

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas**



Pasantía de Investigación sobre:

“Evaluación de diferentes edades de corte y su efecto como semilla asexual en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP73-1547, en la Hacienda El Porfiado, Caserío San Francisco El Porfiado, Santiago Nonualco, La Paz”.

Por:

Cristian Alexander Mendoza Servellón

**Requisito para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo**

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Desarrollo Rural**



**Pasantía de Investigación sobre:
“Evaluación de diferentes edades de corte y su efecto
como semilla asexual en caña de azúcar (*Saccharum
officinarum*) variedad CP73-1547, en la Hacienda El
Porfiado, Caserío San Francisco El Porfiado, Santiago
Nonualco, La Paz”.**

**Por:
Cristian Alexander Mendoza Servellón**

**Requisito para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2023.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTINEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL

ING. M. SC. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

ASESORES

ING. M. SC. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

ING. AGR. OSCAR ALONSO RODRÍGUEZ GRACIAS

ING. AGR. CESAR FUENTES HERNANDEZ

**COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADO DEL
DEPARTAMENTO**

LIC. CRUZ GILMA ORTIZ DE ALARCÓN

Agradecimientos

A Dios por permitirme llevar a cabo mis estudios profesionales y culminarla con este trabajo.

A mis padres José Elmer Mendoza y Sulema del Carmen Servellón, quienes han sido mis pilares en esta etapa y me han dado todo el apoyo necesario para poder cumplir uno de mis mayores sueños que es lograr tener un estudio universitario, sé que han sacrificado mucho para poder ayudarme a llegar al lugar que estoy ahora, siempre les estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos José Emerson Mendoza Servellón y Fany Areli Mendoza Servellón, porque sin ustedes no hubiera podido superar varias etapas de mi vida, además son mi motivación para seguir creciendo y superando.

A las personas que son muy importantes en mi vida: Joel Tejada, Gerson Ramírez, Kenia Julissa Lovo, Dennis Avendaño, Jenny Cortez, Fátima Castro, Jerson Tercero, Nerib Lovato, Debora Ruano; a quienes les estoy agradecido de todo corazón por estar para mí en todo momento, por ser ese hombro en el cual sé que puedo apoyarme cuando esté pasando momentos difíciles y, por llenarme de alegría y energía con sus ocurrencias durante esta etapa y todo este proceso.

Al Ing. Agr. Cesar Fuentes, Ing. Agro. Henry Fabián, por permitirme ser parte de su grupo de trabajo, en el tiempo que duro la pasantía aprendí muchas cosas que me serán útiles en la vida laboral y personal, todo gracias a ustedes, son calidad de persona.

A mis asesores de pasantía, Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia e Ing. Agr. Oscar Alonso Rodríguez Gracias, por tenerme la paciencia, apoyarme y guiarme dentro de este proceso, les estoy muy agradecido.

Al Grupo El Ángel, por brindarme el apoyo para poder realizar ésta investigación dentro de sus instalaciones.

Dedicatoria

Quiero dedicar mi trabajo a Dios, por estar conmigo todo el tiempo en el camino y siempre brindarme la guía necesaria para poder cumplir mis metas y objetivos de vida.

A mis padres José Elmer Mendoza y Sulema del Carmen Servellón, a mis hermanos José Emerson Mendoza Servellón y Fany Areli Mendoza Servellón, a quienes les dedico este trabajo, ya que es una etapa por la cual todos hemos aportado y sacrificado algo de alguna u otra manera, mis logros son sus logros y me encanta saber que se sienten orgullosos de lo que estoy logrando hacer en mi vida, los amo.

A mis mejores amigos quienes me han apoyado en toda mi etapa de Universidad, sin ustedes este capítulo de mi vida hubiera sido difícil y un poco aburrido, gracias por siempre animarme y ayudarme a seguir adelante.

Resumen

La pasantía de investigación se llevó a cabo durante los meses de abril a diciembre de 2022, en el lote 698 La Ceiba de la hacienda El Porfiado ubicada en el municipio de Santiago Nonualco en el departamento de La Paz, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas 13°21'29.63" N y 88°59'15.66" O. El objetivo fue evaluar diferentes edades de semilla asexual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP 73-1547 y su efecto en el desarrollo y producción del cultivo.

Se utilizó un diseño de Bloques completos al azar, con 4 repeticiones, el material experimental fueron esquejes (semilla asexual) con edades de 8, 10 y 12 meses. Las variables estudiadas fueron el porcentaje de germinación (brotes/m), altura de los brotes y tallos, diámetro de los tallos, número de tallos al momento de la cosecha, peso de la semilla cosechada, peso de los tallos.

El mayor número de tallos promedio cosechados a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con 51.25 tallos; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 47.25 tallos. El mayor peso promedio de los tallos cosechados de caña de azúcar a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con 3.33 libras; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 3.30 libras.

Palabras claves: Caña de azúcar, *Saccharum officinarum*, semilla asexual, esquejes, variedad, pasantía, investigación, El Salvador.

Abstrac

The research internship was carried out during the months of April to December 2022, in lot 698 La Ceiba of the hacienda El Porfiado located in the municipality of Santiago Nonualco in the department of La Paz, at an altitude of 10 meters above sea level, with coordinates 13°21'29. 63" N and 88°59'15.66" W. The objective was to evaluate different ages of asexual seed of sugarcane (*Saccharum officinarum*) variety CP 73-1547 and its effect on the development and production of the crop.

A randomized complete block design was used, with 4 replications, the experimental material were cuttings (asexual seed) with ages of 8, 10 and 12 months. The variables studied were germination percentage (shoots/m), height of shoots and stems, diameter of stems, number of stems at harvest, weight of harvested seed, weight of stems.

The highest average number of stems harvested at 210 days after sowing was obtained from 10-month-old cuttings (asexual seed) with 51.25 stems; followed by stems from 8-month-old cuttings with 47.25 stems. The highest average weight of harvested sugarcane stalks at 210 days after planting was obtained from 10-month-old cuttings (asexual seed) with 3.33 pounds; followed by stalks from 8-month-old cuttings with 3.30 pounds.

Key words: Sugarcane, *Saccharum officinarum*, asexual seed, cuttings, variety, internship, research, El Salvador.

Índice

	Página
Agradecimientos	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Índice.....	x
1. Introducción	1
2. Marco teórico.....	2
2.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	2
2.2. Desarrollo rural.....	2
2.3. Recursos naturales	3
2.4. Cultivo de caña de azúcar	3
2.4.1. Importancia económica, social y ambiental de la caña de azúcar	4
2.4.2. Botánica de la caña de azúcar	5
2.4.3. Requerimientos climáticos y edáficos	6
2.4.4. Manejo del cultivo	6
2.4.5. Semilla de caña de azúcar	9
2.4.6. Cosecha Verde	10
2.4.7. Edad de corte de la caña de azúcar	11
3. Objetivos.....	11
3.1. Objetivo general	11
3.2. Objetivos específicos.....	12
4. Materiales y métodos.....	13
4.1. Ubicación del estudio	13
4.2. Descripción del estudio	13
4.3. Metodología de campo.....	13
4.3.1. Preparación del suelo	13
4.3.2. Delimitación del área a utilizar para el ensayo	14
4.3.3. Siembra de la semilla.....	14
4.3.4. Manejo del cultivo	15
4.4. Metodología estadística.....	16
4.4.1. Variables en estudio	17
4.5. Metodología de oficina	18
4.6. Relación costo beneficio	18
5. Resultados y discusión	24
5.1. Número de brotes por metro lineal a los 30 días después de la siembra	24
5.2. Número de brotes por metro lineal a los 60 días después de la siembra	25
5.3. Número de brotes por metro lineal a los 90 días después de la siembra	25
5.4. Número de brotes por metro lineal a los 120 días después de la siembra	26
5.5. Número de brotes por metro lineal a los 150 días después de la siembra	27
5.6. Número de brotes por metro lineal a los 180 días después de la siembra	29

5.7. Altura de tallos a los 30 días después de la siembra	30
5.8. Altura de tallos a los 60 días después de la siembra	31
5.9. Altura de tallos a los 90 días después de la siembra	32
5.10. Altura de tallos a los 120 días después de la siembra	33
5.11. Altura de tallos a los 150 días después de la siembra	34
5.12. Altura de tallos a los 180 días después de la siembra	35
5.13. Diámetro de tallos a los 30 días después de la siembra	36
5.14. Diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra	36
5.15. Diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra	37
5.16. Diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra	38
5.17. Diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra	39
5.18. Diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra	40
5.19. Número de tallos cosechados a los 210 días después de la siembra	41
5.20. Cantidad de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra	42
5.21. Peso promedio de los tallos a los 210 días después de la siembra	44
6. Conclusiones	45
7. Recomendaciones	45
8. Bibliografía	47
9. Anexos	51

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Ubicación de la investigación	13
Figura 2. Preparación del suelo para la siembra y aplicación del insecticida Allectus.	14
Figura 3. Estaquillado del terreno para delimitar las sub parcelas o bloques	14
Figura 4. Siembra y tapado de los esquejes de caña de azúcar.	15
Figura 5. Distribución en campo de los tratamientos.....	16
Figura 6. A) Tallo de la variedad CP 73-1547; B) corte de semilla asexual; C) Paquete de semilla de caña de azúcar en el lote 698.	16
Figura 7. Número de brotes por metro lineal a los 30 días después de la siembra.	24
Figura 8. Número de brotes por metro lineal a los 60 días después de la siembra.	25
Figura 9. Número de brotes por metro lineal a los 90 días después de la siembra.	26
Figura 10. Número de brotes por metro lineal a los 120 días después de la siembra.....	27
Figura 11. Número de brotes por metro lineal a los 150 días después de la siembra.....	28
Figura 12. Número de brotes por metro lineal a los 180 días después de la siembra.....	29
Figura 13. Altura de tallos a los 30 días después de la siembra.....	30
Figura 14. Altura de tallos a los 60 días después de la siembra.....	31
Figura 15. Altura de tallos a los 90 días después de la siembra.....	32
Figura 16. Altura de tallos a los 120 días después de la siembra.....	33
Figura 17. Altura de tallos a los 150 días después de la siembra.....	34
Figura 18. Altura de tallos a los 180 días después de la siembra.....	35
Figura 19. Diámetro de los tallos a los 30 días después de la siembra.	36
Figura 20. Diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra.....	37
Figura 21. Diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra.....	38
Figura 22. Diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra.....	39
Figura 23. Diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra.....	40
Figura 24. Diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra.....	41
Figura 25. Número de tallos en 20 m ² a los 210 días después de la siembra.....	42
Figura 26. Cantidad de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra.	43
Figura 27. Peso promedio de los tallos a los 210 días después de la siembra.....	44

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Taxonomía de la caña de azúcar (Bustamante López 2015).....	5
Cuadro 2. Tratamientos en estudio.....	16
Cuadro 3: Presupuesto Parcial de un cultivar de caña de azúcar, proveniente de semillas con edad de 8, 10 y 12 meses, Variedad CP 73-1547, en un área de 1 Mz.....	23
Cuadro 4. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 30 días después de la siembra.....	24
Cuadro 5. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 60 días después de la siembra.....	25
Cuadro 6. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 90 días después de la siembra.....	26
Cuadro 7. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 120 días después de la siembra.....	27
Cuadro 8. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 150 días después de la siembra.....	28
Cuadro 9. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 180 días después de la siembra.....	29
Cuadro 10. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de los tallos a los 30 días después de la siembra.....	31
Cuadro 11. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de los tallos a los 60 días después de la siembra.....	32
Cuadro 12. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 90 días después de la siembra.....	32
Cuadro 13. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 120 días después de la siembra.....	33
Cuadro 14. Medidas resumen y análisis de varianza e la altura de tallos a los 150 días después de la siembra.....	35
Cuadro 15. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 180 días después de la siembra.....	35
Cuadro 16. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 30 días después de la siembra.....	36
Cuadro 17. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra.....	37
Cuadro 18. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra.....	38
Cuadro 19. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra.....	39
Cuadro 20. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra.....	40
Cuadro 21. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra.....	41
Cuadro 22. Medidas resumen y análisis de varianza del promedio tallos cosechados a los 210 días después de la siembra.....	42
Cuadro 23. Medidas resumen y análisis de varianza de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra.....	43
Cuadro 24. Medidas resumen y análisis de varianza del peso de los tallos a los 210 días después de la siembra.....	44

Índice de Anexos

	Página
Cuadro A-1. Información agronómica obtenida en campo de las 6 evaluaciones realizadas en el cultivo de caña de azúcar variedad CP 73-1547.	51
Cuadro A-2. Información obtenida de la producción y rendimiento durante la 7ª evaluación del cultivo de caña de azúcar variedad CP 73-1547.	52
Figura A-1. Conteo y clasificación de tallos por entrenudos.	53
Figura A-2. Cosecha de caña de azúcar variedad CP 73-1547 a los 7 meses de edad	53
Figura A-3. Pesaje de tallos de caña de azúcar para estimación de rendimiento.	54

1. Introducción

Según el Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA), en El Salvador se tiene cultivado un aproximado de 80,000 manzanas (56,000 hectáreas) de caña de azúcar, para la zafra del periodo 2021/ 2022 se obtuvo una producción promedio de 6,849,723.90 toneladas métricas (TM) de caña de azúcar, que los ingenios azucareros transformaron en aproximadamente 807,478.94 toneladas métricas de azúcar. El sector azucarero representa el 2.2% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 3.5% de las exportaciones totales, lo cual es bastante influyente en la economía del país, ya que este rubro genera empleos e ingresos al sector rural de país (SC 2008).

La siembra de semilla de caña de azúcar de alta calidad es uno de los pasos más importantes que los cañeros deben tener en cuenta para mejorar la producción, por esta razón la producción de semilla debe ser una parte integral en el planeamiento de la plantación (MAG 1991).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador en su ficha técnica sobre el cultivo de caña de azúcar recomienda que la semilla debe provenir de caña joven, de 7 a 9 meses de edad y del primer o segundo corte como máximo, para asegurar una germinación uniforme y evitar la resiembra, ya que al utilizar semilla de avanzada edad se espera que el porcentaje de germinación sea poco, lo cual lleva muchas veces al cañero a hacer resiembra, lo cual implica un aumento en los costos de producción y hace que la actividad agrícola en los primeros años sea poco rentable para el productor (MAG s.f.).

En El Salvador el cultivo de caña de azúcar ocupa grandes áreas de terreno, pero la información técnica y científica sobre este cultivo es poca, debido a que a nivel nacional no se realizan muchas investigaciones.

El objetivo de esta pasantía de investigación es evaluar diferentes edades de corte y su efecto como semilla asexual en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP 73-1547, en la hacienda El Porfiado, caserío San Francisco El Porfiado, municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz.

2. Marco teórico

2.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años, para alcanzar estas metas todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y las personas (ONU 2015).

Con la realización de esta pasantía de investigación se espera contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivo 1: Fin de la pobreza; Objetivo 2: Hambre cero; y al Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.

2.2. Desarrollo rural

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador promueve que las familias rurales participen en las diferentes actividades del sector agropecuario para fortalecer el desarrollo económico y social del país. Esto se logra a través de programas y proyectos que buscan reducir la pobreza, la desigualdad social y económica, en un enfoque sostenible e inclusivo. Se brinda apoyo financiero y técnico a pequeños y medianos productores, micro y pequeñas empresas rurales, mujeres, jóvenes y familias indígenas a nivel nacional (MAG 2018).

En El Salvador los ingenios azucareros tienen el compromiso social que en las zonas donde tienen influencia se genere un desarrollo local, creando programas de ayuda social dirigido a las comunidades aledañas a los cultivos de caña de azúcar, que permitan la mejora de centros escolares con el fin de disminuir el analfabetismo y el trabajo infantil, mediante la creación de oportunidades de superación en estas zonas en que la pobreza se destaca; otros programas son la reparación o mantenimiento de algunas calles dentro de las zonas (MAG 2018).

Según el Grupo El Ángel (2019), el ingenio azucarero El Ángel cuenta con un departamento de Desarrollo y comunidad, con el cual promueven la educación, el deporte y la salud. Este ingenio ha logrado la capacitación de sus trabajadores en ciertas áreas agrícolas, que va desde la producción de semilla de caña de azúcar con el programa de variedades, la tecnificación agrícola mediante el uso de maquinaria agrícola y riegos por goteo o aspersión;

estas capacitaciones a sus trabajadores les permite una oportunidad de superación dentro del rubro agrícola.

2.3. Recursos naturales

Recurso natural es todo material que se obtiene del planeta tierra como las aguas superficiales o subterráneas y de los océanos, minerales (plata, fierro, carbón), energéticas (petróleo y carbón mineral), rocas (arcillas para cerámica, fosfatos, arena de cuarzo, caliza, agregados pétreos), además de los recursos bióticos que son objeto de explotación: ganado, peces y bosques (GRN 2016).

Técnicamente se agrupan en recurso naturales renovables y no renovables:

- Recursos naturales renovables. Son aquellos que proporciona la naturaleza y que no están alterados por el ser humano. Una de las características más relevantes es que pueden regenerarse de manera natural a una velocidad superior a la de su consumo. Optar por este tipo de recursos supone mitigar el daño ambiental que supone la utilización de otros recursos más contaminantes como son los combustibles fósiles (AQUAE s.f.).
- Recursos no renovables. Son aquellos que existen en cantidades limitadas pudiendo llegar a agotarse. Un claro ejemplo es el petróleo, un recurso natural que de seguirse explotando terminará por extinguirse siendo necesario su reemplazo. Además, estos recursos no renovables tienen un impacto mayor en perjuicio de la naturaleza que los renovables (AQUAE s.f.).

Según la Universidad de Burgos, los principales recursos naturales de El Salvador son agrícolas, forestales e hídricos: en lo agrícola destacan los cultivos de café (*Coffea arabica*), maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y caña de azúcar; en lo forestal se encuentran maderas de gran valor comercial como el cedro (*Cedrela odorata* L.), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y caoba (*Swietenia humilis* Zucc); los recursos hídricos son aprovechados de diversas formas, así: en la producción de energía eléctrica, consumo, vías de comunicación, agricultura, otras (UNINET s.f.).

2.4. Cultivo de caña de azúcar

De acuerdo a algunos historiadores, cuando Alejandro Magno y sus tropas conquistaron la India en el año 337 antes de cristo, probaron por primera vez azúcar de caña y la llevaron de regreso a Persia. Una vez introducida, los árabes la llevaron al norte de África y al sur de

Europa, al tiempo que los chinos extendían los cultivos hacia Java y las Filipinas, los cruzados la transportaban a Francia en los siglos XI y XII, y su desarrollo comercial se extendió al resto del continente europeo (Bustamante López 2015).

El cultivo de caña de azúcar fue introducido en El Salvador en el año 1876. Durante ese año, se confirmó la primera plantación de caña de azúcar en la región de Sonsonate, marcando el inicio de la industria azucarera en el país. Desde entonces, el cultivo de caña de azúcar ha desempeñado un papel importante en la economía y la historia agrícola de El Salvador (Bustamante López 2015).

Ayala Díaz *et al.* (2004), mencionan que la introducción de la caña de azúcar en El Salvador llegó desde México, pero nadie mostró interés por la fabricación de azúcar en El Salvador.

2.4.1. Importancia económica, social y ambiental de la caña de azúcar

Según el Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA) en el año 2022 reportó que el área actual de caña de azúcar en El Salvador tiene un promedio de 80,000 manzanas (56,000 hectáreas), y es posible que sea superior en la medida que no se conocen adecuadamente las áreas sembradas directamente por los ingenios. Las posibilidades de producir etanol a partir de materias primas nacionales crean expectativas para la ampliación de las áreas sembradas de caña de azúcar en los últimos años, avanzando hacia zonas frágiles cercanas a bosques salados, particularmente en las partes más sureñas (cercanas a la costa) de las regiones Centro-Oriente y Oriente (MAG 2012).

Durante el periodo de zafra 2019- 2020, el Presidente de la Asociación Azucarera en El Salvador, Mario Salaverría, expresó ante la prensa: “que la industria del azúcar genera muchos empleos en la zafra, sólo en la recolección se contratan 27,000 personas; en transporte 5,000 personas; en los ingenios 8,000 trabajadores; en fin, en todos los procesos se contratan 50,000 empleos directos y esto genera un efecto multiplicador muy grande; ya que la zafra genera unos \$450 a \$500 millones de dólares en actividades económicas durante los meses de noviembre a abril de cada año” (Guzmán 2019).

Tradicionalmente los ingenios azucareros cogeneran energía eléctrica a partir de la fibra de caña de azúcar (bagazo), que sustituye los combustibles fósiles como el gas y el fuel oil. A nivel internacional países como Brasil, Cuba, Australia, entre otros, vienen empleando el RAC,

el cual es una biomasa que tiene alto potencial de aprovechamiento energético que está conformado de pellets, a escala industrial es una alternativa no solo para darle valor agregado y diversificar la actividad cañera sino para suplir la demanda energética creciente en todo el país como fuente de energía alternativa (INTA 2013).

2.4.2. Botánica de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo (*Sorghum sp.*) y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander 1985).

Cuadro 1. Taxonomía de la caña de azúcar (Bustamante López 2015).

Nombre científico	<i>Saccharum officinarum</i> L.
Clase	Monocotiledónea
Orden	Glumifloras
Familia	Gramíneas
Género	<i>Saccharum</i>
Especie	<i>officirum</i>

Raíz: Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo.

Tallo: La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas, la proporción de cada componente varía de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, fertilización, lluvias, riegos, otros.

Hoja: Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta (Motta 1994).

Inflorescencia: es una panícula de forma y tamaño variables según las características de cada cultivar o variedad usada, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica (OCÉANO 2000).

2.4.3. Requerimientos climáticos y edáficos

La caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración, mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32° C y 38° C, para el macollamiento 32° C y para el crecimiento 27° C. La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1,500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses) (MAG 1991).

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados, ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana, con pH entre 5,5 y 7,5 (MAG 1991).

2.4.4. Manejo del cultivo

Preparación del suelo: La caña de azúcar es una planta perenne y su vida económica se prolonga durante varios ciclos ya que permite cinco cortes (socas) o más, beneficio que se obtiene con una buena preparación del terreno mediante levantamiento topográfico, limpieza o descepada, nivelación, subsolado, arado, rastreo y surcado (MAG 1991).

Siembra y resiembra: La siembra puede efectuarse manualmente o con sembradoras mecánicas. En el país se usa la siembra manual a chorro continuo, que es el sistema más recomendado siempre que se cuenta con semilla de buena calidad. La semilla se coloca acostada en el fondo del surco, las distancias de siembra más empleadas en el país son de 1.40 m a 1.60 m entre surcos, dependiendo de la topografía del terreno, la altitud local y la variedad utilizada. La semilla debe quedar cubierta con una capa de suelo de 3 a 5 cm, una capa más gruesa retrasa la emergencia y puede afectar la germinación de la semilla. La humedad es esencial para promover el brote de las yemas, el retraso en el riego generalmente ocasiona una baja germinación de la plantación.

Se resiembra cuando los espacios son mayores de un metro entre una planta y otra, es aconsejable hacer resiembras para tener un buen tonelaje de caña y facilitar el manejo de las malezas. Cuando la cantidad de semilla que debe resembrarse es muy alta no es recomendable hacer la resiembra ya que su costo es muy elevado. Se recomienda resembrar únicamente en caña planta, después de la siembra (MAG 1991).

Fertilización: Durante la siembra se recomienda fertilizar únicamente con fósforo (P_2O_5), colocándolo en el fondo del surco, la dosis oscilará entre 50 y 200 kg/ha de acuerdo al análisis de suelo; dicha cantidad representa entre 5 a 10 sacos de 50 kg de las fórmulas 10-30-10, 12-24-12, 8-32-8, 17-45-2 y el triple superfosfato, el abonamiento con nitrógeno y potasio debe realizarse dos o tres meses después de la germinación de la caña, en forma fraccionada, especialmente en zonas de alta precipitación.

Dosis excesivas y tardías de nitrógeno pueden afectar la calidad de los jugos, lo que redundará en rendimientos bajos, especialmente en variedades de ciclo vegetativo corto (10-12 meses). Una buena disponibilidad de este nutrimento favorece un buen crecimiento, coloración verde y alto vigor; por el contrario, cuando hay deficiencia las hojas son de color amarillento, hay retardo del crecimiento, muerte de las hojas viejas, menor número y diámetro de los tallos molederos. La caña de azúcar en sus primeras semanas de crecimiento absorbe y acumula un exceso de nitrógeno necesario para macollar y el desarrollo vegetativo, razón por la cual se recomienda aplicar el nitrógeno al inicio del crecimiento (2 a 5 meses, dependiendo del ciclo) (MAG 1991).

Combate de malezas: Se ha encontrado que el período crítico de competencia de la caña planta con las malezas ocurre entre los 20 y 100 días después de la siembra, y para las socas entre los 25 y 90 días después del corte. A partir de los 90 o 100 días del cultivo la sombra que proyecta el follaje es suficiente para no permitir el crecimiento de las malezas. El combate de las malezas en el cultivo de la caña debe ser integrado, ya que no existe un método de combate único que proporcione un combate efectivo. Para realizar un manejo integrado se deben considerar los métodos culturales, mecánicos y químicos (MAG 1991).

Riego y drenaje: El riego en la caña durante la etapa de crecimiento en la estación seca y frecuentemente soleada aumenta significativamente los rendimientos en gran proporción. El requerimiento de agua para la caña de azúcar varía de 1,600 a 2,500 mm/año. Esta variación se debe principalmente a la zona en que se desarrolla el cultivo, aunque las necesidades de agua varían también según la etapa de crecimiento en que se encuentra la planta.

Cosecha: La cosecha se lleva a cabo durante todo el período de zafra de los ingenios, en caso de ser productor particular puede cosechar con maquinaria y personal del ingenio al que se entrega la caña (Montejo y Rivera 2002).

Sazonador y maduración de la caña de azúcar: El control sobre el sazónador y la maduración de la caña constituye una de las prácticas de campo y laboratorio más importantes, ya que influyen directamente en la cantidad de azúcar producida por hectárea. Se debe tratar que los tallos molederos en el momento del corte reúnan las mejores condiciones de calidad industrial, es decir, que tengan el mayor contenido de sacarosa para lograr así una mayor producción de azúcar y con ello una mayor rentabilidad por tonelada de caña cortada, principalmente porque en la actualidad la caña es pagada por su contenido de azúcar (MAG 1991).

Corte de la caña de azúcar: En la fase de corte y limpia de la caña el cañero debe poner particular interés en vigilar que la caña se corte al ras del suelo, porque es en la base de los tallos donde se encuentra la mayor cantidad de sacarosa, la cual se queda tirada en el campo si el corte se hace alto y, además, da lugar a la entrada de hongos y bacterias que pudren las cepas. En el caso de la caña que se cosecha sin quemar los tallos se deben despajar completamente y despuntarse correctamente, de modo que no se lleve al ingenio parte del cogollo por cortar muy arriba, ni se queden en el campo esquejes con sacarosa si se corta

muy abajo. Una vez cortada las cañas se deben acordonar en forma perpendicular al surco, y los cogollos y la basura se deben colocar aparte. La caña se debe cargar sin basura y sin tierra.

2.4.5. Semilla de caña de azúcar

La semilla de caña la constituye un trozo de tallo con 3 yemas como máximo. La siembra de semilla de caña de alta calidad es probablemente el paso más simple e importante que los cañeros deben tener en cuenta para mejorar la producción. Por esta importante razón la producción de semilla debe ser una parte integral en el planeamiento de la plantación (MAG 1991).

No se debe sembrar comercialmente trozos con una sola yema debido a que los entrenudos y nudos son una barrera natural para la infección y movimiento de enfermedades, siendo 2 o 3 yemas menos susceptibles a las infecciones. Además, el desarrollo de las plantas provenientes de trozos de una yema es menor y generalmente los tallos son más delgados que aquellos que provienen de trozos de 2 o 3 yemas (Torres y Cifuentes 2004).

No se debe sembrar tallos completos porque la germinación es baja por el fenómeno conocido como dominancia apical, que consiste en la acción de las auxinas, que son reguladores del crecimiento que inducen la germinación de las yemas apicales del tallo, retardando el desarrollo de las yemas de la base (Torres y Cifuentes 2004).

La calidad de la semilla está determinada por la ausencia de enfermedades, la pureza varietal y la capacidad de germinación. Las enfermedades más dañinas en el país son el carbón, el mosaico, el raquitismo de las socas y la roya, que se pueden propagar al sembrar semilla infectada. La semilla de caña debe provenir de caña joven de 7 a 9 meses de edad y del 1^{er} o 2^o corte como máximo para asegurar una germinación uniforme, evitar la resiembra y minimizar el combate de malezas. Es importante tener en cuenta que, si se deja transcurrir mucho tiempo entre el corte de la semilla y la siembra, puede disminuir la germinación, el tiempo máximo recomendado es 5 días después del corte (MAG 1991).

La producción de semilla en semilleros manejados técnicamente es la forma más fácil de asegurar que la semilla sea pura. Un semillero es un área exclusiva del cañaveral para producir

la semilla, la cual debe provenir del 1^{er} o 2^o corte únicamente; la cosecha posterior se deja como caña comercial (MAG 1991).

Uno a dos días antes de la siembra planificada para un lote o finca se realiza el corte de las semillas en los semilleros que hayan alcanzado de 8 a 10 meses de edad y se realizan los paquetes de 30 esquejes, que tengan aproximadamente 50-60 cm de largo, con los cuales se deben llenar 12 metros del estaquillado. Los esquejes deben ser de buena calidad y estar en buenas condiciones morfológicas, con una cantidad de yemas florales de 3 a 5 por esqueje (Montejo y Rivera 2002).

2.4.6. Cosecha Verde

La caña de azúcar es uno de los cultivos que genera la mayor captación de CO₂, por lo que en la actualidad los ingenios azucareros están en la búsqueda de mejorar la cosecha mediante la cosecha verde, de la misma manera este cultivo viene a plantarse en zonas donde otros cultivos no son aptos o su desarrollo no es el adecuado. La zafra o cosecha verde en caña propuesta como medida de restauración de paisajes rurales tiene dos elementos principales de manejo: la zafra sin quema o zafra verde y la incorporación de rastros (Leander Raes y Oscar Chacón 2018).

La cosecha verde o mecanizada es cortar la caña sin quemarla. Tradicionalmente en El Salvador y en el resto de países del mundo en los que se cultiva caña de azúcar se practica la quema programada de cañales con el fin de minimizar los riesgos a los que se exponen los hombres y mujeres que la cortan debido a las características propias de la planta.

El corte de la cosecha verde puede realizarse de forma manual como mecanizada, su modalidad está sujeta a diversos aspectos como la disponibilidad de maquinaria y de mano de obra, la topografía del terreno y la cantidad de personas que se dedican a esta labor, entre otros. En la zafra 2011-2012 el grupo CASSA inicio el proyecto de “Zafra Verde” en coordinación con el resto de actores de la agroindustria azucarera de El Salvador, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el cual los ingenios azucareros se comprometieron a incrementar progresivamente el corte en verde y el manejo del rastrojo de las tierras de los cañicultores a quienes ofrecen el servicio de corte de la caña. Actualmente casi un 30% del parque cañero de Grupo CASSA es cortado en verde (CASSA 2019).

Según Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA), en su base de producción, durante la temporada de zafra 2022-2023, Los ingenios azucareros reportaron que en conjunto cosecharon un área de 107,774.01 Mz (75,441.81 Ha), de las cuales 39,816.01 Mz (27,871.21 Ha) fueron cosechadas en verde (CONSAA 2023).

2.4.7. Edad de corte de la caña de azúcar

La siembra de la caña de azúcar se recomienda hacerla cuando el material a propagar tiene 8 meses de edad, además de utilizar densidades de siembra entre 8 a 12 yemas por metro de surco, la cantidad de semilla puede variar según las distancias que se manejen entre surco (Viveros y Calderón 1995).

La caña de azúcar es una planta altamente heterocigota, cuya propagación se debe hacer utilizando esquejes del tallo con una o más yemas, los cuales varían de longitud desde los de una yema hasta el tallo entero con más de 2 m de largo. Las yemas jóvenes germinan más rápido que las viejas, las cuales pueden encontrarse endurecidas por una larga exposición a la intemperie. Para aprovechar todo el tallo como semilla se requiere que todas sus yemas se encuentren sanas y funcionales, por tal razón, el corte del semillero se debe realizar entre los 6 a 9 meses de edad; sin embargo, a veces, por necesidad, se recurre a plantaciones de más de 9 meses que no garantizan una calidad óptima de la semilla y la brotación disminuye (Gómez Nix 2016).

El desarrollo inicial y el vigor de la nueva plantación dependen de la calidad de la semilla. Semillas de plantas vigorosas darán tallos fuertes, mientras que semillas viejas de mala calidad y muy delgadas darán como resultado tallos con menor vigor (Gómez Nix 2016).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar diferentes edades de corte y su efecto como semilla asexual en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP 73-1547 en la hacienda El Porfiado, caserío San Francisco El Porfiado, municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz.

3.2. Objetivos específicos

- Describir el efecto de la edad de la semilla asexual en el comportamiento fisiológico y morfológico de la caña de azúcar.
- Identificar la edad óptima de corte para un cultivar de caña de azúcar a ser utilizado como semilla asexual.
- Determinar la relación costo beneficio en la producción de semilla asexual de caña de azúcar de la variedad CP 73-1547.

4. Materiales y métodos

4.1. Ubicación del estudio

La pasantía de investigación se llevó a cabo durante los meses de abril a diciembre de 2022 en la hacienda El Porfiado, ubicada en el municipio de Santiago Nonualco en el departamento de La Paz. La investigación se estableció en el lote 698 La Ceiba, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y a una distancia de 6 kilómetros de San Luis La Herradura, con coordenadas 13°21'29.63" N y 88°59'15.66" O.

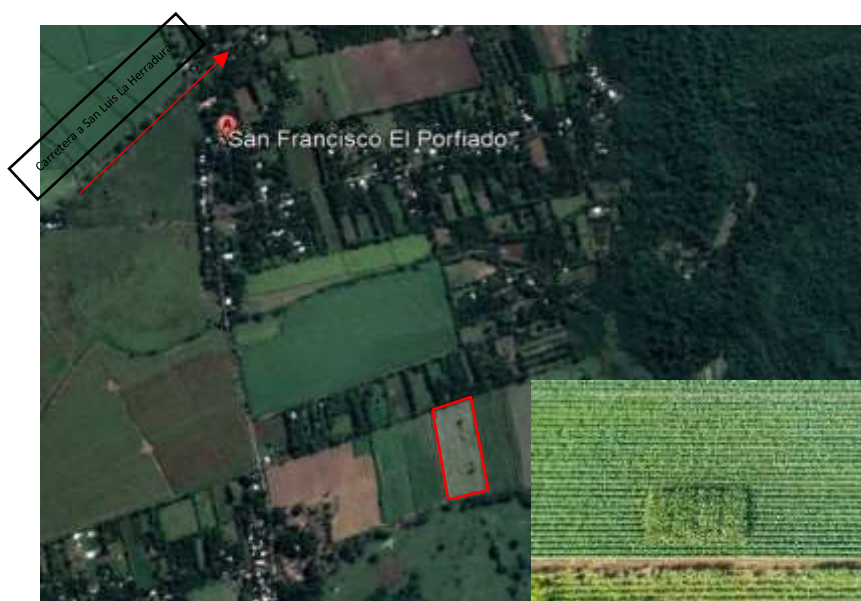


Figura 1. Ubicación de la investigación.

4.2. Descripción del estudio

La investigación fue ejecutada en cuatro etapas: la primera consistió en la búsqueda y revisión de investigaciones relacionadas con el estudio; la segunda etapa correspondió al establecimiento de la caña de azúcar; en la tercera se realizaron las evaluaciones de desarrollo del cultivo establecido y la elaboración de una base de datos en Excel; y la cuarta etapa fue el análisis descriptivo y estadístico de los resultados obtenidos.

4.3. Metodología de campo

4.3.1. Preparación del suelo

Se hizo un paso del surqueador de águila con el fin de formar los surcos y hacer labranza mínima, esta actividad se llevó a cabo el mismo día de la siembra. Al momento del surqueado

se aplicó al suelo el insecticida granulado Allectus 0.7 G con ingrediente activo Imidacloprid + Bifentrina, en dosis de 10 kg por manzana para el control de termitas y plagas del suelo.



Figura 2. Preparación del suelo para la siembra y aplicación del insecticida Allectus.

4.3.2. Delimitación del área a utilizar para el ensayo

La investigación consistió en evaluar 3 edades de la semilla asexual de caña de azúcar de la variedad CP 73-1547, que fueron 8, 10 y 12 meses, con 4 repeticiones (bloques), se delimitaron con estacas 12 parcelas dentro del lote de siembra, cada parcela estaba compuesta por 3 surcos de 5 m de largo cada uno, a una distancia de 1.40 m entre surcos, haciendo un total de 14 m² por parcela, 42 m² por bloque, teniendo un área total de 168 m² para el montaje del ensayo.



Figura 3. Estaquillado del terreno para delimitar las sub parcelas o bloques.

4.3.3. Siembra de la semilla

La siembra de la semilla asexual de caña de azúcar se realizó de manera manual, con el método de dos cañas al beso, dejando un total de 14 a 16 esquejes en 5 metros, procurando

asegurar 3 yemas por esqueje. El tapado de los esquejes en el surco se hizo con azadones, los cuales quedaron cubiertos con una capa de tierra de 10 cm de espesor.



Figura 4. Siembra y tapado de los esquejes de caña de azúcar.

4.3.4. Manejo del cultivo

Control de malezas: Para evitar que las malezas agoten el recurso agua y los nutrientes del suelo se aplicó el herbicida pre-emergente Plateau®, con una dosis de 140 gramos por manzana (7,000 m²), utilizando 3.36 gramos para el área en estudio de 168 m².

Riego: Se llevó a cabo mediante el sistema de riego por aspersión en los primeros 30 días después de la siembra, para obtener mejores resultados en la germinación; para el resto del ciclo vegetativo dependió de las precipitaciones que hubo en la zona.

Fertilización: la primera fertilización se realizó a los 30 días después de la siembra (días después de la siembra), utilizando 2 quintales de Sulfato de amonio por manzana y 10.58 libras para el área del ensayo que fueron 168 m². La segunda fertilización se llevó a cabo a los 60 días después de la siembra utilizando Urea en la misma dosis que en la primera fertilización.

Control de plagas y enfermedades: Al ser un área cultivada como semillero el control inicia desde la selección de la semilla verificando que no presente plagas ni enfermedades; de igual manera se aplicó el insecticida granulado Allectus 0.7 G con ingrediente activo Imidacloprid + Bifentrina, en dosis de 10 kg por manzana para el control de termitas y plagas del suelo.

4.4. Metodología estadística

Se utilizó un diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar, con 4 repeticiones. Cada parcela estaba compuesta por 3 surcos de 5 m de largo cada uno, a una distancia de 1.40 m entre cada surco. Se utilizó un paquete de semilla de 50 esquejes por parcela (15 metros lineales) y 12 paquetes para toda la investigación, con un peso aproximado de 35 libras cada uno, los cuales se obtuvieron en la hacienda Las Cotorras, ubicada en el municipio de Aguilares y en la hacienda El Porfiado, después de su corte y paqueto se transportó al lote 698 de la hacienda El Porfiado.

Cuadro 2. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Edad de corte
Testigo o Tratamiento 0 (T0)	12 meses
Tratamiento 1 (T1)	8 meses
Tratamiento 2 (T2)	10 meses

Oriente			
Repetición 4	1	2	Testigo
Repetición 3	2	Testigo	1
Repetición 2	Testigo	1	2
Repetición 1	1	2	Testigo
Occidente			

Figura 5. Distribución en campo de los tratamientos.



Figura 6. A) Tallo de la variedad CP 73-1547; B) corte de semilla asexual; C) Paquete de semilla de caña de azúcar en el lote 698.

4.4.1. Variables en estudio

- **Porcentaje de germinación (Brotos/m):** se realizó contando los brotes que emergieron del suelo por metro lineal, desde los 30 días hasta los 180 días después de la siembra, el conteo se realizó durante las 6 evaluaciones de desarrollo del cultivo.
- **Altura de los brotes y tallos:** este parámetro se midió con cinta métrica durante 6 evaluaciones de desarrollo del cultivo.
- **Diámetro de las plantas:** esta variable se midió con un Pie de rey, en las 6 evaluaciones realizadas.
- **Cantidad de tallos al momento de la cosecha:** Con el fin de conocer la cantidad de biomasa en un área determinada obtenida por cada una de las edades en estudio, se contaron los tallos que lograron desarrollarse hasta los 7 meses de edad (210 días después de la siembra), se seleccionaron los surcos centrales de los 4 bloques o repeticiones correspondientes a cada edad, dando lugar al conteo de tallos dentro de 4 surcos con 5 m de largo por cada una de las edades en estudio y así poder obtener un resultado promedio en un área de 5 metros lineales.
- **Cantidad de semilla cosechada (lb):** Como cada parcela tenía 3 surcos de 5 m de largo cada uno, para medir esta variable se seleccionaron los surcos centrales de los 4 bloques o repeticiones correspondientes a cada edad, dando lugar a la cosecha de 4 surcos de 5 m de largo por cada una de las edades en estudio, y así poder obtener un resultado promedio en un área de 5 metros lineales por edad.
- **Peso de los tallos:** fue la última variable a medir, con el uso de una báscula se obtuvo el peso promedio de los tallos cosechados

Para la organización, procesamiento y análisis de los datos se utilizaron métodos descriptivos simples, como tablas de frecuencias, representaciones gráficas, medidas de tendencia central y de dispersión, e intervalos de confianza.

A las variables cuantitativas se les aplicó análisis bivariado, correlación de Pearson y análisis de varianza (ANVA). Previo a la aplicación del análisis de varianza se verificó que los datos cumplan con los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal.

Para demostrar estadísticamente cuál de las edades de corte presenta el mejor comportamiento como semilla asexual en caña de azúcar variedad CP 73-1547, se aplicó la

prueba estadística de comparación de medias de Tukey. Todo el análisis se realizó con un nivel de significancia estadística (alfa) α del 5% = 0.05, mediante la utilización de hojas de cálculo de Microsoft Excel® y los programas estadísticos INFOSTAT® 2020.

4.5. Metodología de oficina

Para la búsqueda de información vía internet se utilizaron herramientas como google académico para la obtención de artículos científicos que aportaran al desarrollo de la investigación; también se hizo uso de portales como SPRINGER y SCIENCE DIRECT, los cuales son recomendados para la obtención de información válida y confiable.

4.6. Relación costo beneficio

Para conocer la relación costo beneficio se realizó un presupuesto parcial tomando en cuenta los rendimientos obtenidos, los beneficios económicos esperados y las actividades que generaron un costo directo, esto con el fin de obtener un margen de beneficio neto que estaría produciendo un cultivar de caña de azúcar que proviene de semilla con 8, 10 y 12 meses de edad, variedad CP 73-1547, para un área de una manzana (mz) de terreno (7,000 m²).

4.6.1. Cálculo del rendimiento promedio, rendimiento ajustado y beneficios brutos de campo

Rendimiento promedio (Rp)

Para el cálculo del rendimiento promedio se tomaron los resultados obtenidos en campo para un área de 1 manzana (en los ingenios azucareros se maneja que 1 manzana de terreno equivale a 5,000 metros lineales). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$R_p = [(A_t / A_e) \times R_o] / 2,000 \text{ lb} = R_{tn}$$

Donde:

R_p = Rendimiento promedio.

A_t = Área total (5,000 m lineales equivalen a 1 manzana).

A_e = Área experimental (en este caso son los 5 metros lineales que se cosecharon).

R_o = Rendimiento obtenido (en la cosecha de 5 m lineales).

2,000 lb = para obtener el resultado en Toneladas cortas.

R_{tn} = Rendimiento en Toneladas cortas.

Rendimiento ajustado (Ra)

Para obtener el rendimiento ajustado se le resta el 10% al rendimiento promedio.

Beneficios brutos de campo (\$/Mz)

Para obtener este dato se multiplica el total de toneladas del rendimiento promedio por el valor comercial actual de la tonelada de semilla de caña de azúcar que es USD\$39.95 con IVA incluido, precio que se maneja en el Ingenio El Ángel.

- **Rendimiento promedio, rendimiento ajustado y beneficios brutos de caña de azúcar que proviene de semilla con 8 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$R_p = [(5,000 \text{ m} / 5 \text{ m}) \times 154.53 \text{ lb}] / 2,000 \text{ lb} = 77.27 \text{ Tn de semilla}$$

$$R_a = 77.27 \text{ Tn de semilla} \times 0.10 = 7.73 \text{ Tn de semilla}$$

$$R_a = 77.27 \text{ Tn de semilla} - 7.73 \text{ Tn de semilla} = 69.54 \text{ Tn de semilla}$$

Beneficios brutos de campo

$$69.54 \text{ Tn de semilla} \times \text{USD\$ } 39.95 = \underline{\text{USD\$ } 2,778.12/\text{mz}}$$

- **Rendimiento promedio, rendimiento ajustado y beneficios brutos de caña de azúcar que proviene de semilla con 10 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$R = [(5,000 \text{ m} / 5 \text{ m}) \times 168.11 \text{ lb}] / 2,000 \text{ lb} = 84.06 \text{ Tn de Semilla}$$

$$R_a = 84.06 \text{ Tn de semilla} \times 0.10 = 8.41 \text{ Tn de semilla}$$

$$R_a = 84.06 \text{ Tn de semilla} - 8.41 \text{ Tn de semilla} = 75.65 \text{ Tn de semilla}$$

Beneficios brutos de campo

$$75.65 \text{ Tn de semilla} \times \text{USD\$ } 39.95 = \underline{\text{USD\$ } 3,022.22/\text{mz}}$$

- **Rendimiento promedio, rendimiento ajustado y beneficios brutos de caña de azúcar que proviene de semilla con 12 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$R = [(5,000 \text{ m} / 5 \text{ m}) \times 135.07 \text{ lb}] / 2,000 \text{ lb} = \mathbf{67.54 \text{ Tn de semilla}}$$

$$R_a = 67.54 \text{ Tn de semilla} \times 0.10 = \mathbf{6.75 \text{ Tn de semilla}}$$

$$R_a = 67.54 \text{ Tn de semilla} - 6.75 \text{ Tn de semilla} = \mathbf{60.79 \text{ Tn de semilla}}$$

Beneficios brutos de campo

$$60.79 \text{ Tn de semilla} \times \text{USD\$ } 39.95 = \mathbf{\underline{\text{USD\$ } 2,428.56/\text{mz}}}$$

4.6.2. Costos variables

Se consideraron la compra insumos; pago de maquinaria y de mano de obra, y costos de cosecha.

Costos por compra de insumos:

- Semilla de caña de azúcar para 1 mz = 2.92 Tn x USD\$ 39.95 = USD\$ 116.65.
- Herbicida pre emergente Plateau® para 1 mz = 140 gr x USD\$ 0.14 = USD\$ 20.24.
- Insecticida Allectus 0.7 gr para 1 mz = 10 kg x USD\$ 4.14 = USD\$ 41.40.
- Fertilizante Sulfato de amonio para 1 mz = 2 qq x USD\$ 29.89 = USD\$ 59.78.
- Fertilizante Urea 46% N para 1 mz = 2 qq x USD\$ 59.66 = USD\$ 119.32.

$$\mathbf{\text{Costo total por compra de insumos} = \underline{\text{USD\$ } 357.39}}$$

Costos por alquiler de maquinaria

Para la labranza mínima se hizo uso de un surqueador tipo águila, el cual tuvo un costo de alquiler de **USD\$ 64.45**

Costos por pago de mano de obra

Para la siembra de 1 mz de caña de azúcar en un día se necesitan 7 jornales con un pago de USD\$ 12.00 al día, con un costo de **USD\$ 84.00/mz.**

Para la aplicación de herbicida, insecticida y fertilizante al suelo se necesitó de 6 jornales por mz, con un pago de USD\$ 10.00 al día, con tres días de trabajo para aplicar en cada etapa del cultivo, se tuvo un costo total de **USD\$ 240.00**.

Costo total de mano de obra = USD\$ 324.00

Costos de cosecha (Cc)

Para calcular el costo de la cosecha se hizo uso del rendimiento ajustado. La cosecha de semilla de caña de azúcar se realiza por tareas, una tarea equivale a 40 paquetes con un peso aproximado de 35 lb cada uno, por lo que se espera que en una tarea se cosechen 1,400 libras de semilla de caña de azúcar.

Para conocer el promedio de tareas por manzana y el costo que estaría generando se utilizó la siguiente formula:

$$T_{mz} = (R_a \times 2,000 \text{ lb}) / 1,400 \text{ lb.}$$

Donde:

T_{mz} = Tareas por manzana.

R_a = Rendimiento ajustado.

Para obtener el rendimiento ajustado se multiplicó la cantidad de tareas por el precio establecido en campo que es de USD\$7.00 /tarea.

- **Costo de cosecha promedio de la producción de caña de azúcar proveniente de semilla con 8 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$T_{mz} = (69.54 \text{ Tn de semilla} \times 2,000 \text{ lb}) / 1,400 \text{ lb} = \mathbf{99.34 \text{ tareas/mz}}$$

$$C_c = 99.34 \text{ tareas/mz} \times \text{USD\$ } 7.00 = \mathbf{\text{USD\$ } 695.38}$$

- **Costo de cosecha promedio de la producción de caña de azúcar proveniente de semilla con 10 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz.**

$$T_{mz} = (75.65 \text{ Tn de semilla} \times 2,000 \text{ lb}) / 1,400 \text{ lb} = \mathbf{108.07 \text{ tareas/mz}}$$

$$C_c = 108.07 \text{ tareas/mz} \times \text{USD\$ } 7.00 = \underline{\text{USD\$ } 756.49}$$

- **Costo de cosecha promedio de la producción de caña de azúcar proveniente de semilla con 12 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$T_{mz} = (60.79 \text{ Tn de semilla} \times 2,000 \text{ lb}) / 1,400 \text{ lb} = \underline{\text{86.84 tareas/mz}}$$

$$C_c = 86.84 \text{ tareas/mz} \times \text{USD\$ } 7.00 = \underline{\text{USD\$ } 607.88}$$

La suma de los costos de compra de insumos, alquiler de maquinaria, pago de mano de obra y costos de cosecha, se utilizan para conocer los costos variables.

- **Costos variables de caña de azúcar proveniente de semilla con 8 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$C_v = (\text{USD\$ } 357.39 + \text{USD\$ } 64.45 + \text{USD\$ } 324.00 + \text{USD\$ } 695.38) = \underline{\text{USD\$ } 1,441.22}$$

- **Costos variables de caña de azúcar proveniente de semilla con 10 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$C_v = (\text{USD\$ } 357.39 + \text{USD\$ } 64.45 + \text{USD\$ } 324.00 + \text{USD\$ } 756.49) = \underline{\text{USD\$ } 1,502.33}$$

- **Costos variables de caña de azúcar proveniente de semilla con 12 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$C_v = (\text{USD\$ } 357.39 + \text{USD\$ } 64.45 + \text{USD\$ } 324.00 + \text{USD\$ } 607.88) = \underline{\text{USD\$ } 1,074.68}$$

4.6.3. Beneficios netos

Para obtener este valor a los Beneficios brutos de campo se le restaron los costos variables.

$$B_n = \text{Beneficios brutos de campo} - \text{Costos variables}$$

- **Beneficios netos en caña de azúcar proveniente de semilla con 8 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$B_n = \text{USD\$ } 2,778.12 - \text{USD\$ } 1,441.22 = \underline{\text{USD\$ } 1,336.90}$$

- **Beneficios netos en caña de azúcar proveniente de semilla con 10 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$Bn = \text{USD\$ } 3,022.22 - \text{USD\$ } 1,502.33 = \underline{\text{USD\$ } 1,519.89}$$

- **Beneficios netos en caña de azúcar proveniente de semilla con 12 meses de edad, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz**

$$Bn = \text{USD\$ } 2,428.56 - \text{USD\$ } 1,353.72 = \underline{\text{USD\$ } 1,074.84}$$

Cuadro 3. Presupuesto parcial de caña de azúcar proveniente de semilla con edad de 8, 10 y 12 meses, variedad CP 73-1547, en un área de 1 mz.

Presupuesto Parcial.	Tratamiento 0 Semilla con 12 meses de edad.			Tratamiento 1 Semilla con 8 meses de edad.			Tratamiento 2 Semilla con 10 meses de edad.		
	Total 1 Mz	\$/Tn	\$/Mz	Total 1 Mz	\$/Mz	\$/Tn	Total 1 Mz	\$/Mz	\$/Tn
Rendimiento Medio (Tn/Mz)	67.54	-	-	77.27			84.06		
Rendimiento Ajustado	60.79	-	-	69.54	-	-	75.65	-	-
Precio por Tonelada de semilla.		\$39.95			\$39.95			\$39.95	
Beneficios Brutos de campo (\$/Mz)	\$2,428.56			\$2,778.12			\$3,022.22		
Costos (\$/Mz).	Total 1 Mz	\$ Unidad.	\$/Mz	Total 1 Mz	\$ Unidad.	\$/Mz	Total 1 Mz	\$ Unidad.	\$/Mz
Semilla de caña de azúcar.	2.92 Tn	\$39.95	\$116.65	2.92 Tn	\$39.95	\$116.65	2.92 Tn	\$39.95	\$116.65
Preparación del suelo.			\$64.45			\$64.45			\$64.45
Siembra (mano de obra)			\$84.00			\$84.00			\$84.00
Herbicida Pre emergente Plateau®	140 gr	\$0.14	\$20.24	140 gr	\$0.14	\$20.24	140 gr	\$0.14	\$20.24
Insecticida Allectus 0.7 gr	10 kg	\$4.14	\$41.40	10 kg	\$4.14	\$41.40	10 kg	\$4.14	\$41.40
Mano de obra para la aplicación de herbicida e insecticida			\$120.00			\$120.00			\$120.00
1° Fertilización (Sulfato de amonio)	2 qq	\$29.89	\$59.78	2 qq	\$29.89	\$59.78	2 qq	\$29.89	\$59.78
2° Fertilización (Urea)	2 qq	\$59.66	\$119.32	2 qq	\$59.66	\$119.32	2 qq	\$59.66	\$119.32
Mano de obra para la aplicación de fertilizante			\$120.00			\$120.00			\$120.00
Cosecha (Tareas de 40 paquetes con 35 lb/paquete)	86.84 Tareas	\$7.00	\$607.88	99.34 Tareas	\$7.00	\$695.38	108.07 Tareas	\$7.00	\$756.49
Total de Costos que Varían (\$/Mz)			\$1,353.72			\$1,441.22			\$1,502.33
Beneficios Netos (\$/Mz)	\$1,074.84			\$1,336.90			\$1,519.89		

5. Resultados y discusión

5.1. Número de brotes por metro lineal a los 30 días después de la siembra.

Según los resultados obtenidos en esta investigación, los esquejes (semilla asexual) con edad de 10 meses presentaron el mayor número promedio de brotes con 7.7 brotes/m lineal a los 30 días después de la siembra seguido por los esquejes con edad de 12 meses con 6.92 brotes/m; y por último los esquejes con edad de 8 meses mostraron el menor número de brotes con una media de 5.47 brotes/m (figura 7).

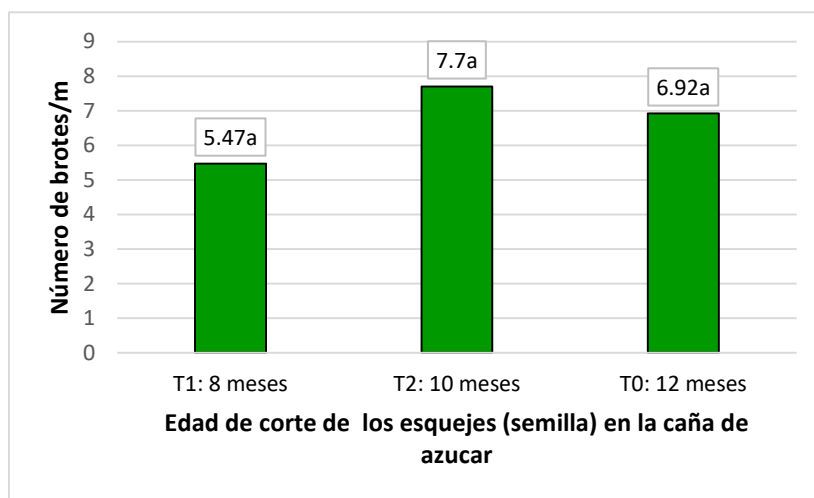


Figura 7. Número de brotes por metro lineal a los 30 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0639 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes por metro lineal a los 30 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 4).

Cuadro 4. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 30 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses		5.47	1.29	23.63	
T2: 10 meses	Brotos/m	7.7	1.32	17.12	0.0639
T0: 12 meses		6.92	0.81	11.68	

5.2. Número de brotes por metro lineal a los 60 días después de la siembra.

El mayor número de brotes promedio de los tallos a los 60 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 13.83 brotes/m lineal, seguido de los tallos de los esquejes de 12 meses de edad con 11.52 brotes/m lineal; finalmente los tallos de esquejes de 8 meses de edad con 10.82 brotes/m (figura 8).

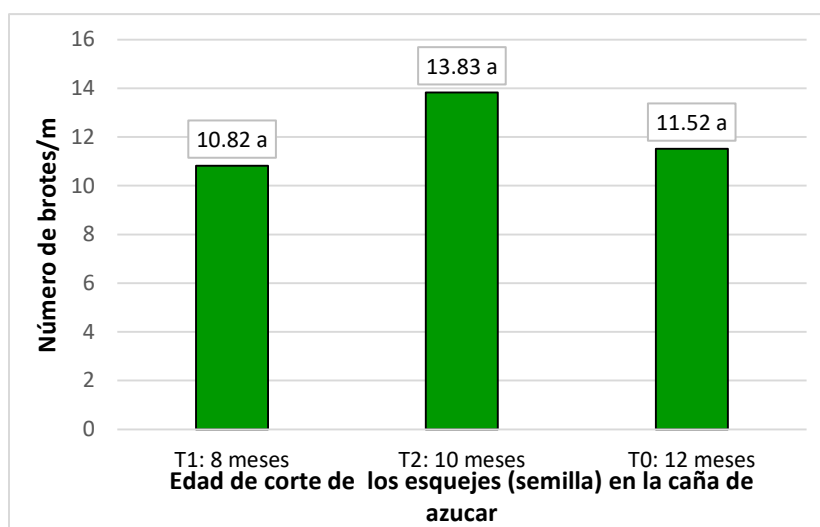


Figura 8. Número de brotes por metro lineal a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0597 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes/m a los 60 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 5).

Cuadro 5. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 60 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Brotos/m	10.82	2.11	19.54	0.0597
T2: 10 meses		13.83	1.29	9.33	
T0: 12 meses		11.52	1.22	10.59	

5.3. Número de brotes por metro lineal a los 90 días después de la siembra.

El mayor número de brotes promedio de los tallos a los 90 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 10.54 brotes/m lineal; seguido de

los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 9.35 brotes/m lineal; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 8.97 brotes/m (figura 9).

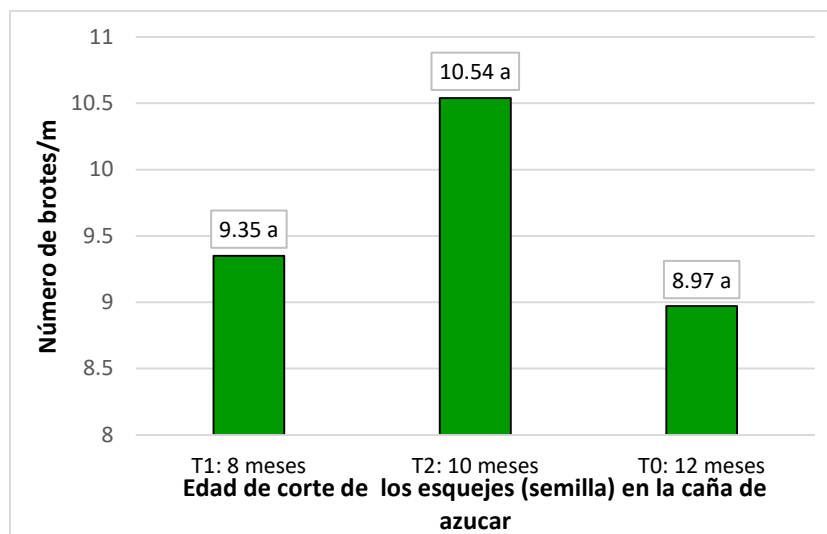


Figura 9. Número de brotes por metro lineal a los 90 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.1078 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes/m a los 90 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 6).

Cuadro 6. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 90 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses		9.35	0.81	8.67	
T2: 10 meses	Brotes/m	10.54	1.18	11.18	0.1078
T0: 12 meses		8.97	0.86	9.56	

5.4. Número de brotes por metro lineal a los 120 días después de la siembra.

El mayor número de brotes promedio de los tallos a los 120 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 10.62 brotes/m lineal; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 9.55 brotes/m lineal; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 8.69 brotes/m (figura 10).

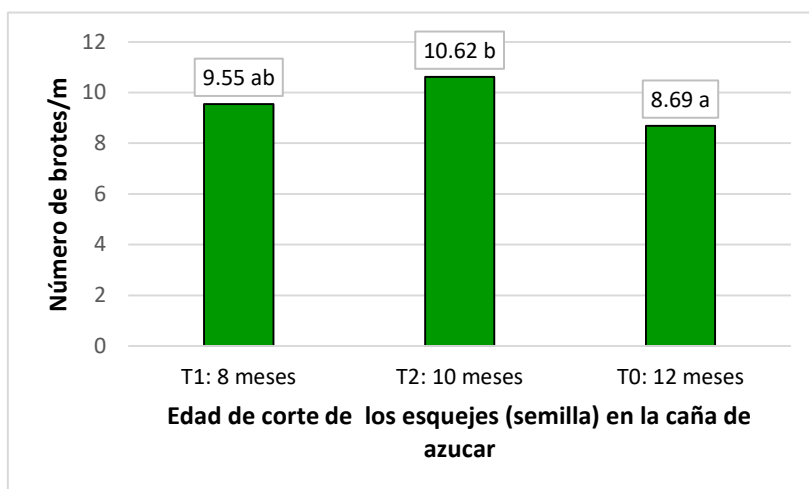


Figura 10. Número de brotes por metro lineal a los 120 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0095 menor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes/m a los 120 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar, demostrando que los esquejes con edad de 12 meses están produciendo similares efectos en la cantidad de brotes/m que los esquejes con edad de 8 meses, pero menores efectos que los esquejes con edad de 10 meses.

Los esquejes con edad de 8 meses están produciendo similares efectos con los esquejes de 10 y 12 meses de edad en cuanto a la cantidad de brotes/m; y por último se demostró que los esquejes con edad de 10 meses son los que mejores efectos han presentado en cuanto a la cantidad de brotes/m (cuadro 7).

Cuadro 7. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 120 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses		9.55	0.74	7.78	
T2: 10 meses	Brotos/m	10.62	0.81	7.67	0.0095
T0: 12 meses		8.69	0.4	4.66	

5.5. Número de brotes por metro lineal a los 150 días después de la siembra.

El mayor número de brotes promedio de los tallos a los 150 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 9.44 brotes/m lineal; seguido de

los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 8.65 brotes/m lineal; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 7.57 brotes/m (figura 11).

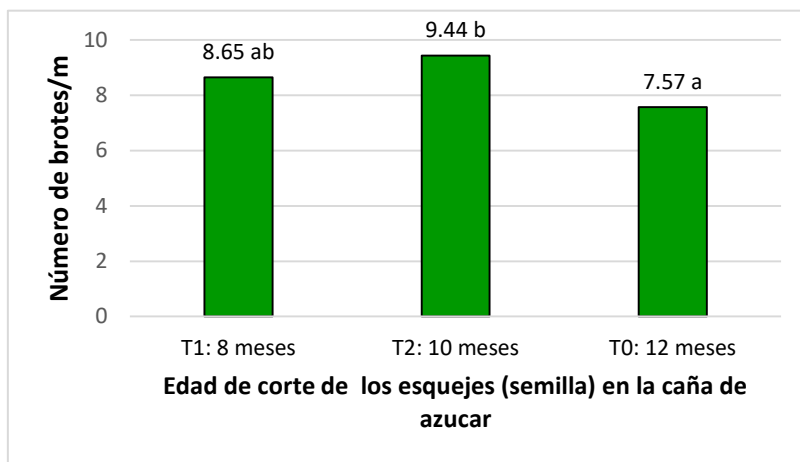


Figura 11. Número de brotes por metro lineal a los 150 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0089 menor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes/m a los 150 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar, demostrando que los esquejes con edad de 12 meses están produciendo similares efectos en la cantidad de brotes/m que los esquejes con edad de 8 meses, pero menores efectos que los esquejes con edad de 10 meses.

Los esquejes con edad de 8 meses están produciendo similares efectos con los esquejes de 10 y 12 meses de edad en cuanto a la cantidad de brotes/m; y se demostró que los esquejes con edad de 10 meses son los que mejores efectos han presentado en cuanto a la cantidad de brotes/m (cuadro 8).

Cuadro 8. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 150 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Brotes/m	8.65	0.24	2.8	0.0089
T2: 10 meses		9.44	1.05	11.08	
T0: 12 meses		7.57	0.39	5.19	

5.6. Número de brotes por metro lineal a los 180 días después de la siembra.

El mayor número de brotes promedio de los tallos a los 180 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 8.90 brotes/m lineal; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 8.35 brotes/m lineal; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 7.34 brotes/m (figura 12).

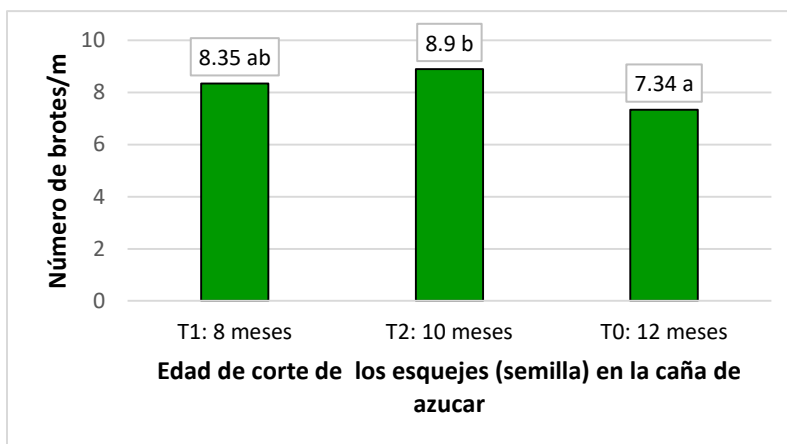


Figura 12. Número de brotes por metro lineal a los 180 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.015 menor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de brotes/m a los 180 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar, demostrando que los esquejes con edad de 12 meses están produciendo similares efectos en la cantidad de brotes/m que los esquejes con edad de 8 meses, pero menores efectos que los esquejes con edad de 10 meses.

Los esquejes con edad de 8 meses están produciendo similares efectos con los esquejes de 10 y 12 meses de edad en cuanto a la cantidad de brotes/m; y se demostró que los esquejes con edad de 10 meses son los que mejores efectos han presentado en cuanto a la cantidad de brotes/m (cuadro 9).

Cuadro 9. Medidas resumen y análisis de varianza del número de brotes/m a los 180 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses		8.35	0.27	3.22	
T2: 10 meses	Brotes/m	8.9	0.8	9.03	0.015
T0: 12 meses		7.34	0.61	8.3	

Enríquez Gómez (2021) en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Colombia, realizó un estudio con el objetivo de evaluar los parámetros adecuados para establecer la edad de corte y la posición original de las yemas en la semilla de caña de azúcar de las variedades CC 14-3296, CC 14-3358, CC 13-2035 y CC 12-2120; para ello seleccionó semilla de tallos de 6, 7, 8, 9 y 10 meses de edad del cultivo, fue dividida en tres tercios y se separaron las yemas de la siguiente forma: basal, medio y alto. Las variables que evaluó fueron porcentaje de emergencia, índice de velocidad de emergencia y vigor de cada una de las variedades.

El experimento fue establecido en un diseño completamente al azar en arreglo factorial A x B, donde el factor A fue la edad de semilla y el factor B el tercio del tallo; cada tratamiento conto con 20 repeticiones para cada una de las variedades. En todas las variedades hubo diferencias estadísticamente significativas, las variedades CC 14-3296, CC 13-2035 y CC 12-2120 obtuvieron porcentajes de emergencia de 60% en semilla de 6 meses de edad; la variedad CC 14-3358 alcanzó un porcentaje de emergencia óptimo a los 8 y 9 meses de edad. Los mejores niveles de emergencia se obtuvieron con semilla del tercio medio para las variedades CC 14-3296 y CC 14-3358. En las variedades CC 13-2035 y CC 12-2120 el mejor porcentaje de emergencia se logró en los tercios bajo y medio.

5.7. Altura de tallos a los 30 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 30 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 18.24 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 16.31 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 14.79 cm (figura 13).

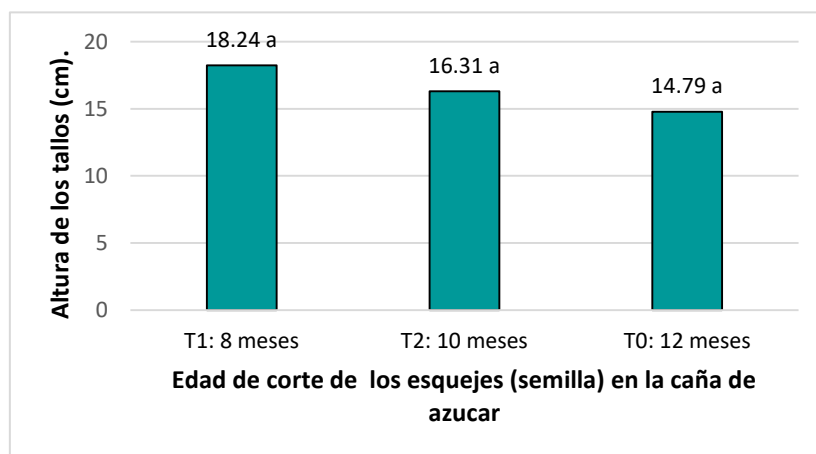


Figura 13. Altura de tallos a los 30 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.2806 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 30 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 10).

Cuadro 10. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de los tallos a los 30 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura de los tallos (cm)	18.24	0.87	4.75	0.2806
T2: 10 meses		16.31	2.58	15.79	
T0: 12 meses		14.79	4.13	27.92	

5.8. Altura de tallos a los 60 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 60 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 23.43 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 21.50 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 19.98 cm (figura 14).

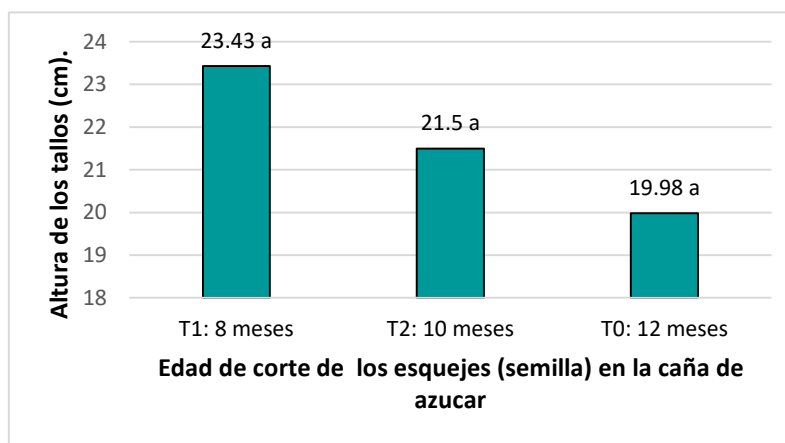


Figura 14. Altura de tallos a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.2806 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 60 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 11).

Cuadro 11. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de los tallos a los 60 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura de los tallos (cm)	23.43	0.87	3.69	0.2806
T2: 10 meses		21.5	2.58	11.98	
T0: 12 meses		19.98	4.13	20.67	

5.9. Altura de tallos a los 90 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 90 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 29.10 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 26.95 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 24.60 cm (figura 15).

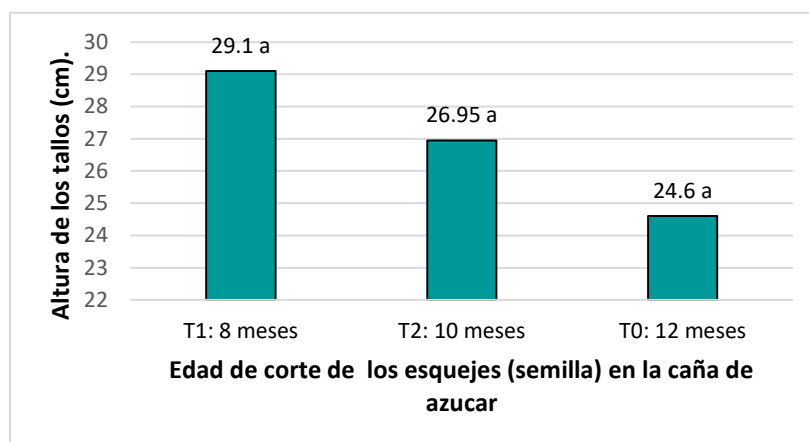


Figura 15. Altura de tallos a los 90 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.129 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 90 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 12).

Cuadro 12. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 90 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura del tallo (cm)	29.1	0.53	1.82	0.129
T2: 10 meses		26.95	2.7	10.02	
T0: 12 meses		24.6	3.98	16.19	

5.10. Altura de tallos a los 120 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 120 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 79.35 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 71.30 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 60.20 cm (figura 16).

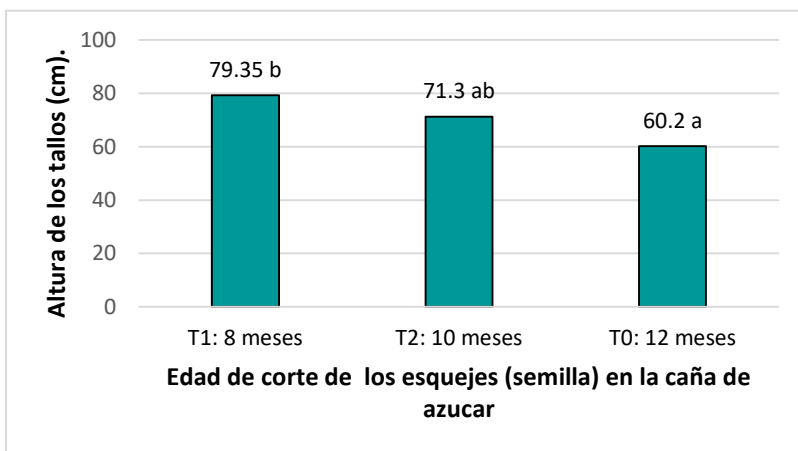


Figura 16. Altura de tallos a los 120 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0354 menor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 120 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar; demostrando que los esquejes con edad de 12 meses presentaron tallos con aturas similares a los tallos que se obtuvieron de los esquejes con edad de 10 meses, pero menores alturas que en los tallos obtenidos de los esquejes con edad de 8 meses.

Los esquejes con edad de 10 meses están produciendo tallos con alturas similares a la de tallos que se obtuvieron de esquejes con edad de 8 y 12 meses; y se demostró que tallos provenientes de esquejes con edad de 8 meses son los que mejores alturas han presentado (cuadro 13).

Cuadro 13. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 120 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura del tallo (cm)	79.35	1.71	2.15	0.0354
T2: 10 meses		71.3	13.93	19.54	
T0: 12 meses		60.2	5.2	8.63	

5.11. Altura de tallos a los 150 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 150 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 153.7 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 150.95 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 119.20 cm (figura 17).

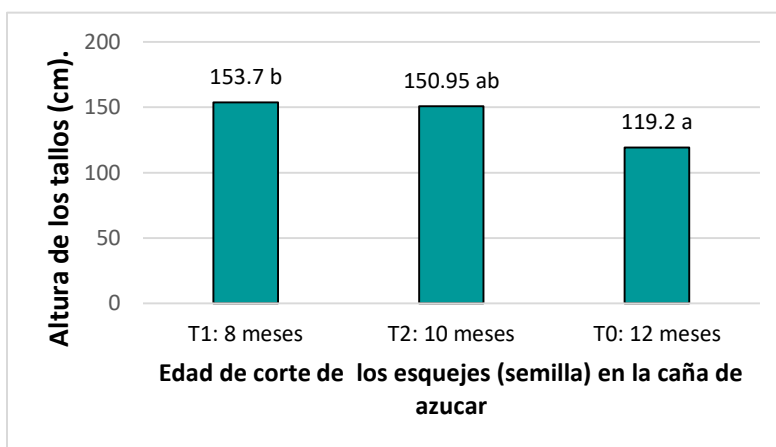


Figura 17. Altura de tallos a los 150 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0411 menor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 150 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar; demostrando que los esquejes con edad de 12 meses presentaron tallos con alturas similares a los tallos que se obtuvieron de los esquejes con edad de 10 meses, pero menores alturas que en los tallos obtenidos de los esquejes con edad de 8 meses.

Los esquejes con edad de 10 meses están produciendo tallos con alturas similares a la de tallos que se obtuvieron de esquejes con edad de 8 y 12 meses; y se demostró que tallos provenientes de esquejes con edad de 8 meses son los que mejores alturas han presentado (cuadro 14).

Cuadro 14. Medidas resumen y análisis de varianza e la altura de tallos a los 150 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura del tallo (cm)	153.7	4.48	2.91	0.0411
T2: 10 meses		150.95	28.14	18.64	
T0: 12 meses		119.2	10.62	8.91	

5.12. Altura de tallos a los 180 días después de la siembra

La mayor altura promedio de los tallos a los 180 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 194.10 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 187.85 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 167.95 cm (figura 18).

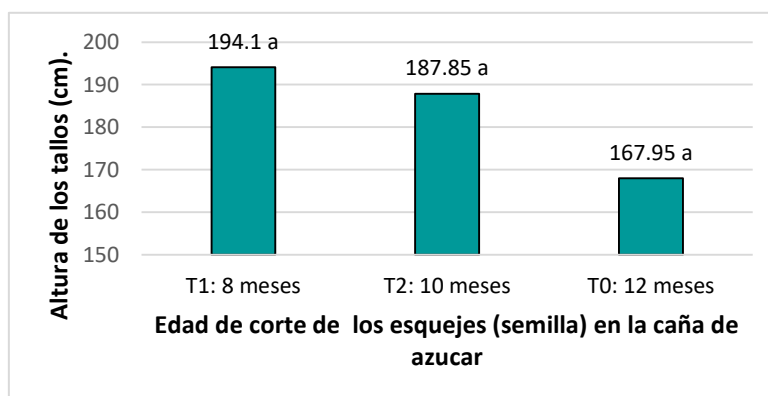


Figura 18. Altura de tallos a los 180 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.1882 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de tallos a los 180 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 15).

Cuadro 15. Medidas resumen y análisis de varianza de la altura de tallos a los 180 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Altura del tallo (cm)	194.1	12.22	6.29	0.1882
T2: 10 meses		187.85	23.12	12.31	
T0: 12 meses		167.95	20.56	12.24	

5.13. Diámetro de tallos a los 30 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 30 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 0.51 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 0.44 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 0.43 cm (figura 19).

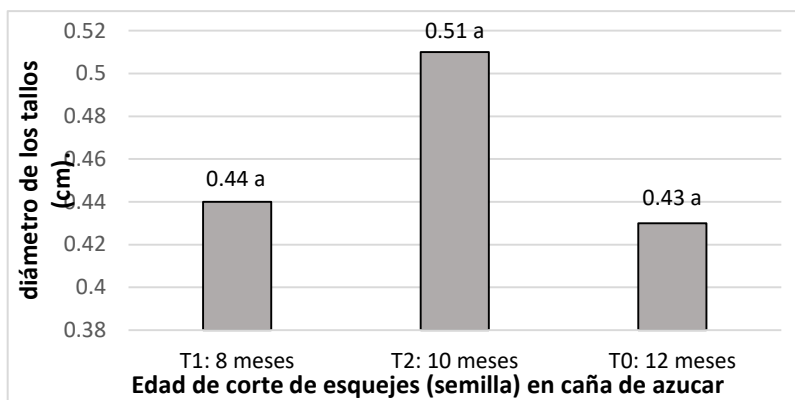


Figura 19. Diámetro de los tallos a los 30 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.7994 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 30 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 16).

Cuadro 16. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 30 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Diámetro de tallos (cm)	0.44	0.05	11.56	0.7994
T2: 10 meses		0.51	0.15	28.81	
T0: 12 meses		0.43	0.26	59.5	

5.14. Diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 60 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 12 meses de edad con 1.16 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 1.06 cm; finalmente los tallos de esquejes de 10 meses de edad con 1.03 cm (figura 20).

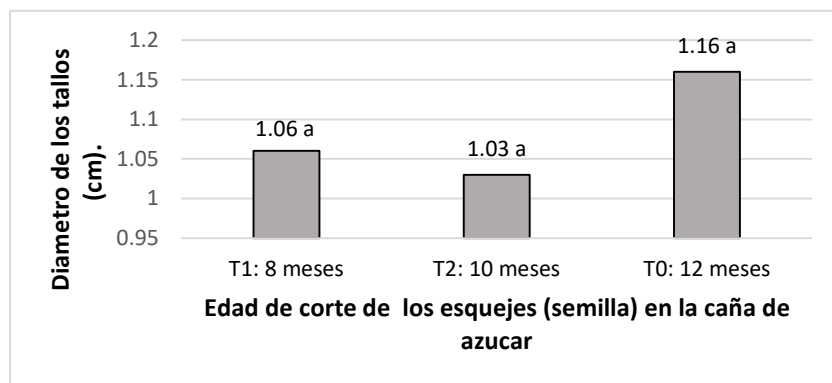


Figura 20. Diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.3319 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 17).

Cuadro 17. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 60 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	diámetro del tallo (cm)	1.06	0.07	6.86	0.3319
T2: 10 meses		1.03	0.06	6.14	
T0: 12 meses		1.16	0.19	16.57	

5.15. Diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 90 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 1.56 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 1.49 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 1.43 cm (figura 21).

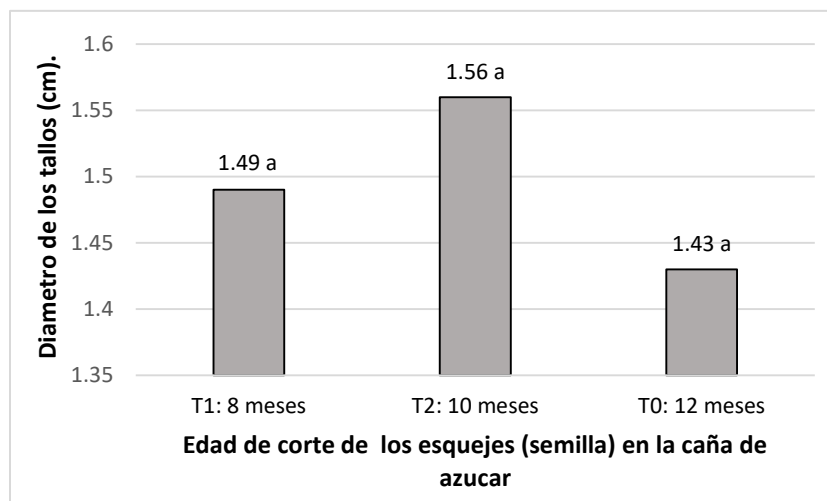


Figura 21. Diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.317 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 18).

Cuadro 18. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 90 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Medi a	Desviación estándar	Coficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Diámetro promedio (cm)	1.49	0.12	8.38	0.317
T2: 10 meses		1.56	0.12	7.81	
T0: 12 meses		1.43	0.07	5.17	

5.16. Diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 120 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 2.79 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 10 meses de edad con 2.57 cm; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 2.42 cm (figura 22).

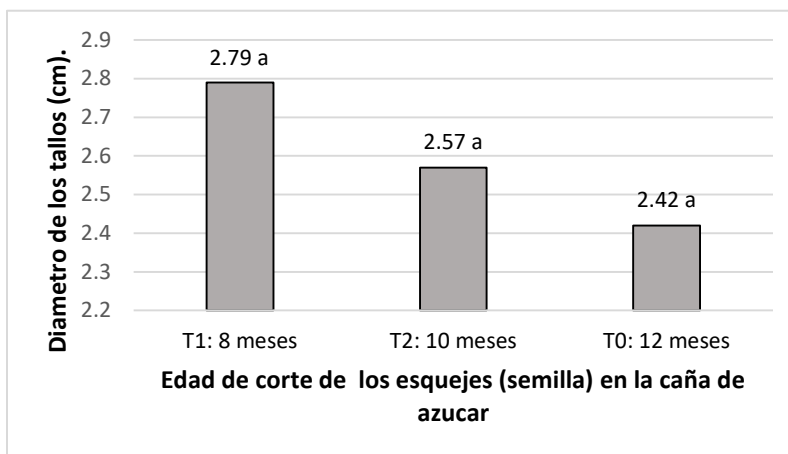


Figura 22. Diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0696 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 19).

Cuadro 19. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 120 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Diámetro	2.79	0.15	5.32	0.0696
T2: 10 meses	Promedio (cm)	2.57	0.25	9.87	
T0: 12 meses		2.42	0.18	7.26	

5.17. Diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 150 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 8 meses de edad con 2.93 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 12 meses de edad con 2.90 cm; finalmente los tallos de esquejes de 10 meses de edad con 2.77 cm (figura 23).

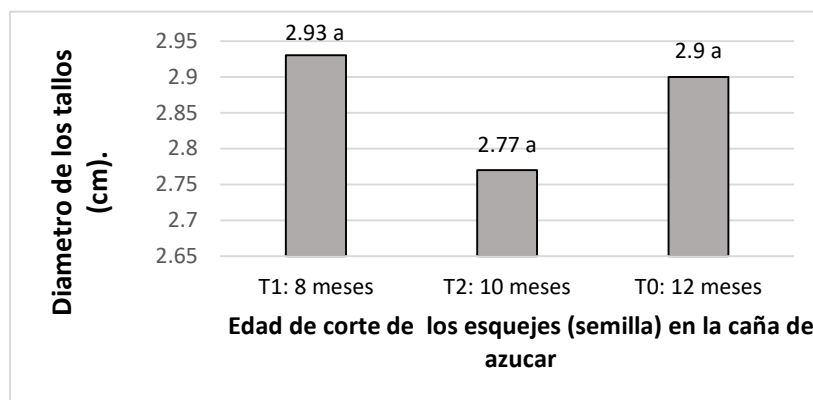


Figura 23. Diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.3516 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 150 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 20).

Cuadro 20. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de los tallos a los 150 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Diámetro Promedio (cm)	2.93	0.1	3.41	0.3516
T2: 10 meses		2.77	0.24	8.83	
T0: 12 meses		2.9	0.03	0.98	

5.18. Diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio de los tallos a los 180 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 12 meses de edad con 3.01 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 2.97 cm; finalmente los tallos de esquejes de 10 meses de edad con 2.82 cm (figura 24).

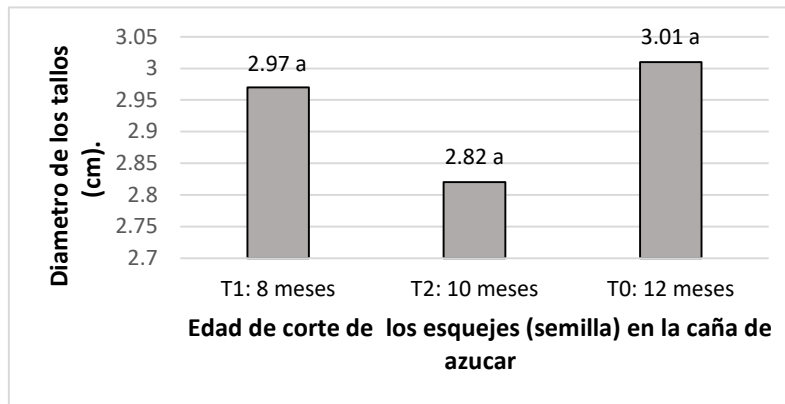


Figura 24. Diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.1144 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 21).

Cuadro 21. Medidas resumen y análisis de varianza del diámetro de tallos a los 180 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Dímetro	2.97	0.05	1.78	0.1144
T2: 10 meses	Promedio	2.82	0.19	6.62	
T0: 12 meses	(cm)	3.01	0.09	3	

5.19. Número de tallos cosechados a los 210 días después de la siembra

El mayor número promedio de tallos cosechados en 5 metros lineales a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 51.25 tallos; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 47.25 tallos; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 45 tallos (figura 25).

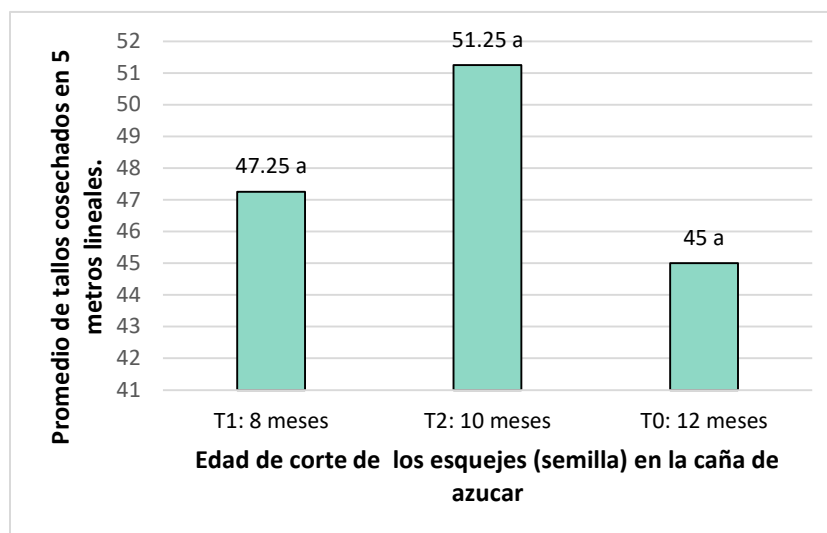


Figura 25. Número promedio de tallos cosechados en 5 metros lineales a los 210 días después de la siembra.

Como cada parcela tenía 3 surcos de 5 m de largo cada uno, para medir esta variable se seleccionaron los surcos centrales de los 4 bloques o repeticiones correspondientes a cada edad, dando lugar a la cosecha de 4 surcos de 5 m de largo por cada una de las edades en estudio.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.5896 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de tallos cosechados en 20 m a los 210 días después de la siembra (cuadro 22).

Cuadro 22. Medidas resumen y análisis de varianza del promedio tallos cosechados a los 210 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Promedio de tallos en 5 metros lineales.	47.25	3.86	8.17	0.5896
T2: 10 meses		51.25	10.14	19.79	
T0: 12 meses		45	9.83	21.84	

5.20. Cantidad de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra

La mayor cantidad de semilla promedio cosechada en 5 m a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 168.11 libras; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 154.53 libras; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 135.07 libras (figura 26).

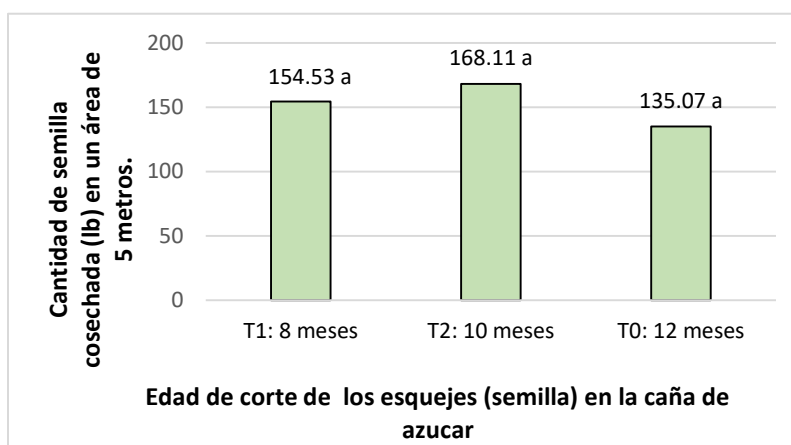


Figura 26. Cantidad de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.3802 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en la cantidad de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 23).

Cuadro 23. Medidas resumen y análisis de varianza de la semilla cosechada a los 210 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Cantidad de semilla cosechada (Rendimiento en lb) en un área de 5 metros.	154.53	12.11	7.84	0.3802
T2: 10 meses		168.11	35.41	21.06	
T0: 12 meses		135.07	40.83	30.23	

Loganandhan, Guija y Vinod Goud (2012) realizaron en el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos de la India durante el periodo 2008-2011, una investigación con el objetivo de desarrollar una metodología para la productividad sostenible de la caña de azúcar, obteniendo como resultados el tamaño y la edad óptima de las astillas (esquejes) de yemas (esquejes de 4 a 10 meses) y la combinación adecuada de medios (cocopita + aserrín) para producir mejores plántulas. Las pruebas de campo de la "Iniciativa caña de azúcar sostenible" (SSI) dieron como resultado rendimientos de 20% más altos, el método garantiza semilla de caña de azúcar de calidad, aumentar el rendimiento y oportunidades de generación de ingresos.

5.21. Peso promedio de los tallos a los 210 días después de la siembra

El mayor peso promedio de los tallos cosechados de caña de azúcar a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla) de 10 meses de edad con 3.33 libras; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 3.30 libras; finalmente los tallos de esquejes de 12 meses de edad con 3.11 libras (figura 27).

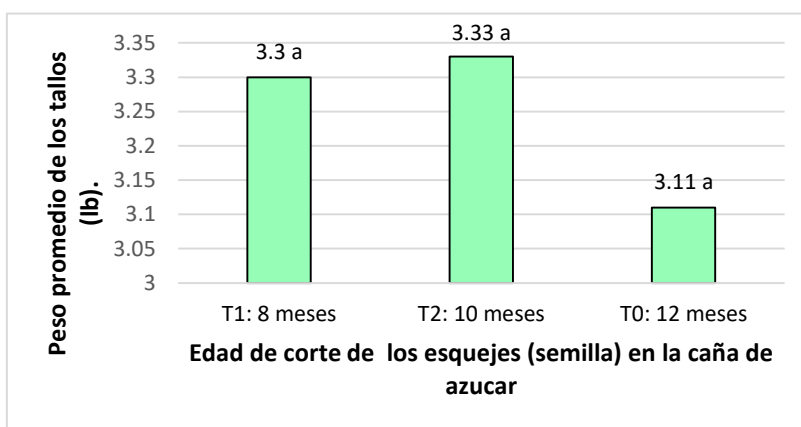


Figura 27. Peso promedio de los tallos a los 210 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con una probabilidad de error (p-valor) de 0.3802 mayor que la significancia estadística (α) de 0.05, que las edades de corte de 8, 10 y 12 meses no presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso promedio de los tallos a los 210 días después de la siembra en el cultivo de caña de azúcar (cuadro 24).

Cuadro 24. Medidas resumen y análisis de varianza del peso de los tallos a los 210 días después de la siembra.

Edad de la semilla	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	p-valor tratamientos
T1: 8 meses	Peso promedio de los tallos (lb).	3.3	0.46	13.94	0.9095
T2: 10 meses		3.33	0.69	20.72	
T0: 12 meses		3.11	1	32.15	

6. Conclusiones

El mayor número de brotes promedio se obtuvo de los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con un promedio de 13.83 brotes/metro a los 60 días después de la siembra.

La mayor altura promedio de los tallos de caña de azúcar a los 180 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 8 meses de edad con 194.10 cm.

El mayor diámetro promedio de los tallos de caña de azúcar a los 180 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 12 meses de edad con 3.01 cm, seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 2.97 cm.

El mayor número de tallos promedio cosechados a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con 51.25 tallos/5 metros; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 47.25 tallos/5 metros.

La mayor cantidad promedio de semilla cosechada a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con 168.11 libras/5 metros; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 154.53 libras/5 m.

El mayor peso promedio de los tallos cosechados de caña de azúcar a los 210 días después de la siembra se obtuvo en los esquejes (semilla asexual) de 10 meses de edad con 3.33 libras; seguido de los tallos de los esquejes de 8 meses de edad con 3.30 libras.

La edad de las semillas asexuales (esquejes) de caña de azúcar incide en el porcentaje de germinación de brotes, altura y diámetro de los tallos, y en la cantidad y peso de los tallos molidos al momento de la cosecha.

Los esquejes (semilla asexual) de caña de azúcar de 8 y 10 meses de edad presentaron los mejores resultados porque es material más joven y vigoroso.

Los cultivares de caña de azúcar provenientes de semilla con edad de 10 meses, variedad CP 73-1547, son los que mejor relación costo beneficio presentan, obteniendo en promedio un beneficio neto de USD\$ 1,519.89 por manzana.

La mecanización e innovación en la agricultura, como lo es la cosecha en verde, ofrece una solución eficiente para reducir los efectos del cambio climático y ambiental, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por la quema de cultivos de caña de azúcar.

7. Recomendaciones

Para el establecimiento de plantaciones de caña de azúcar utilizar semilla asexual (esquejes) de caña de azúcar de la variedad CP 73-1547 de 8 a 10 meses de edad, que provenga de tallos sanos y vigorosos.

En el cultivo de la caña de azúcar para evitar la resiembra y que se aumenten los costos de producción no utilizar semilla asexual (esquejes) con una edad mayor de 12 meses, que presente rajaduras o plagas y enfermedades.

Realizar supervisión constante y permanente a los bancos de semilla asexual del cultivo de la caña de azúcar para evitar problemas de germinación.

Continuar investigando la calidad de la semilla asexual (esquejes) para siembra del cultivo de la caña de azúcar con otras variedades y edades, y aumentar el área de terreno de los ensayos.

Realizar investigaciones sobre la calidad de la semilla asexual de la caña de azúcar y su influencia en la producción y rendimiento en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de sacarosa por hectárea (TSH).

Implementar la cosecha en verde, por parte de la agroindustria azucarera en El Salvador, ya que constituye un eje fundamental de la sostenibilidad agrícola y contribuye a la conservación del medio ambiente.

8. Bibliografía

Alexander, A. 1985. The energy cane alternative (Sugar Series, 6). Universidad Río Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands 509 p.

Aquae Fundacion. s.f. Recursos renovables: la energía del planeta. Madrid. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-son-recursos-renovables/>

BCR (Banco Central de Reserva de El Salvador). 2019. IV.8 Producto Interno Bruto (PIB) por Rama de Actividad Económica. En Línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=30&lang=es>.

Bustamante López, F. 2015. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela. Caso: Nordeste del departamento de Antioquia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Medellín, Colombia. Consultado el 8 de febrero del 2022. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/id/5313/1042996781.pdf;jsessionid=0C509D9F94685E9414EE9B64047FE6E1.jvm1>

Casen, S; Romero, E; Fernanda, L; Bugeau, T; Pérez, D; Paredes, V; Fejiio, E. 2016. Manejo de los residuos agrícolas de la cosecha de caña de azúcar: disponibilidad potencial y alternativas de enfiado. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán, Argentina. in: Avance Agroindustrial. Tucumán, Argentina, pp. 20-26.

CASSA (Compañía Azucarera Salvadoreña). 2019. Beneficios en una hacienda cañera que cosecha 100% en verde. El Salvador. En línea. Consultado el 8 de febrero del 2022. Disponible en: <http://www.comunidadcassa.com/beneficios-una-hacienda-canera-cosecha-100-verde/>

Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA). 2022. Informe Final de Producción 21-22. En línea. Consultado el 29 de mayo del 2022. Disponible en: <https://www.consaa.gob.sv/informe-final-de-produccion-21-22/>

Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA). 2022. Informe semanal de producción 22-23 semana 23. En línea. Consultado el 10 de mayo del 2023. Disponible en: <https://www.consaa.gob.sv/informe-semanal-de-produccion-22-23-semana-23/>

DGDR-MAG (Dirección General de Desarrollo Rural, Ministerios de Agricultura y Ganadería de El Salvador). 2018. Política agrícola y el desarrollo rural territorial. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: https://www.prisma.org.sv/wp-content/uploads/2020/01/politica_agricola_y_desarrollo_rural_territorial.pdf

Enríquez Gómez, H. 2021. Evaluación de prendimiento y vigor de semilla asexual de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD. Colombia, En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44688/hmenriquezg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez, N. 2016. Evaluación de la edad optima de corte de semilla de caña de azúcar variedad cg98-10; la gomera, Escuintla. En línea. Consultado el 15 de marzo del 2022. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/06/14/Gomez-Oscar.pdf>

GRN (Gestión en Recursos Naturales, Chile). 2016. Recursos Naturales. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.grn.cl/recursos-naturales.html>

Grupo El Ángel. 2019. Desarrollo y comunidad. San Salvador. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.grupoelangel.com.sv/desarrollo-comunidad/>

Guzmán, J. 2019. La época de zafra 2019/2020 generará 250,000 empleos. San Salvador, El Salvador. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://historico.elsalvador.com/historico/660346/la-epoca-de-zafra-2019-2020-generara-250000-empleos.html#:~:text=Actualmente%20la%20industria%20azucarera%20produce,viajes%20de%20ida%20y%20vuelta.>

Humbert, RP. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Editorial Continental S. A. México. 256 p.

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina). 2013. La caña de azúcar como cultivo energético, Argentina. En línea. Consultado el 8 de febrero del 2022. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-la-cana-de-azucar-como-cultivo-energetico_2013.pdf
- Leander Raes, F; Oscar Chacón, A. 2018. Guía técnica para la restauración en El Salvador. Zafra verde en caña de azúcar. El Salvador. UICN, Gland, Suiza en colaboración con la Oficina Regional para México, América Central y el Caribe, San José, Costa Rica. pp. 3.
- Loganandhan, N; Guija, B; Vinod Goud, V. 2012. Iniciativa Caña de Azúcar Sostenible (SSI): Una Metodología de 'Más con Menos'. Sugar Tech 15, 98–102. India. En Línea, Consultado el 28 de enero del 2022, Disponible en: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/s12355-012-0180-y>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, Costa Rica. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José. Costa Rica. En línea. Consultado el 8 de febrero del 2022. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658.pdf>
- Montejo, L; Rivera, E. 2002. Manual de producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Honduras. En línea. Consultado el 8 de febrero del 2022. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2247/1/CPA-2002-T043.pdf>
- Motta, M. 1994. Suplementación proteica para cerdos de crecimiento y engorde alimentados con jugo de caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 67 p.
- OCÉANO. 2000. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Océano / Centrum. España. 1032 p
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2015. Objetivos para el Desarrollo Sostenible. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Quiroz, A; Clinton, W. 1962. Levantamiento General de Suelos de la Republica de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador.

SC (Superintendencia de Competencia de la República de El Salvador). 2008. Estudio sobre la Caracterización de la Agroindustria Azucarera y sus Condiciones de Competencia en El Salvador. En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://www.sc.gob.sv/wp-content/uploads/2017/10/Informe-de-Resultados-Estudio-Az%C3%BAcar.pdf>

Torres, R; Cifuentes, E. 2004. Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. Ecuador. Publicación Técnica N°3. pp. 1.

UNINET (Universidad de Burgos, España). (s.f.). El Salvador. Burgos, España, En línea. Consultado el 28 de enero del 2022. Disponible en: <https://uninet.edu/neuroc99/salvador.htm#:~:text=Los%20principales%20recursos%20naturales%20son,como%20roble%2C%20cedro%2C%20caoba.&text=Las%20monta%C3%B1as%20del%20Salvador%20tienen,foresta%20de%20robles%20y%20pinos>.

Viveros, CA; Calderón, H. 1995. Siembra. Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia-CENICAÑA. En línea. Consultado el 15 de marzo del 2022. Disponible en: http://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p131-139.pdf.

9. Anexos

Cuadro A-1. Información agronómica obtenida en campo de las 6 evaluaciones realizadas en el cultivo de caña de azúcar variedad CP 73-1547.

	Fecha	Evaluación	DDS	Bloque	Edad	Brotos/m	Diametro Total cm	Plantas Evaluada	Diametro Promedio cm	Altura del tallo (Cm)
1° evaluación	13/2/2022	1	30	1	1	3.67	2.49	5.00	0.50	19.01
	13/2/2022	1	30	1	2	7.20	3.60	5.00	0.72	13.41
	13/2/2022	1	30	1	3	8.00	3.70	5.00	0.74	14.61
	13/2/2022	1	30	2	1	6.27	2.10	5.00	0.42	18.81
	13/2/2022	1	30	2	2	6.93	2.20	5.00	0.44	15.01
	13/2/2022	1	30	2	3	7.07	2.68	5.00	0.54	17.61
	13/2/2022	1	30	3	1	6.53	2.25	5.00	0.45	18.01
	13/2/2022	1	30	3	2	9.67	2.00	5.00	0.40	19.11
	13/2/2022	1	30	3	3	6.27	1.11	5.00	0.22	9.01
	13/2/2022	1	30	4	1	5.40	1.90	5.00	0.38	17.11
	13/2/2022	1	30	4	2	7.00	2.30	5.00	0.46	17.71
	13/2/2022	1	30	4	3	6.33	1.10	5.00	0.22	17.91
	2° evaluación	15/3/2022	2	60	1	1	11.33	5.69	5.00	1.14
15/3/2022		2	60	1	2	14.73	4.85	5.00	0.97	18.60
15/3/2022		2	60	1	3	13.07	7.10	5.00	1.42	19.80
15/3/2022		2	60	2	1	7.93	4.93	5.00	0.99	24.00
15/3/2022		2	60	2	2	12.13	5.60	5.00	1.12	20.20
15/3/2022		2	60	2	3	11.87	4.78	5.00	0.96	22.80
15/3/2022		2	60	3	1	11.00	5.45	5.00	1.09	23.20
15/3/2022		2	60	3	2	14.93	5.05	5.00	1.01	24.30
15/3/2022		2	60	3	3	10.80	5.50	5.00	1.10	14.20
15/3/2022		2	60	4	1	13.00	5.00	5.00	1.00	22.30
15/3/2022		2	60	4	2	13.53	5.17	5.00	1.03	22.90
15/3/2022		2	60	4	3	10.33	5.86	5.00	1.17	23.10
3° evaluación		15/4/2022	3	90	1	1	9.93	8.20	5.00	1.64
	15/4/2022	3	90	1	2	10.47	8.50	5.00	1.70	23.60
	15/4/2022	3	90	1	3	8.73	7.40	5.00	1.48	24.00
	15/4/2022	3	90	2	1	9.07	7.10	5.00	1.42	29.60
	15/4/2022	3	90	2	2	9.20	8.00	5.00	1.60	26.00
	15/4/2022	3	90	2	3	9.80	7.50	5.00	1.50	27.80
	15/4/2022	3	90	3	1	8.33	7.70	5.00	1.54	29.40
	15/4/2022	3	90	3	2	12.07	7.10	5.00	1.42	29.60
	15/4/2022	3	90	3	3	9.47	6.70	5.00	1.34	19.20
	15/4/2022	3	90	4	1	10.07	6.80	5.00	1.36	28.40
	15/4/2022	3	90	4	2	10.40	7.50	5.00	1.50	28.60
	15/4/2022	3	90	4	3	7.87	7.00	5.00	1.40	27.40
	4° evaluación	15/5/2022	4	120	1	1	10.20	14.60	5.00	2.92
15/5/2022		4	120	1	2	11.07	12.90	5.00	2.58	77.40
15/5/2022		4	120	1	3	8.67	11.60	5.00	2.32	57.40
15/5/2022		4	120	2	1	8.67	12.90	5.00	2.58	78.80
15/5/2022		4	120	2	2	9.40	13.30	5.00	2.66	67.00
15/5/2022		4	120	2	3	8.87	11.20	5.00	2.24	59.20
15/5/2022		4	120	3	1	9.20	14.30	5.00	2.86	80.40
15/5/2022		4	120	3	2	11.07	11.10	5.00	2.22	54.20
15/5/2022		4	120	3	3	9.07	13.20	5.00	2.64	56.40
15/5/2022		4	120	4	1	10.13	14.00	5.00	2.80	77.20
15/5/2022		4	120	4	2	10.93	14.10	5.00	2.82	86.60
15/5/2022		4	120	4	3	8.13	12.30	5.00	2.46	67.80
5° evaluación		15/6/2022	5	150	1	1	8.87	15.10	5.00	3.02
	15/6/2022	5	150	1	2	10.00	15.00	5.00	3.00	160.80
	15/6/2022	5	150	1	3	7.27	14.30	5.00	2.86	116.00
	15/6/2022	5	150	2	1	8.33	14.10	5.00	2.82	155.60
	15/6/2022	5	150	2	2	7.87	14.50	5.00	2.90	158.80
	15/6/2022	5	150	2	3	7.53	14.50	5.00	2.90	116.00
	15/6/2022	5	150	3	1	8.80	14.30	5.00	2.86	155.80
	15/6/2022	5	150	3	2	9.87	12.20	5.00	2.44	110.00
	15/6/2022	5	150	3	3	8.13	14.60	5.00	2.92	110.20
	15/6/2022	5	150	4	1	8.60	15.00	5.00	3.00	147.00
	15/6/2022	5	150	4	2	10.00	13.70	5.00	2.74	174.20
	15/6/2022	5	150	4	3	7.33	14.60	5.00	2.92	134.60
	6° evaluación	15/7/2022	6	180	1	1	8.67	15.10	5.00	3.02
15/7/2022		6	180	1	2	9.73	14.60	5.00	2.92	207.20
15/7/2022		6	180	1	3	6.87	15.00	5.00	3.00	172.60
15/7/2022		6	180	2	1	8.47	14.50	5.00	2.90	206.00
15/7/2022		6	180	2	2	7.80	14.70	5.00	2.94	202.00
15/7/2022		6	180	2	3	7.60	14.80	5.00	2.96	139.60
15/7/2022		6	180	3	1	8.20	14.80	5.00	2.96	197.00
15/7/2022		6	180	3	2	9.07	12.70	5.00	2.54	155.80
15/7/2022		6	180	3	3	8.07	15.70	5.00	3.14	188.80
15/7/2022		6	180	4	1	8.07	15.00	5.00	3.00	177.00
15/7/2022		6	180	4	2	9.00	14.30	5.00	2.86	186.40
15/7/2022		6	180	4	3	6.80	14.70	5.00	2.94	170.80

Cuadro A-2. Información obtenida de la producción y rendimiento durante la 7ª evaluación del cultivo de caña de azúcar variedad CP 73-1547.

Fecha	Evaluacion	DDS	Bloque	Edad	Brotos totales	Metros Evaluados	Brotos/m	Clasificación de tallos por entrenud	Numero de Tallos	Peso de Tallos (lb)	peso de tallos (Kg)	Toneladas de caña cortada	Peso promedio por tallos (lb)
15/8/2022	7	210	1	1	128	15	8.53	<15	3.00	1.60	0.73	0.0007	0.53
								15-20	3.00	11.00	4.99	0.0050	3.67
								21-25	19.00	65.00	29.48	0.0295	3.42
								26-30	17.00	71.50	32.43	0.0324	4.21
								30>	1.00	3.00	1.36	0.0014	3.00
								SUB TOTAL	43.00	152.10	68.99	0.07	3.54
15/8/2022	7	210	1	2	149	15	9.93	<15	4.00	2.70	1.22	0.0012	0.68
								15-20	12.00	27.00	12.25	0.0122	2.25
								21-25	10.00	29.00	13.15	0.0132	2.90
								26-30	24.00	93.00	42.18	0.0422	3.88
								30>	8.00	39.50	17.92	0.0179	4.94
								SUB TOTAL	58.00	191.20	86.73	0.09	3.30
15/8/2022	7	210	1	3	100	15	6.67	<15	2.00	1.20	0.54	0.0005	0.60
								15-20	3.00	6.50	2.95	0.0029	2.17
								21-25	16.00	59.50	26.99	0.0270	3.72
								26-30	35.00	27.50	12.47	0.0125	0.79
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	56.00	94.70	42.96	0.04	1.69
15/8/2022	7	210	2	1	137	15	9.13	<15	2.00	1.70	0.77	0.0008	0.85
								15-20	9.00	9.50	4.31	0.0043	1.06
								21-25	18.00	52.50	23.81	0.0238	2.92
								26-30	21.00	78.50	35.61	0.0356	3.74
								30>	1.00	2.50	1.13	0.0011	2.50
								SUB TOTAL	51.00	144.70	65.63	0.07	2.84
15/8/2022	7	210	2	2	117	15	7.80	<15	3.00	2.30	1.04	0.0010	0.77
								15-20	2.00	5.00	2.27	0.0023	2.50
								21-25	16.00	61.00	27.67	0.0277	3.81
								26-30	18.00	96.80	43.91	0.0439	5.38
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	39.00	165.10	74.89	0.07	4.23
15/8/2022	7	210	2	3	109	15	7.27	<15	2.00	1.66	0.75	0.0008	0.83
								15-20	7.00	14.60	6.62	0.0066	2.09
								21-25	22.00	69.50	31.52	0.0315	3.16
								26-30	11.00	46.00	20.87	0.0209	4.18
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	42.00	131.76	59.77	0.06	3.14
15/8/2022	7	210	3	1	112	15	7.47	<15	1.00	0.60	0.27	0.0003	0.60
								15-20	9.00	25.00	11.34	0.0113	2.78
								21-25	21.00	79.00	35.83	0.0358	3.76
								26-30	14.00	67.50	30.62	0.0306	4.82
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	45.00	172.10	78.06	0.08	3.82
15/8/2022	7	210	3	2	135	15	9.00	<15	5.00	3.22	1.46	0.0015	0.64
								15-20	6.00	7.00	3.18	0.0032	1.17
								21-25	16.00	39.50	17.92	0.0179	2.47
								26-30	17.00	56.50	25.63	0.0256	3.32
								30>	3.00	13.00	5.90	0.0059	4.33
								SUB TOTAL	47.00	119.22	54.08	0.05	2.54
15/8/2022	7	210	3	3	111	15	7.40	<15	2.00	1.70	0.77	0.0008	0.85
								15-20	6.00	9.50	4.31	0.0043	1.58
								21-25	10.00	36.00	16.33	0.0163	3.60
								26-30	15.00	75.00	34.02	0.0340	5.00
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	33.00	122.20	55.43	0.06	3.70
15/8/2022	7	210	4	1	115	15	7.67	<15	3.00	1.20	0.54	0.0005	0.40
								15-20	7.00	12.50	5.67	0.0057	1.79
								21-25	24.00	72.50	32.89	0.0329	3.02
								26-30	16.00	63.00	28.58	0.0286	3.94
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	50.00	149.20	67.68	0.07	2.98
15/8/2022	7	210	4	2	139	15	9.27	<15	6.00	3.90	1.77	0.0018	0.65
								15-20	10.00	11.00	4.99	0.0050	1.10
								21-25	14.00	36.00	16.33	0.0163	2.57
								26-30	24.00	112.00	50.80	0.0508	4.67
								30>	7.00	34.00	15.42	0.0154	4.86
								SUB TOTAL	61.00	196.90	89.31	0.09	3.23
15/8/2022	7	210	4	3	97	15	6.47	<15	8.00	5.30	2.40	0.0024	0.66
								15-20	5.00	7.00	3.18	0.0032	1.40
								21-25	18.00	88.00	39.92	0.0399	4.89
								26-30	18.00	91.30	41.41	0.0414	5.07
								30>	-	-	-	0.0000	0.00
								SUB TOTAL	49.00	191.60	86.91	0.09	3.91

7ª Evaluacion

Figura A-1. Conteo y clasificación de tallos por entrenudos.



Figura A-2. Cosecha de caña de azúcar variedad CP 73-1547 a los 7 meses de edad.



Figura A-3. Pesaje de tallos de caña de azúcar para estimación de rendimiento.

