de la siembra incorporándolo al suelo, la segunda aplicación se realizó 65 días después de la siembra, aplicando seis libras de urea 46-0-0 (Urea) aplicado de una forma superficial ya que no se contó con el equipo para incorporarlo.

Dosis requerida (tratamiento tres): Para conocer la cantidad de nutrientes que requiere el suelo en el área experimental, se realizó un análisis de suelo (figura 6) los resultados obtenidos se interpretaron dándonos a conocer que el fósforo era el nutriente que requería el suelo, requiriendo 159.44 Kg de P_2O_5 /ha y 324.03 Kg de N/ha, haciendo uso de estas formulaciones químicas 10-50-0 y 46-0-0(N-P-K).

Al momento de la siembra se aplicaron 13 lb de 10-50-0 (N-P-K), siendo esto lo requerido a aplicar en las unidades experimentales de este tratamiento (225 metros lineales) esto se aplicó con la ayuda de dos personas incorporándolo al suelo al momento de la siembra, la segunda aplicación se realizó 65 días después de la siembra aplicando 30 libras de urea 46-0-0 (N-P-K) aplicado de una forma superficial ya que no se contó con el equipo para incorporarlo.

Fertilizantes orgánicos

Cerdaza: Se recolecto y envió una muestra de un kilogramo al laboratorio para analizar el material orgánico, con los resultados obtenidos (figura 13 anexos) se procedió a llevar a cabo el plan de fertilización (figura 14 anexos). Se hicieron dos aplicaciones de cerdaza, la primera se incorporó al suelo un día antes de la siembra, se aplicó una libra de cerdaza por planta, requiriendo 40 quintales para las cinco unidades experimentales y la segunda (40 quintales) a los 65 días aplicándose de una manera superficial ya que no se contó con el equipo para incorporarlo al suelo.

A los volúmenes de cerdaza se les dio un proceso de aireación bajo techo y movimiento con la ayuda de palas, esto con el fin de lograr acelerar el proceso de fermentación. La temperatura es un factor que determina si se logró fermentar la cerdaza, por eso se tomó la temperatura durante 15 días hasta lograr que la temperatura se estabilizara. Se dejaba cubierto con nylon para evitar la volatización de nutrientes esenciales para el cultivo.

Gallinaza: Esta se adquirió en una granja avícola, en donde le dan un proceso a la gallinaza para que no lleve otro tipo de materia orgánica (aserrín, viruta). La cantidad aplicada en las unidades experimentales fue de 10 sacos por aplicación (Campos Solano, 2009) que es lo recomendado en la revisión bibliográfica. Se realizaron dos aplicaciones,

la primera se incorporó al suelo al momento de la siembra y la segunda se realizó 65 días después de la siembra, aplicando la misma cantidad de sacos sobre la cama del cultivo.

Riego: No se realizó ninguna aplicación de riego

1.9.4. Control de malezas, plagas, enfermedades y corte de semilla

Control de maleza: Para controlar las malezas se llevaron a cabo distintas actividades, siendo la primera la eliminación de cepas voluntarias para evitar una mezcla de variedades en el semillero se contó con la ayuda de dos personas, posteriormente a los 45 días después de la siembra se realizó la primera limpia manual esto para controlar caminadora, escobillo y hoja ancha, a los 60 días después de siembra se aplicó herbicida de contacto (Paraquat a 2.25 lt/Mz y 2-4D 1.25 lt/Mz, 0.20cc de corrector de pH y 0.20cc de adherente/Mz), 90 días después de la siembra se llevó a cabo arranque manual esporádico de caminadora al surco, a los 150 días se aplicó herbicida para control de hoja ancha (2-4D 1.50 Lt/Mz y 0.20 cc adherente/Mz).

Control de plagas: Con la ayuda de una persona y trampas, se llevó a cabo la captura de taltuzas *Orthogeomys hispidus*, y se realizaron tres monitoreos de chinche salivosa y plagas que afectan el follaje, con la ayuda de trampas cromáticas. No se realizó ninguna aplicación de agroquímico para atacar las plagas ya que no fue necesario la misma. Al momento de la siembra se aplicó un insecticida sistémico Jade 0.8 GR aplicando un quintal por manzana para prevenir problemas con plagas del suelo.

Control de enfermedades: Se realizaron tres muestreos en las unidades experimentales para conocer la incidencia y severidad de enfermedades dentro del semillero. Estando estas en un rango bajo, por lo cual no se aplicó ningún tipo de control para prevenir y eliminar.

Corte de semilla y empaquetado: Esta actividad fue la última que se realizó durante la investigación donde se pudo tomar datos. Se contó con la ayuda de dos personas las cuales cortaron la semilla de las unidades experimentales con la ayuda de machete.

Para el empaquetado se hicieron paquetes con 30 esquejes y se amarraron con la punta de la misma caña de azúcar para formar los paquetes.

1.10. Tiempo y análisis del experimento

Al momento de la siembra se incorporó el fertilizante químico y orgánico en cada una de las parcelas experimentales, a los 65 días después de la siembra se realizó la segunda aplicación de fertilizante superficial al cultivo de caña de azúcar. La duración del experimento desde el momento de la siembra en el mes de agosto de 2019 hasta el corte de la semilla mayo de 2020, fue de 245 días. Esto con el objetivo de obtener los datos necesarios, para su posterior análisis de varianza (ANDEVA). Finalmente se hará una comparación de los efectos de los distintos tipos de fertilizantes, para luego recomendar el fertilizante que obtuvo el mejor resultado.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en las variables morfológicas del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.

1.1. Altura de tallo de caña de azúcar

Los resultados obtenidos del tamaño del tallo de caña de azúcar en centímetros al momento del corte se pueden observar en la tabla cinco.

Tabla 5. Alturas (cm) de los tallos de caña de azúcar al momento del corte.

	Tratamiento	Repeticiones					Promedio
		R1	R2	R3	R4	R5	
Testigo	T1	207.4	216.17	224.2	215.43	228.3	218.30
Recomendada	T2	238.30	247.43	241.93	245.13	246.03	243.77
Requerida	T3	251.47	251.93	259.67	252.33	240.77	251.23
Gallinaza	T4	236	230.53	227	239.97	246.27	235.95
Cerdaza	T5	228.03	239.4	244.4	253.73	243.8	241.87

Fuente. Autor, 2021.

Se observa que el tratamiento tres (fertilización química requerida) obtuvo los mayores tamaños, promediando una altura de 251.234 cm, la diferencia con el tratamiento dos (fertilización química recomendada) es de 7.46 cm siendo esta una diferencia no significativa. El tratamiento cinco (fertilización orgánica cerdaza) obtuvo mayor tamaño de tallo en tres unidades experimentales comparándolo con el tratamiento cuatro (fertilización orgánica gallinaza), obteniendo así mayor promedio de tamaño de tallo el tratamiento cinco 241,87 cm. Y el tratamiento uno (testigo) obtuvo el menor tamaño de tallo de los cinco tratamientos evaluados en el experimento teniendo un promedio de altura de 218.3 centímetros. Para poder obtener la curva de crecimiento de la caña de azúcar evaluada en el experimento, se llevaron a cabo tres mediciones, una al momento de la emergencia (10 dds), al momento de amacollamiento o ahijamiento (30 dds) y al momento del corte (245 dds). La cual se encuentra en anexos.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable de respuesta tamaño de tallo de caña de azúcar.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	3357.08	8	419.63	8.36	0.0002	
Tratamiento	3076.89	4	769.22	15.33	< 0.0001	
Repetición	280.19	4	70.05	1.4	0.2799	
Error	802.85	16	50.18			
Total	4159.92	24				

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla anterior se observan los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable de respuesta tamaño de tallo de caña de azúcar, estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 % y de significancia de cinco por ciento, no existe diferencia significativa para repetición, teniendo diferencia significativa en los tratamientos, realizando prueba de Tukey con el 95 por ciento de confianza a los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 2,97 lo cual nos dice que el error estuvo adecuadamente controlado.

Tabla 7. Prueba de medias de la variable de respuesta tamaño de tallo.

PRUEBA DE TUKEY					
Tratamientos	Medias	N	E.E		
T3	251.23	5	3.17	A	
T2	243.76	5	3.17	A B	
T5	241.87	5	3.17	A B	
T4	235.95	5	3.17	B	
T1	218.30	5	3.17	C	

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 7 se describe la prueba de medias Tukey realizadas con un nivel de significancia del cinco por ciento a la variable de respuesta tamaño de tallos de caña de

azúcar. Dando como resultado que el tratamiento tres (fertilización química requerida) presentó la media más alta de 251,23 centímetros, estadísticamente los tratamientos dos y cinco son iguales. El tratamiento cuatro (gallinaza) obtuvo una mejor media (235,95) en centímetros que el tratamiento uno (testigo) que fue el que menor tamaño de tallo dio en la evaluación de estos tratamientos en el cultivo de caña de azúcar.

Con estos resultados se acepta la hipótesis alternativa en la cual planteamos que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta tamaño de tallo de la caña de azúcar, ya que si hubo efecto distinto en cada tratamiento evaluado.

1.2. Diámetro de tallo de caña de azúcar

Los resultados obtenidos del diámetro del tallo de caña de azúcar en centímetros al momento del corte se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. Diámetros (cm) obtenidos de los tallos de caña de azúcar al momento del corte.

		Repeticiones					
	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	Promedio
Testigo	T1	2.49	2.54	2.44	2.66	2.47	2.52
Recomendada	T2	2.81	2.82	2.86	2.96	2.76	2.84
Requerida	T3	2.93	2.88	2.96	2.76	2.97	2.90
Gallinaza	T4	2.46	2.70	2.57	2.53	2.71	2.59
Cerdaza	T5	2.69	2.85	2.67	2.74	2.79	2.75

Fuente. Autor, 2021.

La tabla anterior indica que el tratamiento tres (fertilización química requerida) obtuvo los mayores diámetros, promediando un diámetro de 2,9 cm, la diferencia con el tratamiento dos (fertilización química recomendada) no es significativa ya que son 6 mm los que hacen la diferencia. El tratamiento cinco (fertilización orgánica cerdaza) obtuvo mayor diámetro de tallo en todas las unidades experimentales evaluadas comparándolo con el tratamiento cuatro (fertilización orgánica gallinaza). El tratamiento uno (testigo) obtuvo el menor diámetro de tallo de los cinco tratamientos evaluados en el experimento teniendo

un promedio de diámetro de 2,52 centímetros el cual no es tan significativo si lo comparamos con el tratamiento 4 (gallinaza) que obtuvo mayor diámetro en solo tres unidades experimentales.

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable de respuesta diámetro de tallo de caña de azúcar.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0.52	8	0.06	8.26	0.0002	
Tratamiento	0.5	4	0.12	15.9	< 0.0001	
Repetición	0.02	4	0.01	0.63	0.6505	
Error	0.13	16	0.01			
Total	0.64	24				

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla anterior se observa los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable de respuesta diámetro de tallo de caña de azúcar, estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 por ciento y de significancia de cinco por ciento no existe diferencia significativa para repetición, teniendo diferencia significativa en los tratamientos realizando prueba de Tukey con el 95% de confianza a los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 3,26 lo cual nos dice que el error estuvo adecuadamente controlado.

Tabla 10. Prueba de medias de la variable de respuesta tamaño de tallo de caña de azúcar.

PRUEBA DE TUKEY						
Tratamientos	Medias	N	E.E			
T3	2.89	5	0.04	A		
T2	2.84	5	0.04	A		
T5	2.75	5	0.04	A	B	
T4	2.59	5	0.04		B	C
T1	2.52	5	0.04			C

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 10 se describe la prueba de medias Tukey realizadas con un nivel de significancia del cinco por ciento a la variable de respuesta diámetro de tallos de caña de azúcar. Dando como resultado que el tratamiento tres (fertilización química requerida) presento la media más alta (2,89) en centímetros, pero estadísticamente el tratamiento dos (fertilización química recomendada) y el tratamiento cinco (cerdaza) son iguales. El tratamiento cinco (fertilización orgánica cerdaza) presentó una media de 2,75 cm siendo el mejor tratamiento de fertilización orgánica evaluada en el experimento, el tratamiento cuatro (gallinaza) arrojó una media de 2,59 centímetros quedando muy por debajo del otro tratamiento de fertilización orgánica, el tratamiento uno (testigo) que fue el que menor diámetro de tallo dio en la evaluación de estos tratamientos en el cultivo de caña de azúcar.

La diferencia entre abonos orgánicos se debe a la cantidad de nutrientes que aporta cada uno de estos abonos respectivamente, siendo la cerdaza la que aporta mayores nutrientes. Esto es debido a que los cerdos no retienen en sus organismos la mayor parte de los nutrientes, por lo cual los desechos de estos son ricos en proteínas y nutrientes. Por lo cual este fertilizante orgánico aplicado en buena cantidad al cultivo, compite en los rendimientos con el tratamiento químico sugerido que son dosis relativamente bajas de fertilizante.

Con estos resultados aceptamos la hipótesis alternativa en la cual planteamos que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta diámetro de tallo de la caña de azúcar, ya que si hubo efecto distinto en cada tratamiento evaluado.

2. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de número de paquetes de semilla/ha del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.

2.1. Número de paquetes por hectárea

Los resultados obtenidos en el rendimiento de número de paquetes de semilla/ha de caña de azúcar, al momento del corte se pueden observar en la tabla 11.

Tabla 11. Datos transformados de número de paquetes de semilla/ha.

NUMERO DE PAQUETES POR HECTAREA 6666 ML							
	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO
Testigo	T1	88.53	91.82	91.14	89.23	94.79	91.10
Recomendada	T2	101.34	109.65	108.86	108.12	108.57	107.31
Requerida	T3	113.08	116.37	112.43	113.41	115.03	114.06
Gallinaza	T4	101.95	96.73	94.79	98.31	99.74	98.30
Cerdaza	T5	103.15	95.83	95.18	103.51	101.58	99.85

Fuente. Autor, 2021.

En el cuadro cinco se puede observar que el tratamiento tres y repetición dos (fertilización química requerida) obtuvo una cantidad de 116.37 paquetes/ha siendo este tratamiento el que mayor cantidad de paquetes de semilla/ha obtuvo a diferencia de otros tratamientos y repeticiones. También se puede observar que la diferencia entre los fertilizantes orgánicos (gallinaza y cerdaza) fue de 1.55 paquetes en promedio.

La cantidad de paquetes de semilla no convertidos obtenidos en cada unidad experimental se puede observar en la tabla 26 en anexos. La cantidad de paquetes por hectárea se obtuvo al realizar una regla de tres multiplicando los 6,666 metros lineales que tiene la hectárea por la cantidad de paquetes que se obtuvieron en la parcela neta, el resultado de esto se dividió en 27 metros lineales que conformaron la parcela neta.

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
Modelo	1,585.57	8	198.20	22.08	<0.0001	
Tratamiento	1,553.43	4	388.36	43.27	< 0,0001	
Repetición	32.14	4	8.03	0.90	0.4895	
Error	143.61	16	8.98			
Total	1,729.17	24				

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla anterior se observa los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable de respuesta número de paquetes por hectárea, estadísticamente con un nivel de significancia de cinco por ciento no existió diferencia significativa para repetición, teniendo diferencia significativa en los tratamientos, realizando la prueba de Tukey con el 95 por ciento de confianza a los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 2.93% lo cual indicó que el error estuvo adecuadamente controlado.

Tabla 13. Prueba de medias de la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha.

PRUEBA DE TUKEY					
Tratamientos	Medias	N	E.E		
T3	114.06	5	1.34	A	
T2	107.31	5	1.34	B	
T5	99.85	5	1.34	C	
T4	98.30	5	1.34	C	
T1	91.10	5	1.34	D	

Fuente. Autor, 2020.

En la tabla 13 se describe la prueba de medias realizadas con un nivel de significancia del cinco por ciento a la variable de respuesta número de paquetes por hectárea. Dando como resultado que el tratamiento tres (fertilización química requerida) obtuvo mayor

cantidad de paquetes 114.06 por hectárea, siendo este el mejor tratamiento para la variable número de paquetes por hectárea.

Estadísticamente los tratamientos cuatro (gallinaza) y cinco (cerdaza) son iguales por lo cual no existió diferencias significativas, el tratamiento uno (testigo) es el que menor cantidad de paquetes de semilla obtuvo dando una media de 91.10 paquetes por hectárea. Con estos resultados aceptamos la hipótesis alternativa en la cual planteamos que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta número de paquetes de semilla/ha, ya que si hubo efecto distinto en cada tratamiento evaluado.

Vale la pena resaltar que los abonos orgánicos necesitan ser transformados por otros organismos del suelo (bacterias, hongos) para que puedan estar disponibles para las plantas y esto conlleva que la planta no tome instantáneamente los nutrientes que se le proporcionan. Por ende, este método es un proceso de liberación de nutrientes lento. En cambio la fertilización química es todo lo contrario al método orgánico. Ya que todos los minerales que se encuentran en los abonos químicos pueden ser tomados por la planta instantáneamente no es necesaria ninguna transformación en el suelo. Además este tipo de fertilizante son fácilmente solubles haciendo que la planta tenga la oportunidad de elegir uno o más elementos que sean necesarios en el momento de la aplicación.

3. Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el número de yemas viables y porcentaje de germinación del cultivo *S. officinarum*, en comparación con los fertilizantes químicos.

3.1. Variable de respuesta número de yemas viables

En la tabla 14 se puede observar la diferencia de yemas viables por cada tratamiento, pudiendo decir que el tratamiento tres (dosis química requerida) es el mejor tratamiento evaluado ya que tiene el mayor número de yemas viables, esto tiene mucho que ver en la altura de los tallos de caña de azúcar que había en cada parcela. El tratamiento cinco (cerdaza) fue el mejor tratamiento de fertilizante orgánico presentando un mayor número de yemas viables en cuatro de las cinco unidades experimentales comparándolo con el

otro fertilizante orgánico (gallinaza). El tratamiento uno (testigo) presentó el menor número de yemas viables esto debido a que en estas parcelas se presentó el mayor daño por acame de la caña de azúcar.

Tabla 14. Numero de yemas viables en las parcelas evaluadas al momento del corte y armado de paquetes de semilla.

	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO
Testigo	T1	3,175	3,585	3,701	3,225	3,640	3,465.2
Recomendada	T2	4,784	5,541	5,836	5,445	5,443	5,409.8
Requerida	T3	6,060	6,527	6,195	6,408	6,700	6,378
Gallinaza	T4	4,631	3,979	3,858	4,306	4,352	4,225.2
Cerdaza	T5	4,784	4,166	3,926	4,904	3,625	4,281

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable de respuesta número de yemas viables de caña de azúcar.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	26248158.32	8	3281019.79	20.18	< 0.0001	
Tratamiento	26158950.96	4	6539737.74	40.23	< 0.0001	
Repetición	89207.36	4	22301.84	0.14	0.9661	
Error	2600893.04	16	162555.82			
Total	28849051.36	24				

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla anterior se observa los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable de respuesta número de yemas viables de caña de azúcar, estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 por ciento y de significancia de cinco por ciento no existe diferencia significativa para repetición, teniendo diferencia significativa en los tratamientos realizando prueba de Tukey con el 95 por ciento de confianza a los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 8,48 lo cual nos indico que el error estuvo adecuadamente controlado.

Tabla 16. Prueba de medias de la variable de respuesta número de yemas viables en tallos de caña de azúcar.

PRUEBA DE TUKEY				
Tratamientos	Medias	N	E.E	
T3	6378	5	180,31	A
T2	5409,8	5	180,31	B
T5	4281	5	180,31	C
T4	4225,2	5	180,31	C D
T1	3465,2	5	180,31	D

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 16 se describe la prueba de medias Tukey realizadas con un nivel de significancia del cinco por ciento a la variable de respuesta número de yemas viables de tallos de caña de azúcar. Dando como resultado que el tratamiento tres (fertilización química requerida) presentó la media más alta (6378) de yemas viables por paquete de semilla siendo el mejor tratamiento estadísticamente, el tratamiento dos (fertilización química recomendada) presentó una media de 5409 teniendo una diferencia significativa de yemas comparándolo con el tratamiento tres. El tratamientos cinco (fertilización orgánica cerdaza) presentó una media de 4281 yemas viables siendo el mejor tratamiento de fertilización orgánica evaluada en el experimento, el tratamiento cuatro (gallinaza) obtuvo una media de 4225 yemas viables teniendo 56 yemas viables por paquete menos que el otro tratamiento de fertilización orgánica, el tratamiento uno (testigo) que fue el que menor número de yemas viables obtuvo en la evaluación de estos tratamientos en el cultivo de caña de azúcar.

Con estos resultados aceptamos la hipótesis alternativa en la cual planteamos que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta diámetro de tallo de la caña de azúcar, ya que si hubo efecto distinto en cada tratamiento evaluado.

3.2. Variable respuesta porcentaje de germinación

La germinación tiene vital importancia en la producción de caña de azúcar, porque influye en la cantidad de tallos molederos y éstos a su vez, determinan el número de yemas viables. Para poder medir el porcentaje de germinación, se hicieron dos monitoreos; uno a los 10 días después de la siembra, momento en que aparece la plantilla, hecho acaecido a los 5 días después de la siembra y el otro monitoreo a los 30 días después de la siembra. En el primero de los mencionados se observó un bajo porcentaje de germinación, en tanto que en el segundo ya se obtuvo 16 yemas/mt, dando origen al amacollamiento o ahijamiento.

Tabla 17. Porcentajes de germinación de los tallos de caña de azúcar a los 30 días de germinado.

Tratamientos	Porcentaje de germinación					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1 testigo	54.8	55.58	55.87	55.29	55.87	55.48
T2 recomendada	66.44	67.73	67.73	67.55	68.11	67.51
T3 Requerida	70.5	70.74	69.9	71.16	70.23	70.50
T4 Gallinaza	58.49	58.79	57.6	57.6	58.49	58.19
T5 Cerdaza	60.15	60.15	59.84	60.77	60.61	60.30

Fuente. Autor, 2021.

Para evaluar el porcentaje de germinación se tomaron en cuenta los datos obtenidos multiplicados por cien dividido el número de brotes que se esperarían obtener con el sistema de siembra cadena doble con traslape (16 yemas/metro lineal) los datos obtenidos en campo fueron transformados para llevar a cabo el análisis de varianza y la prueba de media de Tukey. Para transformar los datos se aplicó la siguiente fórmula $\sin^{-1}\sqrt{x}$, siendo x, el número de plantas germinadas. Según los datos obtenidos a los 30 días después de la siembra, se observó que el tratamiento tres (fertilización química requerida) es el mejor tratamiento, ya que presenta un promedio de germinación de 70.50%, teniendo 2.99% más que el tratamiento dos (fertilización química recomendado) habiendo diferencia en todas las unidades experimentales de estos dos tratamientos. El tratamiento cinco (fertilizante orgánico cerdaza) presentó un promedio de 60.3% de germinación, presentando 2.11% más que el tratamiento cuatro (fertilizante

orgánico gallinaza) siendo la cerdaza el mejor fertilizante orgánico. El tratamiento uno (testigo) presentó 2.71% de germinación menos que la gallinaza siendo este tratamiento el más bajo. Esto se debe a las cantidades de fósforo que se aplicaron al momento de la siembra ya que este es un nutriente esencial en las plantas para poder germinar.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable de respuesta porcentaje de germinación de caña de azúcar.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	810.23	8	101.28	422.51	< 0,0001	
Tratamiento	808.91	4	202.23	843.65	< 0,0001	
Repetición	1.32	4	0.33	1.37	0.2873	
Error	3.84	16	0.24			
Total	814.06	24				

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla anterior se observa los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos para la variable de respuesta porcentaje de germinación de caña de azúcar, estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 por ciento y de significancia de cinco por ciento no existe diferencia significativa para repetición, teniendo diferencia significativa en los tratamientos, realizando prueba de Tukey con el 95 por ciento de confianza a los tratamientos. Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 0,78% lo cual nos dice que el error estuvo adecuadamente controlado.

Tabla 19. Prueba de medias de la variable de respuesta porcentaje de germinación de caña de azúcar.

PRUEBA DE TUKEY				
Tratamientos	Medias	N	E.E	
T3	70.50	5	0.22	A
T2	67.51	5	0.22	B
T5	60.30	5	0.22	C
T4	58.19	5	0.22	D
T1	55.48	5	0.22	E

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 19 se describe la prueba de medias Tukey realizadas con un nivel de significancia del cinco por ciento a la variable de respuesta porcentaje de germinación de caña de azúcar. Dando como resultado que el tratamiento tres (fertilización química requerida) presentó la media más alta (70.51%) de germinación siendo el mejor tratamiento estadísticamente, el tratamiento dos (fertilización química recomendada) presentó una media de 67.51% teniendo un 2.9% con el tratamiento tres. El tratamiento cinco (fertilización orgánica cerdaza) presentó una media de 60.30% siendo el mejor tratamiento de fertilización orgánica evaluada en el experimento, el tratamiento cuatro (gallinaza) obtuvo una media de 58.19%, 2.11% menos que el otro tratamiento de fertilización orgánica, el tratamiento uno (testigo) que fue el que menor porcentaje de germinación dio en la evaluación de estos tratamientos en el cultivo de caña de azúcar.

Con estos resultados aceptamos la hipótesis alternativa en la cual planteamos que al menos uno de los tipos de fertilizante químico y/o orgánico a evaluar, tendrá un efecto diferente sobre la variable de respuesta diámetro de tallo de la caña de azúcar, ya que si hubo efecto distinto en cada tratamiento evaluado.

4. Realizar un análisis financiero de la aplicación de abonos orgánicos y químicos en semillero de *S. officinarum*.

4.1. Beneficio / costo

En la tabla 26, describe el manejo del semillero de caña de azúcar aplicando fertilizante químico 18-46 y urea. Obteniendo un total de costo de producción de Q.9, 832.45 para una producción de 70,000 kg/ha, con un costo unitario por tonelada fue de Q. 150 el precio promedio de venta obtenido fue de Q. 195/Ton, teniendo una ganancia de Q. 45/Ton, una ganancia total por la producción de 70,000kilogramos/ha seria de Q. 3,817.55. La relación beneficio costo es de 1.39 lo que indico que los beneficios son mayores a los costos (< 1) y el tratamiento puede ser considerado a aplicar en campo definitivo.

Tabla 20. Relación de beneficio costo para el tratamiento 2 fertilización química usando 18-46 y urea/ ha

INDICADORES	Q
Costo Total de Producción	9.832,45
Volumen de Producción	70,00
Costo Unitario Promedio	150,00
Margen de Utilidad Unitaria	45,00
Precio Promedio de Venta	195,00
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	13.650,00
Utilidad Total de Producción	3.817,55
Índice de Rentabilidad (%)	39%
Relación Beneficio / Costo	1,39

Fuente. Autor, 2021.

El cuadro 27 en anexos, describe el manejo del semillero de caña de azúcar aplicando fertilizante químico 10-50 y urea. Obteniendo un total de costo de producción de Q.11,836.45 para una producción de 70,000 kg/ha, con un costo unitario por tonelada de Q. 150 el precio promedio de venta obtenido fue de Q. 195/Ton, teniendo una ganancia de Q. 45/Ton, una ganancia total por la producción de 70,000 kg/ ha seria de Q. 1,813.55.

La relación beneficio costo es de 1.15 lo que indica que los beneficios son mayores a los costos (<1) y el tratamiento puede ser considerado a aplicar en campo definitivo.

Tabla 21. Relación de beneficio costo para el tratamiento 2 fertilización química usando 10-50 y urea/ha

INDICADORES	Q
Costo Total de Producción	11.836,45
Volumen de Producción	70,00
Costo Unitario Promedio	150,00
Margen de Utilidad Unitaria	45,00
Precio Promedio de Venta	195,00
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	13.650,00
Utilidad Total de Producción	1.813,55
Índice de Rentabilidad (%)	15%
Relación Beneficio / Costo	1,15

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 27, se describe el manejo del semillero de caña de azúcar aplicando fertilizante orgánico gallinaza Obteniendo un total de costo de producción de Q.10,346.45 para una producción de 60,000 kg/ ha, con un costo unitario por tonelada fue de Q. 150 el precio promedio de venta obtenido fue de Q. 195/Ton teniendo una ganancia de Q. 45/Ton, una ganancia total por la producción de 60,000kg/ ha seria de Q. 1,353.55. La relación beneficio costo es de 1.13 lo que indica que los beneficios son mayores a los costos (<1) y el tratamiento puede ser considerado a aplicar en campo definitivo.

Tabla 22. Relación de beneficio costo para el tratamiento 4 fertilizante orgánico Gallinaza/ha

INDICADORES	Q
Costo Total de Producción	10.346,45
Volumen de Producción	60,00
Costo Unitario Promedio	150,00
Margen de Utilidad Unitaria	45,00
Precio Promedio de Venta	195,00
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	11.700,00
Utilidad Total de Producción	1.353,55
Índice de Rentabilidad (%)	13%
Relación Beneficio / Costo	1,13

Fuente. Autor, 2021.

En la tabla 28, se describe el manejo del semillero de caña de azúcar aplicando fertilizante orgánico cerdaza Obteniendo un total de costo de producción de Q.10, 766.45 para una producción de 60,000 kg/ ha, con un costo unitario por tonelada fue de Q. 150 el precio promedio de venta obtenido fue de Q. 195/Ton, teniendo una ganancia de Q. 45/ Ton, una ganancia total por la producción de 70,000 kg/ha seria de Q. 933.55. La relación beneficio costo es de 1.09 lo que indica que los beneficios son mayores a los costos (<1) y el tratamiento puede ser considerado a aplicar en campo definitivo. Siendo este tratamiento, el que presento el beneficio costo más bajo de los 4 fertilizantes evaluados en la investigación.

Tabla 23. Relación de beneficio costo para el tratamiento 5 fertilizante orgánico Cerdaza

INDICADORES	Q
Costo Total de Producción	10.766,45
Volumen de Producción	60,00
Costo Unitario Promedio	150,00
Margen de Utilidad Unitaria	45,00
Precio Promedio de Venta	195,00
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	11.700,00
Utilidad Total de Producción	933,55
Índice de Rentabilidad (%)	9%
Relación Beneficio / Costo	1,09

Fuente, Autor, 2021.

Al quintal de cerdaza (T5) los propietarios de finca Las Palmas le colocaron un valor de Q.10.00, para llevar a cabo el análisis financiero.

El tratamiento cinco, sin el costo de los fertilizantes daría un costo total de Q. 9,526.45. Siendo este el tratamiento más económico que se aplicó en la investigación, ya que este se obtuvo de las granjas de cerdos de los propietarios.

Los rendimientos obtenidos en las variables medidas nos indican que, los fertilizantes químicos compensan el costo de inversión. Mientras los fertilizantes orgánicos nos generan costos elevados, con rendimientos aceptables, comparados a no aplicar nada al cultivo.

VII. CONCLUSIONES

1. Con los resultados obtenidos en la evaluación de abonos químicos y orgánicos en el semillero de caña de azúcar, se concluye que con la fertilización química siempre se tendrá mejores resultados (mejores rendimientos); que la fertilización orgánica.
2. Cada fertilizante aplicado a la variedad de caña de azúcar CG9878 al momento de la siembra y a los 65 días después de la siembra, presentó un efecto diferente en cada una de las variables evaluadas en el experimento, siendo el tratamiento tres (fertilizante químico requerido) el mejor de los cinco tratamientos evaluados en el semillero de caña de azúcar.
3. La cerdaza puede resultar ser una buena alternativa, cuando no se desea o no se tienen los recursos financieros para hacer las inversiones que demanda la fertilización química. Eso quedó demostrado cuando se comparó con el escenario en donde no se aplica ninguna forma de fertilización al suelo. El momento de mayor aprovechamiento para el cultivo, se evidencio al momento de la siembra. Ya que los esquejes de caña aprovecharon las cantidades de fosforo asimilables para lograr un buen amarre de raíces al suelo.
4. Con el análisis financiero realizado podemos concluir que el tratamiento dos aplicando fertilizante químico 18-46 y urea, obtuvo la mejor relación beneficio costo siendo de 1.39 lo que indica que por cada quetzal invertido se obtiene un beneficio de Q. 1.39. Los otros tratamientos evaluados también obtuvieron beneficios mayores a los costos, por lo cual los 4 tratamientos pueden ser considerados a aplicar en campo definitivo.

VIII. RECOMENDACIONES

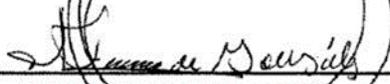
1. Se recomienda que en casos como el de la finca Las Palmas, que tiene posibilidades de producir cerdaza, pueda hacer pruebas mixtas, aplicando fertilización orgánica e inorgánica, hasta en tanto la materia orgánica empieza a mineralizarse y contribuir sosteniblemente con la producción esperada.
2. Para lograr obtener los rendimientos esperados en el cultivo de caña de azúcar, es primordial llevar a cabo un buen plan de fertilización. Ya que este cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes.
3. La aplicación del fertilizante 10-50-0 (N-P-K) dio los mejores resultados en todas las variables evaluadas, si no se cuenta con sistema de riego se recomienda incorporar el fertilizante al momento de la siembra y en las demás aplicaciones, esto para que la planta pueda obtener un mayor aprovechamiento de los nutrientes aplicados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldana Cartagena, J. (14 de Junio de 2014). *La caña de azúcar*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://julius-juliusrac.blogspot.com/2010/06/taxonomia.html>.
2. Amaya E., A., Cock, J. H., del Pilar H., A. y Irvine, J. E. (1995). *Biología. En: El cultivo de la Caña en la zona Azucarera de Colombia*. Cassalet D., C., Torres A., J. S. y Isaacs E., C. H. (eds.) Cali, Colombia.
3. BioEnciclopedia. (2015). *Caña de azúcar*. Recuperado el 27 de febrero de 2019, de <https://www.bioenciclopedia.com/cana-de-azucar/>.
4. Campos Solano, G. (2009). *Producción de abono organico*. Recuperado el mayo de 2019, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0702.PDF>.
5. Carvajal, R.R. (1997). *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2020, de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
6. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. *Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar*. (Enero de 2015). Recuperado el 22 de Abril de 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_T_cnica_Ca_a_de_Az_car.pdf.
7. Estrada, S.A (2017). *Evaluación del efecto de dos dosis de tres fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento de follaje de moringa*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2020, de <https://core.ac.uk/dowland/pdf/132120296.PDF>.
8. Gómez A., F. (1983). *Morfología, Anatomía y Sistemática*. En: *Caña de Azúcar*. (2da. Edición). Venezuela.

9. Holdridge, L. (1996). *Ecología basada en Zonas de Vida*. Costa Rica: IICA.
10. *La gallinaza como fertilizante*. Recuperado el 1 de marzo de 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>.
11. *Los abonos orgánicos* Recuperado el 1 de marzo de 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>.
12. Matute, C.O. (2012). *Evaluación de tres diferentes fuentes orgánicas como fertilizantes en el crecimiento vegetativo del xate*. Recuperado el 23 de septiembre de 2020, de <http://biblio.url.edu.gt/Tesis/2012/06/14Morales-Carlos.pdf>
13. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Perez, O., & Espinosa, R. (2014). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Recuperado el 5 de febrero de 2019, de [file:///C:/Users/personal/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/fe3381c1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/personal/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/fe3381c1%20(1).pdf).
14. Mora H. J. (2011). *Recopilación bibliográfica para la nutrición del cultivo de caña de azúcar (Saccharum Spp.)*, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.
15. Montepeque. (2007). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
16. Moore, P. H. (1987). *Anatomy and Morphology. En: Sugarcane Improvement Through Breeding*. Heinz, D. J. (ed.) Amsterdam, The Netherlands.
17. MSIRI – MauritiusSugarIndustryResearchInstitute. (1990). *Notes on description of varieties. En: Sugarcane Varieties in Mauritius. A botanical description*. Réduit, Mauritius, África Oriental.

18. Muñoz Cruz, H. V. (julio de 2017). *Uso de cerdaza como componente del sustrato para la elaboración de cepellones de tomate orgánico*. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/14/Munoz-Hector.pdf>.
19. Orozco, H. y Soto, G. (1996). *Morfología de las variedades de caña de azúcar (Saccharum spp) importantes en Guatemala y de variedades en evaluación regional grupo CGVO*. Documento Técnico No. 7. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Escuintla, Guatemala.
20. SAGARPA. (octubre de 2015). *Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes*. Recuperado el 30 de julio de 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114366/Boletin_Tecnico_Informativo_Octubre_2015.pdf.
21. Salazar Ochoa, A. O. (febrero de 2015). *Efecto del cultivo in vitro sobre la variación genética y fenotípica en caña de azúcar variedad cg98-10*. Recuperado el 1 de marzo de 2019, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Salazar-Aldo.pdf>.
22. Sánchez N., F. (1992). *Caña de azúcar. Morfología y anatomía de la caña*. En: *Materia Prima: Caña de Azúcar*. (2da. Edición) México: Editorial del Manual Azucarero, S.A. de C.V.
23. Simmons, C.S., Tárano T., JM. y Pinto Z., JH. (1959). *Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.
24. South African Sugar Association. Experimental Station. (1999). *Good quality seed cane*. Information Sheet. Kwazulu South African.
25. Tarenti, O. (2004). *Importancia de la calidad de la semilla en la caña de azúcar*. Recuperado el 22 de Abril de 2019, de https://inta.gov.ar/sanluis/info/documentos/Semillas/Cal_semillas.htm.

Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS



Figura10. Lugar donde se sembró el semillero de caña de azúcar.
Fuente. Autor, 2021.



Figura11. Composición de nutrientes del abono orgánico gallinaza usado en el experimento.
Fuente. Autor (2019).



Figura12. Resultado de análisis de suelo usado para elaborar el plan de fertilización del semillero de la unidad de práctica Las Palmas.
Fuente: Autor, 2021.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: ALEJANDRO ALVAREZ
 PROCEDENCIA: FCA LAS PALMAS, SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ
 FECHA DE INGRESO: 25/2/2019 FECHA DE EMISION DE
 INFORME: 15/3/2019 #000345

ANALISIS QUIMICO DE MATERIAL ORGÁNICO

IDENT	pH	µS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	C.O	NT	
M-2	8.1	9,155	1.55	1.44	7.25	1.00	3,625	100	1,550	5,200	460	23.69	2.25	10.5 : 1

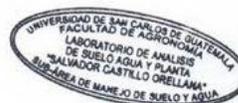


Figura 13. Resultado de análisis de materia orgánica cerdaza usado para elaborar el plan de fertilización del semillero de la unidad de práctica Las Palmas.

Fuente. Autor, 2021.

DOSIS APLICADA

Requerimiento del cultivo: Área experimental = 225 metros lineales. (1ha= 6666 metros Lineales)

N= 130–200 Kg/ha, P= 80–100 Kg/ha, K= 300–350 Kg/ha, S= 20-30 Kg/ ha, Ca= 55, Mg=35-45

DOSIS REQUERIDA TRATAMIENTO 3

FOSFORO: 1. $4.49 \times 2.29 = 10.28 \text{ Kg P}_2\text{O}_5$ 2. $90 - 10.28 = 79.72 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 / 0.5 = 159.44 \text{ Kg P}_2\text{O}_5$

$$3. 159.44 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 \quad 4. 159.44 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 \frac{2.54 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ lb}} = 4.04 \frac{\text{qq}}{\text{ha}}$$

$$4.04 \text{ qq} \text{-----} 6666 \text{ ml} = 0.13 \text{ qq} \frac{100 \text{ lb}}{1 \text{ qq}} = 13 \text{ libras/ 5 U.E}$$

$$X \text{-----} 225 \text{ ml}$$

UREA: 1. $159.44 \times 0.10 = 15.944$ 2. $165 - 15.944 = 149.056 / 0.46 = 324.03 \text{ Kg N}$

$$3. 324.03 \text{ Kg N} \frac{2.54 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ lb}} = 8.23 \frac{\text{qq}}{\text{ha}} = 9 \text{ qq/ha} \quad 4. 9 \text{ qq} \text{-----} 6666 \text{ ml} = 0.30 \text{ qq} \frac{100 \text{ lb}}{1 \text{ qq}} =$$

30 libras/ 5 U.E

$$X \text{-----} 225 \text{ ml}$$

DOSIS RECOMENDADA TRATAMIENTO 2

$$\text{FOSFORO Y UREA: } 83 \text{ Kg P}_2\text{O}_5 \frac{2.54 \text{ lb}}{1 \text{ Kg}} \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ lb}} = 2.1 \frac{\text{qq}}{\text{ha}} = 2 \text{ qq/ha}$$

$$2 \text{ qq} \text{-----} 6666 \text{ ml} = 0.06 \text{ qq} \frac{100 \text{ lb}}{1 \text{ qq}} = 6 \text{ libras/ 5 U.E}$$

$$X \text{-----} 225 \text{ ml}$$

CERDAZA METODO EMPIRICO

1 Mt = 16 plantas emergidas. 1. $16 \text{ plantas} \times 9 \text{ Mt (largo surco)} = 144 \text{ plantas/ Ml} \times 5 \text{ surcos} = 720 \text{ plantas/ UE}$

$$2. \frac{1 \text{ planta}}{720 \text{ plantas}} \frac{1 \text{ lb}}{x} = 720 \text{ libras} \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ lb}} = 7.2 \text{ qq} = 8 \frac{\text{qq}}{\text{Unidad experimental}} \times 5 \text{ U.E} = 40 \text{ qq cerdaza}$$

GALLINAZA METODO EMPIRICO

Según Campos Solano, 2009. Se recomienda aplicar 10 qq de gallinaza/ ha. Por lo que se aplicaron 1 en las 5 unidades experimentales, debido a la alta demanda de nutrientes que requerían los suelos.

Figura 14. Transformación de datos obtenidos en el análisis de suelo para llevar a cabo el plan de fertilización.

Fuente. Autor, 2021.



Figura15. Metodología empleada para poder usar la cerdaza como fertilizante.

Fuente. Autor, 2021



Figura16. Primer paso de arado en área de unidad experimental.

Fuente. Autor, 2021.



**Figura17. Paso de rastra pulidora y surqueado en el área experimental.
Fuente. Autor, 2021.**



**Figura18. Encostalado de cerdaza para ser aplicada en las unidades
experimentales.
Fuente: Autor, 2021.**



Figura19. Traslado y aplicación de cerdaza en las unidades experimentales.

Fuente: Autor, 2021.



Figura20. Traslado de semilla, siembra de semilla y agroquímicos aplicados al momento de la siembra.
Fuente. Autor, 2021.



Figura 21. Aplicación de fertilizantes en las unidades experimentales y tapado de semilla.

Fuente. Autor, 2021.



Figura 22. Emergencia de plantilla y toma de dato de altura en centímetros.

Fuente: Autor (2019).



Figura23. Segunda aplicación de fertilizante (urea, cerdaza y gallinaza) en las unidades experimentales.

Fuente. Autor, 2021.

**Características Agro-Morfológicas de la Variedad
CG98-78**


PROGRAMA DE VARIEDADES

ASPECTO DE PLANTA

- ✓ No deshoja naturalmente.
- ✓ Habito de crecimiento de tallos ligeramente inclinado.
- ✓ Cantidad de follaje intermedio.

ENTRENUDO

- ✓ Amarillo verdoso con manchas negras.
- ✓ Forma de crecimiento cilíndrico.
- ✓ Poca presencia de cera.

NUDO

- ✓ Forma de crecimiento cilíndrico.
- ✓ Forma de yema predomina triángulo ovalada, no supera anillo de crecimiento.
- ✓ Anillo de crecimiento semi-liso.

CUELLO

- ✓ Doble creciente angosto.
- ✓ Color verde oscuro.
- ✓ Textura lisa.

AURÍCULA Y LÍGULA

- ✓ Aurícula transicional ascendente.
- ✓ Lígula deltoide centro romboidal.

VAINA

- ✓ Desprendimiento intermedio.
- ✓ Poca ó ninguna presencia de afate.
- ✓ Vaina color verde con manchas rojo oscuro, con abundante presencia de cera.

LAMINA FOLIAR

- ✓ Borde aserrado.

ENFERMEDADES

- ✓ Susceptible a Escaldadura Foliar en ZB y Litoral.

OBSERVACIONES

- ✓ Buena población, buena altura y buen diámetro.
- ✓ Presencia de algunos mamones en la macolla.
- ✓ La vaina se raja longitudinalmente por la mitad, desprende la cera al tacto.
- ✓ Floración: 21 y 0% en ZM y ZB, respectivamente.
- ✓ Corcho: 21 y 0% en ZM y ZB, respectivamente.

Figura 24. Características agro morfológicas de la variedad CG-9878 sembrada en el semillero.

Fuente. Autor, 2021.



Figura25. Toma de datos de altura y diámetro en caña de azúcar al momento del corte de la semilla.

Fuente. Autor, 2021.



Figura26. Corte de semilla y toma de datos número de paquetes y número de yemas viables en las unidades experimentales.
Fuente. Autor, 2021.



Figura 27. Análisis físico del suelo después del corte de la semilla.
Fuente: Autor (2020).

Tabla 24. Cantidad de tallos emergidos y porcentaje de germinación por tratamiento a los 10 días después de la siembra.

	TOTAL EMERGIDO	%GERMINACIÓN
T1	638	17.72
T2	757	21.03
T3	769	21.36
T4	690	19.17
T5	697	19.36

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 25. Cantidad de tallos emergidos y el porcentaje de germinación por tratamiento a los 30 días después de la siembra.

	TOTAL	%GERMINACION
T1	2,447	67.97
T2	3,087	85.75
T3	3,199	88.86
T4	2,592	72.00
T5	2,719	75.53

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 26. Numero de paquetes obtenidos en la parcela neta a la hora del corte del semillero.

	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5
Testigo	T1	31.75	34.15	33.65	32.25	36.4
Requerida	T2	51.80	54.85	51.20	52.10	53.60
Recomendada	T3	41.60	48.70	48.05	47.35	47.75
Gallinaza	T4	42.1	37.90	36.4	39.15	40.30
Cerdaza	T5	43.10	37.20	36.7	43.40	41.80

Fuente. Autor, 2021.

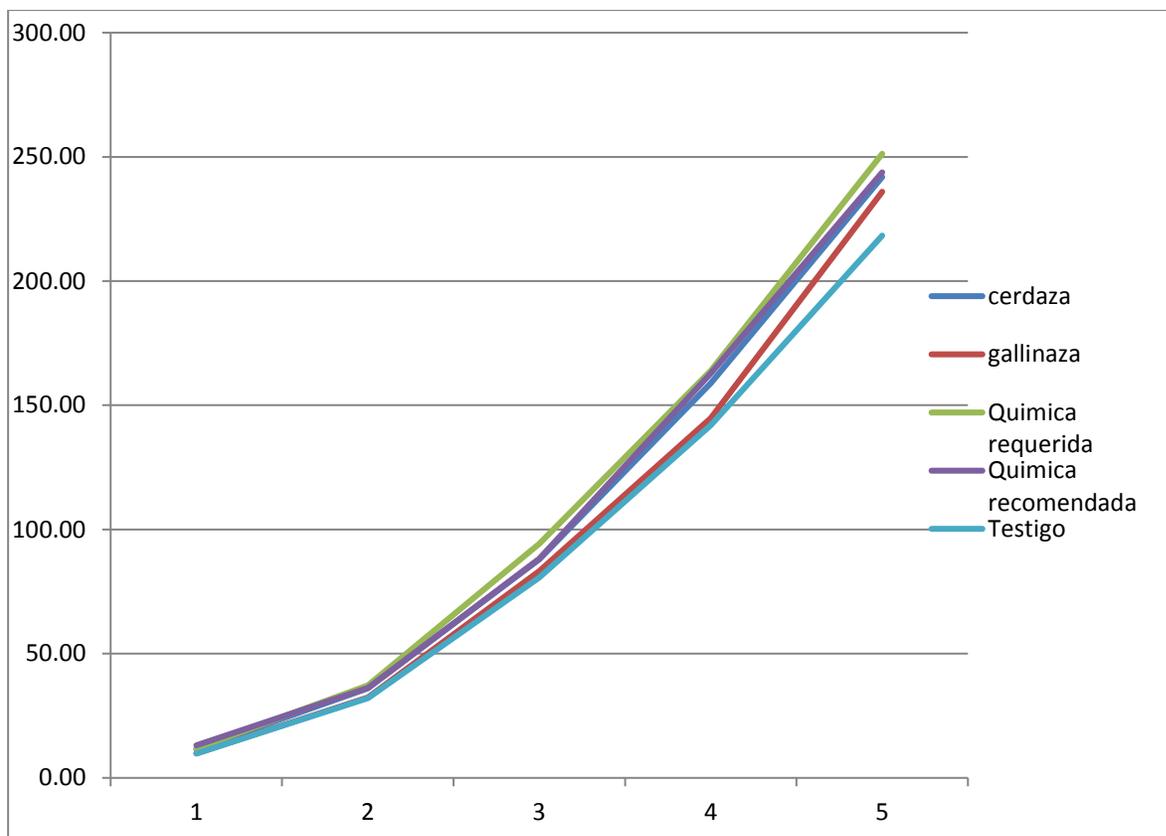


Figura28. Curva de crecimiento obtenida en la toma de datos de altura en las parcelas evaluadas.

Fuente. Autor, 2021.

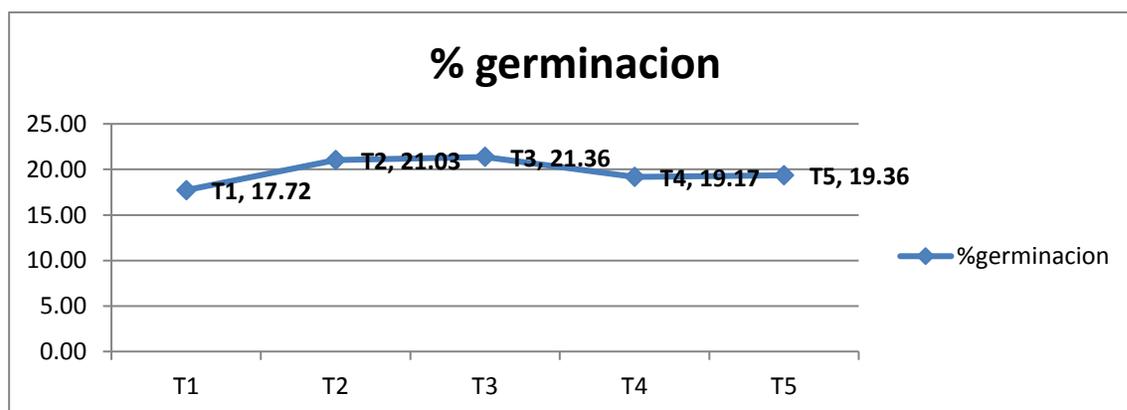


Figura29. Datos de porcentaje germinación a los 10 días después de la siembra.

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 27. Costos de producción del semillero de caña de azúcar bajo el tratamiento de fertilizante químico usando 18-46-0 y 46-0-0.

1 ha				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL / Ha
COSTOS DIRECTOS				9.532,45
1. Renta de la Tierra				
2. Mano de Obra				6.388,00
Requema	Jornal	4	50,00	200,00
Preparación del terreno	Jornal	4	572,00	2.288,00
Estaquillado	Jornal	4	50,00	200,00
Corte alce y siembra	Hectárea	1		2.200,00
Primera Fertilización y aplicación de insecticida	Jornal	10	50,00	500,00
Segunda aplicación de fertilizante	Jornal	10	50,00	500,00
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	50,00	200,00
Control Fitosanitario	Jornal	2	50,00	100,00
Corte y armado de paquetes	Jornal	4	50,00	200,00
3. INSUMOS				3.144,45
Semilla	Paquetes	833		1.400,00
Herbicida Paraquat	Galón	1	145,00	145,00
Herbicida 2,4-D	Litro	2	45,00	90,00
Insecticida	Quintal	2	300,00	600,00
Fertilizante Nitrogenado	Quintal	2	190,00	380,00
Fertilizante completo 18-46-0	Quintal	2	213,00	426,00
Combustible	Galón	5	20,69	103,45
4. COSTOS INDIRECTOS				300,00
Análisis de suelo		1	300,00	300,00
COSTO TOTAL/Ha		ton/ha	70,00	9.832,45

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 28. Costos de producción del semillero de caña de azúcar bajo el tratamiento de fertilizante químico usando 10-50-0 y 46-0-0.

1 ha				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL / Ha
COSTOS DIRECTOS				11.536,45
1. Renta de la Tierra				
2. Mano de Obra				6.388,00
Requema	Jornal	4	50,00	200,00
Preparación del terreno	Jornal	4	572,00	2.288,00
Estaquillado	Jornal	4	50,00	200,00
Corte alce y siembra	Hectárea	1		2.200,00
Primera Fertilización y aplicación de insecticida	Jornal	10	50,00	500,00
Segunda aplicación de fertilizante	Jornal	10	50,00	500,00
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	50,00	200,00
Control Fitosanitario	Jornal	2	50,00	100,00
Corte y armado de paquetes	Jornal	4	50,00	200,00
3. INSUMOS				5.148,45
Semilla	Paquetes	833		1.400,00
Herbicida Paraquat	Galón	1	145,00	145,00
Herbicida 2,4-D	Litro	2	45,00	90,00
Insecticida	Quintal	2	300,00	600,00
Fertilizante Nitrogenado	Quintal	9	190,00	1.710,00
Fertilizante completo 10-50-0	Quintal	4	275,00	1.100,00
Combustible	Galón	5	20,69	103,45
COSTOS INDIRECTOS				300,00
Análisis de suelo		1	300,00	300,00
COSTO TOTAL/Ha		ton/ha	70,00	11.836,45

Fuente. Autor, 2021.

Tabla 29. Costos de producción del semillero de caña de azúcar bajo el tratamiento de fertilizante orgánico cerdaza.

1 ha				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL / Ha
COSTOS DIRECTOS				10.266,45
1. Renta de la Tierra				
2. Mano de Obra				6.688,00
Requema	Jornal	4	50,00	200,00
Preparación del terreno	Jornal	4	572,00	2.288,00
Estaquillado	Jornal	4	50,00	200,00
Recolección de cerdaza	Jornal	4	50,00	200,00
Manejo de cerdaza	Jornal	2	50,00	100,00
Corte alce y siembra	Hectárea	1		2.200,00
Primera Fertilización y aplicación de insecticida	Jornal	10	50,00	500,00
Segunda aplicación de fertilizante	Jornal	10	50,00	500,00
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	50,00	200,00
Control Fitosanitario	Jornal	2	50,00	100,00
Corte y armado de paquetes	Jornal	4	50,00	200,00
3. INSUMOS				3.578,45
Semilla	Paquetes	833		1.400,00
Herbicida Paraquat	Galón	1	145,00	145,00
Herbicida 2,4-D	Litro	2	45,00	90,00
Insecticida	Quintal	2	300,00	600,00
Cerdaza	Quintal	124	10,00	1.240,00
Combustible	Galón	5	20,69	103,45
4. COSTOS INDIRECTOS				500,00
Análisis materia orgánica		1	200,00	200,00
Análisis de suelo		1	300,00	300,00
COSTO TOTAL/Ha		ton/ha	60,00	10.766,45

Fuente: Autor (2020).

Tabla 30. Costos de producción del semillero de caña de azúcar bajo el tratamiento de fertilizante orgánico gallinaza.

1 ha				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL / Ha
COSTOS DIRECTOS				10.046,45
1. Renta de la Tierra				
2. Mano de Obra				6.388,00
Requema	Jornal	4	50,00	200,00
Preparación del terreno	Jornal	4	572,00	2.288,00
Estaquillado	Jornal	4	50,00	200,00
Corte alce y siembra	Hectárea	1		2.200,00
Primera Fertilización y aplicación de insecticida	Jornal	10	50,00	500,00
Segunda aplicación de fertilizante	Jornal	10	50,00	500,00
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	50,00	200,00
Control Fitosanitario	Jornal	2	50,00	100,00
Corte y armado de paquetes	Jornal	4	50,00	200,00
3. INSUMOS				3.658,45
Semilla	Paquetes	833		1.400,00
Herbicida parquat	Galón	1	145,00	145,00
Herbicida 2,4D	Litro	2	45,00	90,00
Insecticida	Quintal	2	300,00	600,00
Gallinaza	Quintal	44	30,00	1.320,00
Combustible	Galón	5	20,69	103,45
4. COSTOS INDIRECTOS				300,00
Estudio de suelo	Estudio	1	300,00	300,00
COSTO TOTAL/Ha		ton/ha	60,00	10.346,45

Fuente: Autor (2020).



Mazatenango, 19 de agosto de 2021.

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
COORDINADOR
Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
Centro Universitario del Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Tobar:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.”**; presentado por el estudiante **T.P.A Carlos Alfonzo González Díaz**, quien se identifica con número de carné **201340909** de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Trabajo de Graduación, doy **visto bueno y aprobación**, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona
Profesor Asesor y Supervisor
Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, 20 de agosto de 2021.

Licenciado
Luis Carlos Muñoz López
DIRECTOR
Centro Universitario del Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Señor Director:

De manera atenta, me dirijo a usted para informar que el estudiante **T.P.A Carlos Alfonso González Díaz**, quien se identifica con número de carné **201340909** de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“Evaluación de cuatro tipos de fertilizantes aplicados al suelo en semillero del cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en finca Las Palmas, San Antonio, Suchitepéquez.”**; el cuál fue asesorado, revisado y con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona.

Como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Carlos Alfonso González Díaz, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la que someto a consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“Id y enseñad a todos”



Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
COORDINADOR
Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala



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

CUNSUROC/USAC-1-77-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitpéquez, catorce de octubre de dos mil veintiuno

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
"EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE FERTILIZANTES APLICADOS AL
SUELO EN SEMILLERO DEL CULTIVO *Saccharum officinarum*, L., caña de azúcar,
EN FINCA LAS PALMAS, SAN ANTONIO, SUCHITPÉQUEZ", del estudiante: TPA.
Carlos Alfonso González Díaz, carné 201340909 CUI: 2401 07724 0101 de la carrera
Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Luis Carlos Manóiz López
Director



/grs