

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de tres diferentes velocidades en corte mecanizado en cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en fincas bajo administración de ingenio Tululá S.A., San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Por:

T.P.A Jorge Antonio Armando Ruíz Pérez

CARNÉ: 200941602

DPI: 1851116370101

CORREO: jorgeantonioruizperez@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, agosto de 2024

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordon Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

A DIOS: Por ser nuestro creador, por regalarme cada día de vida, por sus bendiciones; por darme la perseverancia y la inteligencia para lograr cada meta; por acompañarme cada momento; porque es el ser más importante en este mundo; por ser el padre perfecto; por mostrarme que, con esfuerzo y dedicación, es posible cumplir con nuestras metas. Porque es su voluntad que el día de hoy he podido cumplir con la culminación del presente trabajo y logre ser profesional.

A MIS PADRES: Jorge Gerardo Ruíz Domínguez y María Leticia Pérez Méndez, porque Dios me dio la bendición de que fueran mis padres; por el apoyo incondicional; por formar la persona en la que me he convertido; por su amor y sus consejos; por estar conmigo en las buenas y en las malas y porque sin ellos esto no fuera posible.

A MI ESPOSA: Lissette Luarca Melgar, por acompañarme en este momento tan importante en mi vida; por darme su amor; por incentivarme a culminar mis estudios; por su apoyo diario y ser luz en mi camino.

A MIS HIJOS María Isabel y Jorge Carlos, por ser mis amores; por ser los motores de mi vida; mi inspiración para seguir luchando día a día; mi motivo para ser mejor y darles un buen ejemplo.

AGRADECIMIENTOS.

A:

Universidad San Carlos de Guatemala, Carrera de Agronomía Tropical de la Sede Suroccidente -CUNSUROC- por ser parte de mi formación humana, profesional y académica.

Ingeniero Felipe Sandoval Álvarez por su apoyo, consejos, ánimos para salir adelante y sobre todo su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ingenio Tululá, S.A, por abrirme las puertas y permitirme desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN.....	v
SUMARY	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
1. Marco conceptual.....	2
1.1. Descripción general del cultivo de la caña de azúcar <i>Saccharum officinarum</i>	2
1.2. Morfología de la caña de azúcar	2
1.3. Raíz.....	2
1.4. Raíz.....	3
1.5. Tallo	3
1.6. Hoja.....	4
1.7. Inflorescencia.....	4
1.8. Requerimientos del cultivo de la caña de azúcar	4
1.8.1. Requerimiento climático.....	4
1.8.2. Radiación solar.....	5
1.8.3. Requerimiento nutricional	5
1.9. Limpieza y adecuación del terreno.....	5
1.10. Amacollamiento o ahijamiento.....	6
1.11. Rápido crecimiento	6
1.12. Maduración	7
1.13. Inhibición de floración.....	7
1.14. Maduración de la caña de azúcar	7
1.14.1. Cosecha de caña de azúcar	7
1.14.2. Cosecha mecanizada.....	8
1.14.3. Cosechadoras mecánicas.....	8
1.14.4. Cosecha mecanizada quemada.....	9
2. Marco referencial	10
2.1. Descripción general del área.....	10

2.1.1. Nombre.....	10
2.2. Localización	10
2.3. Vías de acceso	10
2.4. Ubicación geográfica	11
2.5. Principales fuentes de agua	11
2.6. Zona de vida	11
2.7. Variedades de caña.....	11
III. OBJETIVO.....	13
1. General.....	13
2. Específicos.....	13
IV. HIPÓTESIS	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
1. Localización del experimento.....	15
2. Material experimental.....	15
2.1. Cosechadora marca John Deere serie CH 570	15
3. Materiales utilizados.....	15
4. Metodología.....	16
4.1. Para determinar si los tres tratamientos evaluados a 2.5, 3.0 y 3.5 kilómetros/hora, produce el mismo efecto en metros de surco dañado sin presencia de caña de azúcar posterior a la cosecha,	16
4.1.1. Factor a evaluar metros/surco dañado sin caña de azúcar.....	16
4.1.2. Diseño experimental y aleatorización de los tratamientos evaluados.....	17
4.1.3. Análisis estadístico para la variable metros/surco dañado sin presencia de caña de azúcar	19
4.2. Estimación del porcentaje de pérdida por hectárea de cada uno de las tres velocidades evaluadas.....	20
4.2.1. Porcentaje de despoblación de surcos a muestrear de los tratamientos evaluados previo a la cosecha mecanizada.....	20
4.2.2. Porcentaje de despoblación de surcos muestreados de los tratamientos evaluados por hectárea, después de la cosecha	

mecanizada	21
5. Manejo del experimento.....	22
5.1. Ubicación del punto de muestreo (metros sin caña)	22
5.2. Selección de dos surcos a muestrear	23
5.3. Medición de 10 metros de largo de cada surco	23
5.4. Colocación de trompos a lo largo de los surcos.....	23
5.5. Época de medición	23
5.5.1. Antes del corte	24
5.5.2. Después del corte 15-30 ddc	24
5.6. Cuento, medición estimación de promedio/ha de líneas de surco con y sin presencia de caña de azúcar	24
VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
1. Determinación del daño en metros de surco sin presencia de caña de azúcar de los tres tratamientos evaluados a 2.5, 3.0 y 3.5 kilómetros/hora.....	25
1.1. Metros lineales de surco dañados sin presencia de caña en finca Tululá	25
2. Estimación del porcentaje de deñado por hectárea sin presencia de caña de azúcar, generadas por cada una de las tres velocidades evaluadas de corte mecanizado	31
VII. CONCLUSIONES	32
VIII. RECOMENDACIONES	33
IX. REFERENCIAS.....	34
X. ANEXOS	36

ÍNDICE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1:	Descriptores de fincas en estudio	12
2:	Tratamientos a evaluar en ensayo de campo de finca Tulula, San Andres Villa Seca, Retalhuleu	17
3:	Resultados de despoblación en metros sin caña antes del proceso de cosecha	26
4:	Promedio en metros/ha de surco dañado sin presencia de caña de los tres tratamientos evaluados	28
5:	Análisis de varianza para la variable metros de surco sin caña de azúcar	29
6:	Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, entre los tratamientos	29

ÍNDICE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1:	Distribución y aleatorización de los tratamientos en el ensayo de campo en finca Tululá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu	19
2:	Ubicación de ensayo y evaluación de velocidad de corte mecánico	36
3:	fotos aéreas de ensayo de finca Vaquíl	36
4:	Colocación de trompos de los dos surcos a muestrear	37
5:	Localización de trompos de referencia de unidades de muestra a diez metros de distancia	37
6:	Localización de trompos de referencia de unidades de muestra después de la cosecha	38
7:	Medición de espacio vacío en unidad de muestra	38
8:	Cosechadora marca John Deere Serie CH570 Utilizada en la evaluación de velocidad de corte mecánico	39
9:	Alce mecanizado con cosechadora. John Deere Serie CH570	39
10:	Dimensión de la unidad de muestra en metros lineales	40
11:	Dimensión de la unidad de muestra en metros lineales	40
12:	Referencia de espacios vasillos de la muestra antes de cosecha	40
13:	Referencia de muestreo en metros lineales después de cosecha	41

RESUMEN

Finca Tululá y finca Vaquíl son fincas administradas por ingenio Tululá S.A. las cuales se encuentran ubicadas en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, dedicándose a la explotación del cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*. Para esta investigación se utilizó una cosechadora mecánica John Deere serie CH 507 empleada por el ingenio para la cosecha mecanizada en fincas con condiciones de terrenos planos en las que se pueda hacer uso de este tiempo de maquinaria agrícola.

Con el objetivo de evaluar el daño provocado en metros de surcos dañados sin caña de tres velocidades de desplazamiento las cuales conforman tres tratamientos 2.5 km/h, 3.0 km/h y 3.5 km/h. Se utilizó un ANDEVA y una prueba de Tukey al 5% de significancia para el análisis de la información. Como resultados de la investigación, el tratamiento T2 2.5 km/h generó un promedio/ha de 913.50 metros de surco dañado equivalente al 16% de daño por hectárea, que comparados con los tratamientos uno y tres con 1,222.11 y 1,144.33 metros y con un porcentaje de daño/ha de 21% y 22%, tiene menor impacto en cuando a daño en metros de surco/ha sin caña de azúcar. Considerando los resultados obtenidos, se recomienda utilizar para generar un menor impacto negativo en las fincas cosechadas de forma mecanizada para la cosechadora John Deere serie CH 507 una velocidad de avance de 2.5 km/h en los terrenos que cumplan con las condiciones para realizar este tipo de corte en fincas bajo administración de ingeniero Tululá S.A.

SUMARY

Finca Tululá and Finca Vaquíl are farms managed by the Tululá S.A. mill. which are located in the municipality of San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, dedicated to the exploitation of the *Saccharum officinarum* sugar cane crop. For this research, a John Deere CH 507 series mechanical harvester was used, used by the mill for mechanized harvesting on farms with flat land conditions in which this time of agricultural machinery can be used.

With the objective of evaluating the damage caused in meters of damaged furrows without tiller at three travel speeds which make up three treatments 2.5 km/h, 3.0 km/h and 3.5 km/h. An ANDEVA and a Tukey test at 5% significance were used to analyze the information. As results of the research, treatment T2 2.5 km/h generated an average/ha of 913.50 meters of damaged furrow equivalent to 16% damage per hectare, compared to treatments one and three with 1,222.11 and 1,144.33 meters and with a percentage damage/ha of 21% and 22%, has less impact in terms of damage in meters of furrow/ha without sugar cane. Considering the results obtained, it is recommended to use a forward speed of 2.5 km/h for the John Deere CH 507 series combine to generate a lesser negative impact on the farms harvested mechanized on land that meets the conditions for carrying out this type. of cutting in farms under the administration of engineer Tululá S.A.

I. INTRODUCCIÓN

En el año de 1996 ingenio Tululá S.A implementó el sistema de corte mecanizado adquiriendo una cosechadora marca case 7700, dando origen al proceso de tecnificación de cosecha del cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum* en fincas bajo administración del ingenio ubicadas en el municipio de San Andres Villa Seca, Retalhuleu.

Con la finalidad de mejorar la productividad en cosecha mecanizada, fue necesario evaluar tres velocidades de corte mecanizado a 2.5 km/h, 3.0 km/h y 3.5 km/h bajo condiciones de fincas de ingenio Tululá S. A

Para la evaluación de los tratamientos se empleó un diseño experimental en bloques al azar, la variable de respuesta fue metros de surco dañados sin presencia de caña después del corte mecanizado y para el análisis de la información se empleó un ANDEVA y una prueba de Tukey al 5% de significancia.

Los resultados generados en esta evaluación serán de importancia para estandarizar la velocidad de operación de la cosechadora CH 570 para causar el menor daño posible en los surcos de caña de fincas donde se emplea el corte mecanizado administradas por ingenio Tululá S.A.

II. MARCO TEÓRICO

1. Marco conceptual

1.1. Descripción general del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum officinarum*

Según Subirós (1995) la caña de azúcar es una planta tropical que pertenece a la familia de las gramíneas y es de la tribu Andropogoneae. La caña de azúcar que actualmente se cultiva es un híbrido muy complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barben*, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. smense* y *S. spontaneum*. Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género muy diverso.

1.2. Morfología de la caña de azúcar

La caña de azúcar forma parte de la familia de las poáceas, del género *Saccharum*, donde tiene 6 especies, de las cuales 4 son domesticadas y 2 silvestres. Las domesticadas corresponden a *S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensi* y *S. officinarum*; las silvestres *S. spontaneum* y *S. robustum*. La especie *S. officinarum* es la que se siembra comercialmente y se deduce que fue domesticada a partir de la *S. robustum*. La caña es considerada un cultivo plurianual (la plantación dura aproximadamente 5 años), cosechado en un promedio de 12 meses (Quiej, 2013)

1.3. 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. La raíz es una parte esencial de la planta, ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso (Díaz y Portocarrero, 2002).

1.4. 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. La raíz es una parte esencial de la planta, ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso (Díaz y Portocarrero, 2002).

1.5. Tallo

La parte esencial para la producción de azúcar la 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, abonos, lluvias, riegos, etc. (Díaz y Portocarrero, 2002).

La caña de azúcar se desarrolla en forma de matas, procedentes de trozos del tallo, sus hábitos de desarrollo son diferentes, pero en general producen tallos de 2 a 3 m de longitud por año, formando tres canutos por mes, con un aproximado de tallos de 1 hasta 23 por macolla, según la variedad, estos se dividen en primarios, secundarios y mamones. Los tallos también sirven como tejidos de transporte de agua y nutrientes extraídos del suelo para abastecer la punta que está en crecimiento. El tallo está compuesto por: la epidermis o corteza; los tejidos y fibras que se extienden en toda la longitud del tallo, poseen aproximadamente un 75% de agua. Y está formado por dos partes diferentes que son nudos y entrenudos los que difieren o cambian con las diferentes variedades en longitud, diámetro, forma y color. (Subirós 1995).

1.6. Hoja

Las hojas de la planta de caña son la fábrica donde las materias primas: agua, dióxido de carbono y nutrientes se convierten en carbohidratos bajo la acción de la luz del sol. Las hojas son laminas largas, delgadas y planas que miden generalmente entre 0.90 a 1.5 m de largo y varían de 1 a 10 cm de ancho, según la variedad. La vaina o parte inferior de la hoja que está pegada al tallo en el nudo es el soporte de la lámina 7

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 (Díaz y Portocarrero, 2002)

1.7. Inflorescencia

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad, 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 (Díaz y Portocarrero, 2002).

1.8. Requerimientos del cultivo de la caña de azúcar

Este cultivo se desempeña bien en suelos sueltos, profundos y fértiles. Si se cuenta con riego se alcanzan mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje. No se recomienda para suelos franco-limosos y limosos. Se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3, pero generalmente prefiere suelos neutros o ligeramente alcalinos, con pH de 6.8 a 7.0 (Chávez, 2002; Quiej, 2013).

1.8.1. Requerimiento climático

Las condiciones climáticas son de gran importancia para que la caña realice correctamente sus procesos o fases (germinación, crecimiento y maduración), los

principales factores climáticos que influyen son: Temperatura, precipitación, radiación solar y viento (Quiej, 2013).

La caña se cultiva bien en altitudes que van desde los 0 a 1500 msnm, conforme es más elevado el nivel de altitud, más se alarga el tiempo de cosecha, por ejemplo, a nivel del mar el periodo de cosecha es de 12 a 14 meses y en altitudes mayores a los 1100 msnm el tiempo de cosecha puede ser de 15 meses o más. Los mejores rendimientos se obtienen en zonas donde la temperatura máxima es de 30 0C, la mínima de 18 0C y una media de 24 0C (Quiej, 2013).

El viento según su velocidad daña el follaje, aumenta la evapotranspiración, reduce el crecimiento, causa la ruptura de los tallos e inclusive arranca las macollas. Velocidades arriba de 40 kilómetros por hora reducen significativamente el rendimiento de la caña (Quiej, 2013).

1.8.2. Radiación solar

La radiación solar es la principal fuente de energía para el almacenamiento de sacarosa, ya que a menor luminosidad menor almacenamiento de azúcares. La caña de azúcar pertenece al grupo de plantas que posee un sistema fotosintético C4, capaz de fijar de manera más eficiente la luz. Lo ideal es que, durante todo el ciclo, la planta disponga de buena luminosidad (Orozco 1995).

1.8.3. Requerimiento nutricional

El requerimiento de nutrimentos de la caña de azúcar varía según la variedad, el suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo. En el cuadro 2 se presenta la extracción de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) por cuatro variedades de caña de azúcar en la zona central de la región cañera de Guatemala (CENGICAÑA, 2012).

1.9. Limpieza y adecuación del terreno

Según Chaparro (2002) la preparación del terreno consiste en llevar a cabo una secuencia de labores para proporcionar a la semilla una adecuada condición en su germinación, enraizamiento, absorción de agua y nutrientes, ya que se pretende

aprovechar durante varios años. La vida útil de una plantación de caña de azúcar oscila alrededor de los cinco años dependiendo su producción anual.

Daza (2002) describe que cuando el área seleccionada es nueva deben eliminarse árboles, troncos, piedras o cualquier otro tipo de obstáculos, para ello se recomienda utilizar un tractor de oruga tipo “Bulldozer” para facilitar la operación. También conviene subsolar el terreno con “Ripper” para sacar las raíces gruesas y piedras del subsuelo.

Una vez sean removidos todos los obstáculos del terreno se procede a realizar un levantamiento topográfico del área que permita diseñar la dirección y longitud de los surcos en función del riego, drenaje y cosecha.

1.10. Amacollamiento o ahijamiento

Subirós (1995) indica que en esta etapa inicia la proliferación de tallos, desarrolla una mayor cantidad de follaje y comienza a cerrar, al disponer de mayor área foliar puede interceptar mayor radiación solar, así mismo su crecimiento radicular se incrementa y con ello la capacidad de captar más agua a mayor profundidad, por lo cual la evapotranspiración aumenta. Estudios en la Isla Mauricio han permitido estimar que la planta evapotranspira el 40% de la evaporación

1.11. Rápido crecimiento

Orozco (1995) señala que el cultivo experimenta un desarrollo vigoroso y completo y por lo general el porte permanece aún erecto. El incremento del área foliar sigue y la misma está en estrecha relación con la curva evapotranspirativa, los requerimientos de agua son mayores que en las fases anteriores.

Subiros (1995) también comenta que un aspecto importante es que, si por algún motivo se presentara un estrés de humedad moderado en las fases anteriores, los efectos negativos que podrían ocasionar en el rendimiento final no serían tan severos como en esta fase.

1.12. Maduración

Subirós (1995) comenta que en esta fase se reduce la evapotranspiración, la pérdida de humedad se ha estimado entre el 70% y 90% de la evaporación, la pérdida de agua favorece la concentración de sacarosa, y así, esto favorece a la extracción de azúcar en el corte, alce y transporte.

1.13. Inhibición de floración

Subirós (1995) también indica que desde el punto de vista productivo la floración es indeseable debido a que puede disminuir el rendimiento de caña y sacarosa por unidad de área.

1.14. Maduración de la caña de azúcar

Subirós (1995) indica que la maduración es el proceso fisiológico por el que la producción de materia verde de la planta se reduce para dar paso a la acumulación de carbohidratos en forma de sacarosa en las células de parénquima del tallo, cuando cada entrenudo completa su desarrollo se produce el engrosamiento de las paredes celulares, marcada disminución de la humedad y alargamiento del entrenudo, también se observa aumento de la materia seca, acumulación de sacarosa y caída de las hojas.

La aplicación de maduradores químicos está dirigido a promover la maduración en cañas que se cosechan en los primeros dos tercios de la zafra, durante los meses de noviembre a febrero, su principal ventaja es la de aumentar el Brix, Pol y pureza del jugo y por lo tanto los niveles de sacarosa que en determinados casos llegan hasta un 20% en sacarosa, también se presentan las ventajas de mayor eliminación de basura a la hora de quemar, lo que favorece la recuperación de sacarosa en la fábrica.

1.14.1. Cosecha de caña de azúcar

En Guatemala la cosecha de la caña de azúcar representa cerca del 33% de los costos del cultivo, en la zafra 2010-2011 en la costa sur de Guatemala se cosecharon 231,000 hectáreas de caña de azúcar, donde se produjeron 19,219,635 toneladas. Actualmente operan 12 ingenios azucareros que administran el 83% de las tierras

cultivadas, con una capacidad de molienda de 135,000 toneladas de caña por día (CENGICAÑA, 2012).

1.14.2. Cosecha mecanizada

Este tipo de cosecha es usada por los ingenios como apoyo cuando hay falta de cortadores para el corte manual, el porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio varia de 5 a 33 por ciento, este tipo de cosecha puede hacerse en caña verde como en caña quemada (CENGICAÑA, 2012).

La cosecha mecanizada puede realizarse en caña en verde o en caña quemada. La cosecha mecanizada en verde es una práctica muy bien aceptada por los ecologistas, ya que no necesita quemar la plantación, al contrario de la cosecha mecanizada en quemado que como su nombre lo indica hay que quemar la caña para luego cosecharla (Díaz y Portocarrero, 2002).

1.14.3. Cosechadoras mecánicas

Subiros (1995). describe que, estos equipos realizan las funciones de corta, troceo o picado, limpieza y alce en una sola operación. De frente poseen una especie de “tornillos sin fin” (alimentadores o “caracoles”) que giran hacia el interior y se encargan de introducir los tallos dentro de la máquina. En la parte superior tienen un disco que descogolla la caña; en la sección inferior, cuchillas que cortan los tallos a ras del suelo. La caña es pasada por un conductor hacia un cortador transversal que pica los tallos en trozos de 25 y 50 cm.

El conductor está construido con una lámina de metal, perforada, la cual permite eliminar tierra y otro tipo de basura que toma la cosechadora durante la operación. En la sección final del conductor se encuentran ventiladores de succión cuya función es la de eliminar parte de la basura. Una vez que los tallos han sido cortados en trozos, son pasados a un conductor elevado, también con perforaciones. Antes de la salida se encuentra otro ventilador de succión que también contribuye a extraer basura. Por último, la caña se deposita en la carreta o autovolteo.

Cuando la planta está acamada (caída) el descogolle no es eficiente. Tanto la basura como los cogollos son dejados en el campo.

Es importante velar por el correcto funcionamiento del equipo y poner especial atención al filo y al estado de las cuchillas cortadoras, al disco descogollador o despuntador, a las cuchillas trazadoras, como también a los ventiladores.

1.14.4. Cosecha mecanizada quemada

Las variantes que principalmente pueden hacerse en la cosecha mecanizada son la presencia o no de la quema previa al corte, en Guatemala lo normal es el corte en quemado debido a que las eficiencias de corte son teóricamente más altas que las de corte en verde por la disminución de biomasa (García, 2008).

2. Marco referencial

2.1. Descripción general del área

2.1.1. Nombre

Finca Tululá y finca Vaquíl

2.2. Localización

Finca Tululá se encuentra ubicada en el km 4.5 carretera al municipio de San José La Máquina, en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu, colinda al norte con el Ingenio El Pilar S.A., al sur con el parcelamiento Buenos Aires; al este con el municipio de Cuyotenango y al oeste con la aldea Pajales.

Finca Vaquíl se localiza en la aldea Las Pilas sector cinco del municipio de Retalhuleu departamento de Retalhuleu, se encuentra a 10 kilómetros de la carretera que conduce hacia el centro de la cabecera del municipio de Retalhuleu.

2.3. Vías de acceso

Acceso para finca Vaquíl desde la ciudad capital siguiendo la carretera hacia el pacífico CA-2 se llega al kilómetro 186 jurisdicción de Retalhuleu, Retalhuleu. Seguidamente se transita 9.6 kilómetros por la carretera hacia playa la verde.

Acceso para finca Tululá desde la ciudad de Guatemala siguiendo la carretera hacia el pacífico CA-2 se llega al kilómetro 168 jurisdicción de Cuyotenango, Suchitepéquez. Seguidamente se transita 4.5 Kilómetros por la carretera hacia San José la máquina.

2.4. Ubicación geográfica

Finca Vaquíl 14°26'50.80" Latitud Norte – 91°42'43.79" latitud Oeste, Respecto al meridiano de Greenwich y a una altura promedio de 120msnm.

Finca Tululá se encuentra ubicado en el municipio de San Andrés Villaseca del departamento de Retalhuleu y se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas 14°33'25" latitud norte y 90°35'03" longitud oeste, en una altitud de 220 msnm.

2.5. Principales fuentes de agua

Finca Vaquíl cuenta con cuatro pozos mecánicos, los cuales satisfacen la necesidad hídrica para el riego del cultivo de caña de azúcar.

En finca Tululá los riegos son abastecidos principalmente por fuentes de agua provenientes de los ríos Samalá, Sis, Ican, Oc. De igual manera se utiliza como fuente el agua residual proveniente del ingenio El Pilar.

2.6. Zona de vida

BNH-S (C) bosque muy húmedo subtropical cálido. Las dos fincas cuentan con esta zona de vida, con la serie de suelo Ixtán Franco Limoso, cuentan con una precipitación promedio de 1826 mm distribuidos durante todo el año.

2.7. Variedades de caña

En fincas bajo administración de ingenio Tululá se establecen una diversidad de variedades de caña de azúcar las cuales son distribuidas según las condiciones de cada finca es decir la ubicación por estrato, tipo de suelo, tercio a cosechar y tipo de cosecha en el caso de las fincas donde se realizó la evolución se encuentra establecida la variedad CP-2086 ya que las dos son cosechadas en el tercer tercio de zafra.

Cuadro 1: Descriptores de fincas en estudio

COD_LOTE	FINCA	LOTE	Variedad	Área en ha
10107	TULULA	7	CP - 2086	17.53
1700101	VAQUIL	1	CP - 2086	12.67
1700103	VAQUIL	3	CP - 2086	15.15
1700105	VAQUIL	5	CP - 2086	15.42
1700107	VAQUIL	7	CP - 2086	13.88

Fuente: Maestro de Zafra, (2018 – 2019).

se presenta la información obtenida del Maestro de lotes de las fincas bajo administración del ingenio Tululá en el cual se detalla el área ocupacional de la variedad de caña CP-2086 establecida en las áreas en la cual se efectuó la evaluación del cálculo de velocidad de corte mecánico con la cosechadora.

III. OBJETIVO

1. General

Evaluar tres velocidades de corte mecanizado a 2.5 km/h, 3.0 km/h y 3.5 km/h en cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, y su efecto en metros de surco dañados sin presencia de caña después de la cosecha, en fincas bajo administración de ingenio Tululá S.A.

2. Específicos

1. Determinar si las tres velocidades evaluadas a 2.5, 3.0 y 3.5 kilómetros/hora, produce el mismo efecto en metros de surco dañado sin presencia de caña de azúcar, después de la cosecha.
2. Estimar el porcentaje de perdida por hectárea de cada uno de las tres velocidades evaluadas.

IV. HIPÓTESIS

Ho: Las tres velocidades evaluadas a 2.5 km/h, 3.0 km/h y 3.5km/h tendrán el mismo efecto sobre la variable de respuesta en metros de surco dañados sin caña de azúcar.

Ha: Al menos una de las tres velocidades evaluadas tendrá un efecto diferente en la variable de respuesta en metros de surco sin caña de azúcar.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización del experimento

El experimento se realizó en Finca del ingenio Tululá, ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca, con referencia en el mapa geo político de Guatemala, **(ver anexo figura 4,5,6).**

2. Material experimental

2.1. Cosechadora marca John Deere serie CH 570

John Deere Serie CH570 fue la cosechadora utilizada en la evaluación de tres velocidades de operación de corte mecanizado, para las condiciones de finca del ingenio Tululá. Cuenta con una eficiencia de corte de 48. 53 toneladas por Hora Horómetro y un consumo de 8.32 Gl/HH **(ver anexo figura 11,12).**

3. Materiales utilizados

- Calculadora
- Celular
- Cinta métrica
- Computadora
- GPS Tremble
- Antena externa para el GPS
- Bastón para el GPS
- Machete
- Martillo

- Trompos de madera
- Clavos de lamina
- Pintura en aerosol
- Cosechadora CH 570
- Cajones de Autovolteo

4. Metodología

4.1. Para determinar si los tres tratamientos evaluados a 2.5, 3.0 y 3.5 kilómetros/hora, produce el mismo efecto en metros de surco dañado sin presencia de caña de azúcar posterior a la cosecha, se procedió de la siguiente manera.

Para este objetivo el diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, el cual estuvo conformado por tres tratamientos y ocho repeticiones (bloques). (Reyes, 1990).

Dichos tratamientos corresponden a la combinación de los factores objeto de evaluación de la presente investigación:

4.1.1. Factor a evaluar metros/surco dañado sin caña de azúcar

Para la presente investigación se consideró un solo factor, rendimiento metros/surcos dañados sin presencia de caña de azúcar en corte mecanizado utilizando tres velocidades a 2.5, 3 y 3.5 km/hora ha. A continuación, se detallan los tratamientos asignados para cada una de las velocidades evaluadas, y la nomenclatura asignada para cada tratamiento

Cuadro 2: Tratamientos a evaluar en ensayo de campo de finca Tulula, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Tratamiento	Velocidad (km/h)
T1	3.5 km/h
T2	2.5 km/h
T3	3.0 km/h

Fuente: Autor, (2024).

El diseño experimental empleado para el análisis de la información de la variable kg/ha de maíz amarillo de los cuatro tratamientos evaluados es el bloque completo al azar.

4.1.2. Diseño experimental y aleatorización de los tratamientos evaluados

De acuerdo con Reyes (1990), el número de repeticiones (bloques) se determinó tomando en cuenta que los grados de libertad del error experimental, lo cuales no deben ser menores a 12, que de acuerdo al diseño experimental se calcula con la siguiente fórmula.

$$GL_e = (t-1) (r-1)$$

Donde:

GL_e = Grados de libertad

t= tratamiento

r= Número de repeticiones

$$GL_e = (3-1)(8-1) R // 14$$

Unidad experimental y aleatorización

El número total de unidades experimentales se determinó tomando en cuenta el número de tratamientos a evaluar, así como el número de bloques:

Unidad experimental (UE): El número de tratamientos por el número de bloques = unidades experimentales (UE).

Número de tratamientos (3) número de bloques (8) = (UE) 24

Las unidades experimentales fueron distribuidas dentro de cada bloque en forma aleatoria.

1	3	2
3	1	2
3	2	1
2	3	1
3	1	2
3	1	2
1	2	3
1	2	3



Figura 1

Figura 1: Distribución y aleatorización de los tratamientos en el ensayo de campo en finca Tululá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2024).

4.1.3. Análisis estadístico para la variable metros/surco dañado sin presencia de caña de azúcar

El diseño estadístico utilizado para el análisis del daño en metros lineales, fue el diseño en bloques completamente al azar, ya que este modelo considera la

heterogeneidad del ambiente en donde se implementó el ensayo de campo.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde

y_{ij} = Variable de respuesta en metros de surco sin caña.

μ = media general en metros de surco sin caña.

τ_i = Efecto del i-ésimo efecto de metros sin caña.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima en la unidad experimental.

Variable de respuesta: La más importante evaluada fue metros de surco sin caña de azúcar, el valor se determinó de la sumatoria de los metros sin caña en cada una de las repeticiones de las tres velocidades en cada uno de los ocho bloques, en finca bajo administración de ingenio Tululá.

El resultado obtenido representa los metros lineales sin caña de azúcar por repetición de cada una de las tres velocidades evaluadas.

Análisis de la información: para la variable rendimiento se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA), Tukey al 5% de significancia.

4.2. Estimación del porcentaje de pérdida por hectárea de cada uno de las tres velocidades evaluadas.

Para el cálculo del porcentaje de daño por hectárea como se detalla a continuación.

4.2.1. Porcentaje de despoblación de surcos a muestrear de los tratamientos evaluados previo a la cosecha mecanizada

Para el total de metros de línea de surco poblados en la zona a muestrear para

cada tratamiento previo a la cosecha.

Cálculos realizados:

Suma total de centímetros de línea de surco poblados.

Suma total de centímetros de línea de surco despoblados.

Se suman los dos datos anteriores para obtener el total de 1,000 centímetros evaluados.

Aplicar las siguientes fórmulas para obtener los respectivos porcentajes.

$$\% \text{ de población} = \frac{\text{suma de mts poblados}}{10 \text{ mts evaluados}} * 100$$

$$\% \text{ de despoblación} = \frac{\text{suma de mts despoblados}}{10 \text{ mts evaluados}} * 100$$

4.2.2. Porcentaje de despoblación de surcos muestreados de los tratamientos evaluados por hectárea, después de la cosecha mecanizada

Para el cálculo total del porcentaje de pérdida por hectárea se empleó la siguiente formula.

No. de surcos/ha= 57.14 surcos de caña

57.14 surcos= 5,714 mts lineales de surco de caña

$$\% \text{ de despoblación/ha} = \frac{\% \text{ despoblación en 10mts} * 5714 \text{ mts}}{10 \text{ mts evaluados}}$$

5. Manejo del experimento

5.1. Ubicación del punto de muestreo (metros sin caña)

Para poder ubicar los puntos a muestrear en finca Tululá se tomó como referencia las brechas utilizadas para la instalación de las líneas de riego, las cuales forman franjas de diez surcos entre cada brecha de riego con orientación de norte a sur paralelas a la calle principal según el diseño de finca.

Según la logística de cosecha en dicha finca es cosechada en bloques de cuatro lotes juntos para maximizar la eficiencia de corte de las cosechadoras por lo cual las franjas, usadas para establecer la unidad experimental cuentan con una longitud de 1000 metros y un ancho de 20 surcos equivalente a 35 metros de ancho, la primera brecha de riego no se tomó en cuenta ya que esta cuenta únicamente con 5 surcos de ancho debido a la proximidad de la calle de igual manera se obvió por efectos de borde partiendo así de la segunda brecha de riego para el establecimiento de la parcela, quedando las parcelas distribuidas a lo largo del bloque a cosechar el cual se encuentra dividido por las brechas utilizadas por el sistema de riego en la cual una parcela está comprendida por tres brechas de riego por donde pasa la tubería que es utilizada para instalar los aspersores, las parcelas utilizadas para el establecimiento del ensayo fueron la parcela 1, 2, 3 y 4.

En Vaquíl, el establecimiento del ensayo se estableció en las parcelas 5,6,7 y 8, para determinar la ubicación de las parcelas donde se establecieron los puntos de muestreo se tomó como referencia la toma de conducción de agua la cual se encuentra en la cabecera del lote que está paralela a los surcos ya que en dicha finca la orientación de los surcos es de este a oeste, en este caso cada parcela contaba con 15 surcos de ancho como en este lote no existen brechas se delimitaron 30 surcos en la parte norte dejando un borde de 50 surcos de la toma hacia el sur de igual manera se dejaron 50 surcos de la primeras dos parcelas hacia las tercera y cuarta parcela, así mismo se presenta un mapa temático del lote siete de la sección uno de finca Tululá donde se realizó la evaluación del daño provocado por la operación del corte mecánico para la cosecha del cultivo de caña de azúcar, el cual presenta la distribución de las parcelas y

la velocidad de operación utilizada por la cosechadora.

5.2. Selección de dos surcos a muestrear

Para poder establecer los puntos muestreados dentro de las parcelas en estudio se procedió a seleccionar dos surcos en cada parcela los cuales fueron identificados con trompos en el inicio o cabecera de los surcos para la fácil detección de estos, se colocó un clavo de lámina en la parte superior del trompo, de igual manera se instaló el trompo de referencia para la ubicación de los dos surcos muestreados en la parte A se introdujo el trompo en el suelo y en la parte B el trompo ya instalado con un clavo de lámina en la parte plana del trompo el cual fue pintado con pintura en aerosol color rojo **(ver anexo figura 7)**.

5.3 Medición de 10 metros de largo de cada surco

Con cinta métrica se midieron los 10 metros de largo de cada surco para la medición respectiva. Cada muestra cuenta con una longitud de 10 metros lineales dentro la cual se estableció cada uno del tratamiento evaluado. **(ver anexo figura 8)**.

5.4. Colocación de trompos a lo largo de los surcos

- Para realizar el establecimiento de las muestras se dejó un espacio de 30 metros de la ronda hacia dentro.
- Se delimitaron las muestras colocando tres trompos de madera, el primero a cero metros, el segundo a cinco metros y el ultimo a 10 metros en la mesa y no en el surco **(ver anexo figura 9)**.

5.5. Época de medición

El muestreo se realizó antes de la cosecha y después de la cosecha, tomando como base los espacios vacíos mayores o iguales a un metro sin caña contenidos en 10 metros lineales de cada una de las muestras establecidas en la parcela en estudio **(ver anexo figura 10)**.

5.5.1. Antes del corte

El muestreo se realizó antes de la quema del área donde se realizó la evaluación, tomando como base los espacios vacíos mayores o iguales a un metro sin caña a lo largo de 10 metros lineales, tomándose como criterio de área despoblada antes de la cosecha los espacios iguales o mayores. **(ver anexo figura 13,14,15).**

5.5.2. Después del corte 15-30 ddc

Muestreo de despoblación en metros sin caña realizado de 15 a 20 días posterior a la cosecha, detallándose los espacios vacíos de la muestra, dicha lectura fue tomada a los 21 días, periodo en el cual se uniformiza la rebotación de los tallos del cultivo **(ver anexo figura 16).**

5.6. Conteo, medición estimación de promedio/ha de líneas de surco con y sin presencia de caña de azúcar

- Se contabilizó el número de cepas presentes y ancladas antes de la cosecha por cada surco delimitado y se anotan en la boleta respectiva.
- Se contaron 10 metros lineales.
- Se consideró un espacio vacío cuando fue mayor o igual a un metro
- Los datos se registraron en metros.
- En la boleta se anotaron de forma alterna los espacios poblados y los espacios despoblados.

A continuación, se describe la fórmula utilizada para la determinación de surco dañado sin presencia de caña por hectárea.

$$\text{Metros de surco dañado} = (10 \text{ mts de surco} - \text{metros de surco arrancado sin caña}) / 10 \times 100 \text{ mts}$$

$$\text{Metros de surco dañado/ha} = 57.14 \text{ surcos/ha} \times \text{metros de surco dañado}$$

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados a partir de la evaluación de las tres velocidades que corresponden a tres tratamientos siendo estos 2.5, 3 y 3.5 km/hora. Fueron analizados y discutidos, comparándolo con el testigo relativo. La evaluación se llevó a cabo en la temporada de zafra comprendida de mayo a septiembre de 2018.

1. Determinación del daño en metros de surco sin caña de azúcar de los tres tratamientos evaluados a 2.5, 3.0 y 3.5 kilómetros/hora

1.1. Metros lineales de surco dañados sin presencia de caña en finca Tululá

A continuación, se presentan los metros de surco dañado después de la cosecha mecanizada de los tres tratamientos evaluados que corresponden a una muestra tomada en 10 mts lineales par cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

Cuadro 3: Resultados de despoblación en metros sin caña, antes del proceso de cosecha

Bloque	Tratamiento 1 3.5 Km/h	Tratamiento 2 2.5 Km/h	tratamiento 3 3.0 Km/h
1	2.53 mt	1.88 mt	1.74 mt
2	2.05 mt	1.38 mt	2.12 mt
3	1.98 mt	1.76 mt	1.87 mt
4	1.96 mt	1.42 mt	2.08 mt
5	2.29 mt	1.86 mt	2.18 mt
6	2.15 mt	1.54 mt	1.95 mt
7	1.94 mt	1.35 mt	1.92 mt
8	2.21 mt	1.60 mt	2.16 mt

Fuente: Autor, (2024).

Los resultados representados en metros de surco sin presencia de caña de azúcar, de acuerdo a los valores obtenidos en el muestreo después de la cosecha mecanizada, se observa una diferencia con respecto al tratamiento T1 3.5 km/h en comparación al tratamiento T2 2.5 km/h, pero al compararlo con el tratamiento T3 3 km/h presentan similares resultados en metros de surco sin caña de azúcar de azúcar por lo que se procedió a realizar un promedio en metros de surco dañado sin presencia de caña, siendo un total de 5,714.28 mts la longitud de los surcos que conforman una hectárea de cultivo, a continuación se detallan los resultados

Cuadro 4: Promedio en metros/ha de surco dañado sin presencia de caña azúcar de los tres tratamientos evaluados

TRATAMIENTO	MEDIA mts/ha
1	1,222.11
3	1,144.23
2	913.50

Fuente: Autor, (2024).

En el cuadro cuatro anterior detalla el promedio de daño de surco/ha sin presencia de caña de azúcar en las unidades experimentales para cada uno de los tres tratamientos evaluados, pudiéndose observar que el tratamiento uno es el que mayor daño causa en metros de surco dañado/ha seguido del tratamiento tres, mientras que el tratamiento con menor daño en promedio presenta es el tratamiento dos.

A continuación, se presenta el ANDEVA (análisis de varianza) para diseños en Bloques al Azar de la variable metros de surco sin caña de azúcar de los tres tratamientos evaluados.

Cuadro 5: Análisis de varianza para la variable metros de surco sin caña de azúcar

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	1.261826	0.630913	19.8113	0.000
BLOQUES	7	0.330475	0.047211	1.4825	0.251
HERROR	14	0.445847	0.031846		
TOTAL	23	2.038147			

Fuente: Autor, (2024).

C.V. = 9.33%

Significancia = 5%

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se determinó que con un nivel de significancia del 5%, existió una mínima diferencia estadística significativa en los resultados de metros de surco sin caña entre los tratamientos evaluados.

Para poder determinar que tratamiento permite obtener esta diferencia es necesario realizar prueba de medias, por lo que se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia, presentando los resultados:

Cuadro 6: Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, entre los tratamientos

TRATAMIENTO	SIGNIFICANCIA
1	1,222.11 A
3	1,144.23 A
2	913.50 B

Fuente: Autor, (2024).

Nivel de significancia= 0.05 Tukey= 0.233

De acuerdo a los resultados, los tres tratamientos se agruparon en dos literales, mostrando que el tratamiento con mayor daño en metros lineales de surco sin caña género es el tratamiento T1 3.5 km/h produciendo estadísticamente similar daño en metros de surco/ha sin caña de 1,222.11 metros al tratamiento T3 3.0 km/h con una media por hectárea de 1,144.23 metros. El tratamiento T2 2.5 km/h con 913.50 metros, es el que menor daño género en metros de surco/ha sin caña de azúcar, los tratamientos T1 uno y T3, demuestran que el daño de metros de surco de caña de azúcar se incrementa al emplear mayor velocidad de desplazamiento en la cosechadora de corte mecánico, mientras que al utilizar una menor velocidad como en el caso del tratamiento T2 el daño disminuye, por lo que se acepta la hipótesis alternativa ya que una de las tres velocidades que conforman los tratamientos evaluados presenta un menor daño en metros de surco sin caña en finca bajo administración de ingenio Tululá San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Para una mejor apreciación de los resultados, a continuación, se presenta el análisis gráfico de los resultados de los tratamientos en metros de surco sin caña de azúcar y se observan las diferencias en los promedios.

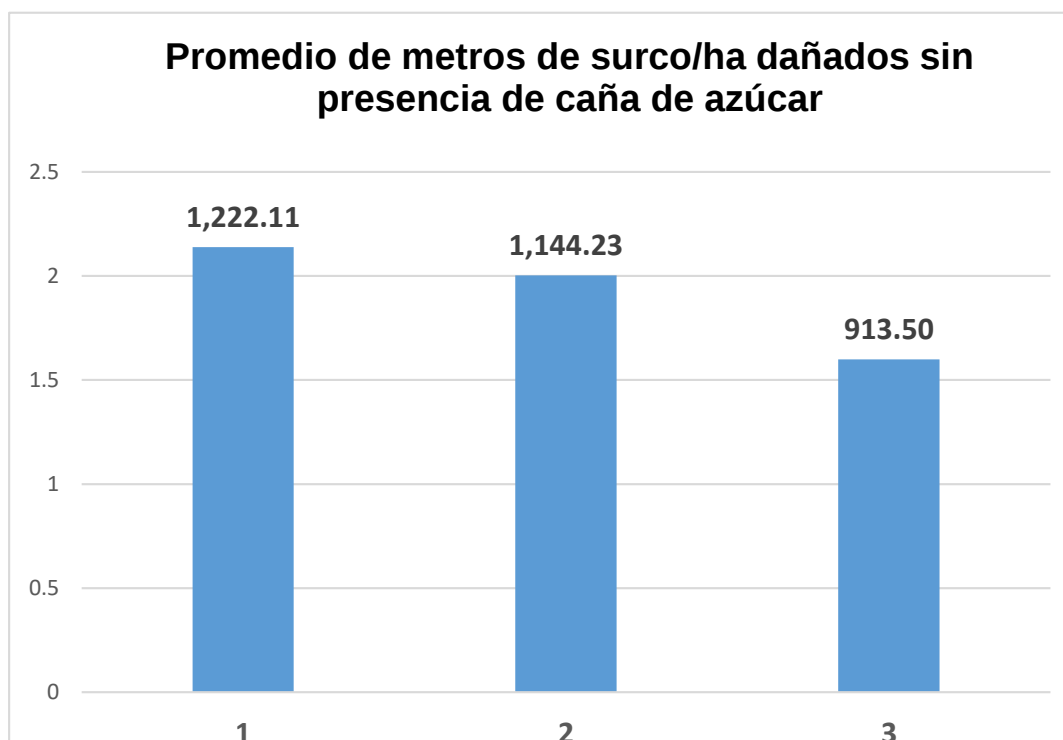


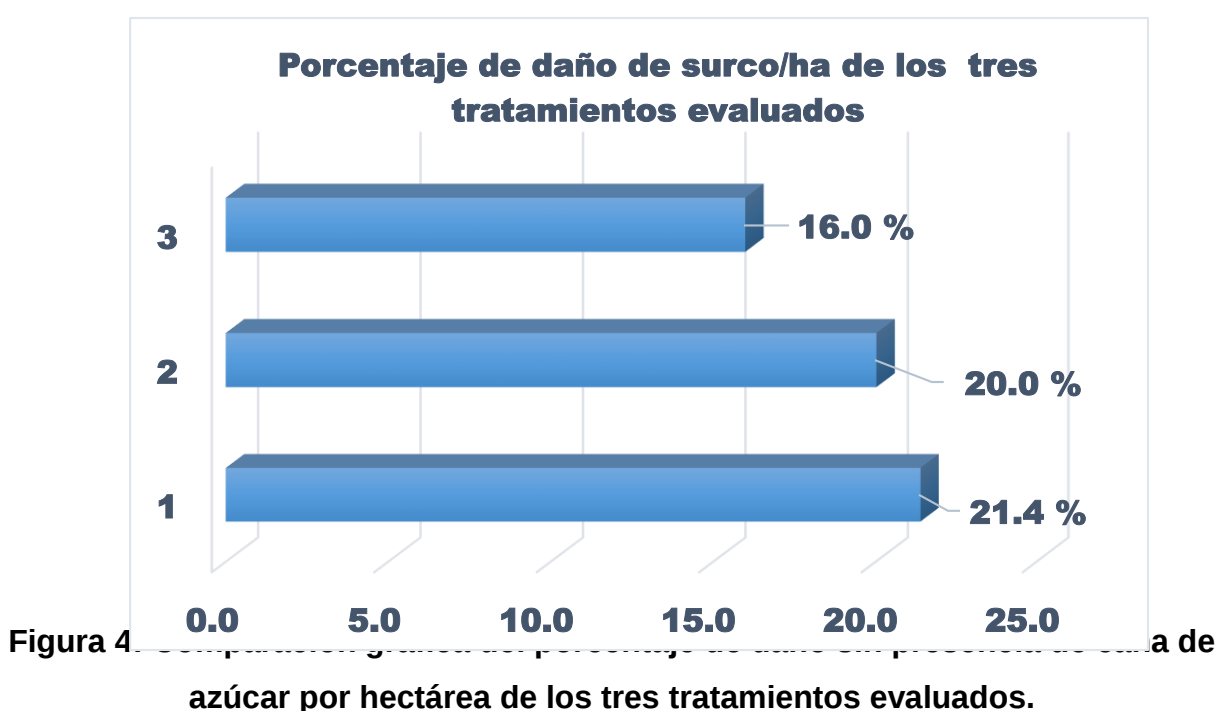
Figura 3: Comparación grafica de promedios en metros de surco dañados sin presencia de caña de azúcar

Fuente: Autor, (2024).

Realizando el análisis comparativo del grafico de barras, se puede observar que los Tratamiento T1 3.5 km/h y T2 3.0 km/h el daño se incrementa como resultado de aumentar la velocidad en la máquina de corte mecanizado, mientras que el menor daño se obtiene al utilizar una menor velocidad.

2. Estimación del porcentaje de daño por hectárea sin presencia de caña de azúcar, generadas por cada una de las tres velocidades evaluadas de corte mecanizado

Para un mejor análisis de los resultados, a continuación, se presenta el análisis gráfico de los tratamientos en porcentaje de surco dañado sin presencia de caña de azúcar por hectárea:



Fuente: Autor, (2024).

Realizando la comparación grafica del porcentaje de daño de surco por hectárea sin presencia de caña de azúcar, se puede observar que el tratamiento T3 2.5 km/h con el 16% es el que menor daño genera por hectárea de cultivo cosechado de forma mecanizada, así mismo los tratamientos T1 3.5 km/h y T2 3.0 km/h con el 21.4% y 20.0% respectivamente son los tratamientos de los cuales se obtuvieron mayor porcentaje de daño por hectárea.

VII. CONCLUSIONES

1. De los tres tratamientos evaluados, el tratamiento que menor impacto negativo género estadísticamente, es el T2 2.5 km/h con un promedio de 913.50 metros/ha de surco sin caña de azúcar, seguido del tratamiento T2 3.0 km/ha y T1 3.5 km/h respectivamente, siendo el tratamiento uno, la velocidad de operación de corte mecanizado la más viable para las fincas bajo administración de ingenio Tululá donde se requiera este tipo de cosecha mecanizada.
2. Estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, se determinó que las velocidades de operación en corte mecanizado 3.5 y 3.0 kilómetros/hora, son iguales estadísticamente, siendo estas dos velocidades las que mayor impacto negativo producen en cuanto a metros de surco dañado sin presencia de caña de azúcar, con promedios que van de 2.13 a 2.0 metros.
3. Los tratamientos T3 y T1 representan el 21% y 22% de daño por hectárea generado por corte mecanizado, así mismo el tratamiento T2 con un 16 % es el tratamiento evaluado que generó el menor porcentaje de daño por hectárea en el cultivo de *Saccharum officinarum* caña de azúcar en fincas bajo administración de ingenio Tululá.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar en cosechadora John Deere serie CH 570 empleada en corte mecanizado la velocidad de operación de 2.5 km/h, la que menor impacto negativo causa sobre el surco de caña de azúcar cosechado en fincas bajo administración de ingenio Tuluá.
2. Evaluar periódicamente el daño producido por el efecto de la operación de cosecha mecanizada a velocidad constante de 2.5 km/h, con la finalidad de mantener al mínimo daño en surco sin caña por arranque de sepas.
3. En cañaverales postrados reducir la velocidad de corte de las cosechadoras para reducir el daño de arranques de sepas y de igual manera la resiembra del cultivo.
4. Realizar la labor agrícola de resiembra en sectores donde se emplee el corte mecanizado, cuando el daño causado por este tipo de corte, sobrepase el 20% de daño por hectárea.

IX. REFERENCIAS

- CENGICAÑA. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Librerías Artemis Edinter, S.A.
- Chaparro, AJ. (2002). *Preparación de tierras*. In Seminario de Adecuación de Tierras. Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/issue/dowland/204/81>
- Daza, O. H. (2002). *Conceptos de adecuación de tierras*. In Seminario de Adecuación de Tierras. Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2057.pdf
- Díaz, L. y Portocarrero, E. (2002). *Manual de producción de caña de azúcar*. [Trabajo de graduación Ingeniero Agrónomo Zamorano]. <http://bdigital.zamorano.edu/bistream/11036/2247/1/CPA-2002-T043.pdf>
- EOS DATA ANALYTICS. (5 de Noviembre de 2019). *NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada*. <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>
- Orozco, H. (1995). *Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (Saccharum sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades*. CENGICAÑA. <http://cengicaña.org/files/20170103101309141.pdf>
- Quiej, O. (2013). *Manejo del coyolillo (Cyperus rotundus L., Cyperaceae), con cinco mezclas de herbicidas comerciales, en el cultivo caña de azúcar (Saccharum spp., Poaceae)*. [Tesis de grado de licenciatura en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Cultivos Tropicales. Universidad de Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/carrillo-Elder.pdf>
- Subiros, RF. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar*. Editorial a Distancia. http://books.google.com.pe/books/about/Cultivo_de_la_Ca%C3%B1a_de_Az%C3%BAcar.html?id=2wpC1j2AmkAC

Villatoro, B. (2014). *Procesamiento de imágenes de satélite Landsat 8 para estimaciones de NDVI para análisis multitemporales en el cultivo de caña de azúcar*. Memoria. Presentación de Resultados de Investigación. Zafra, 2015.
<http://cengicaña.org/files/2017012123350557.pdf>

Vo.Bo.



Licda. Ana Teresa Cap Yes González.

Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS

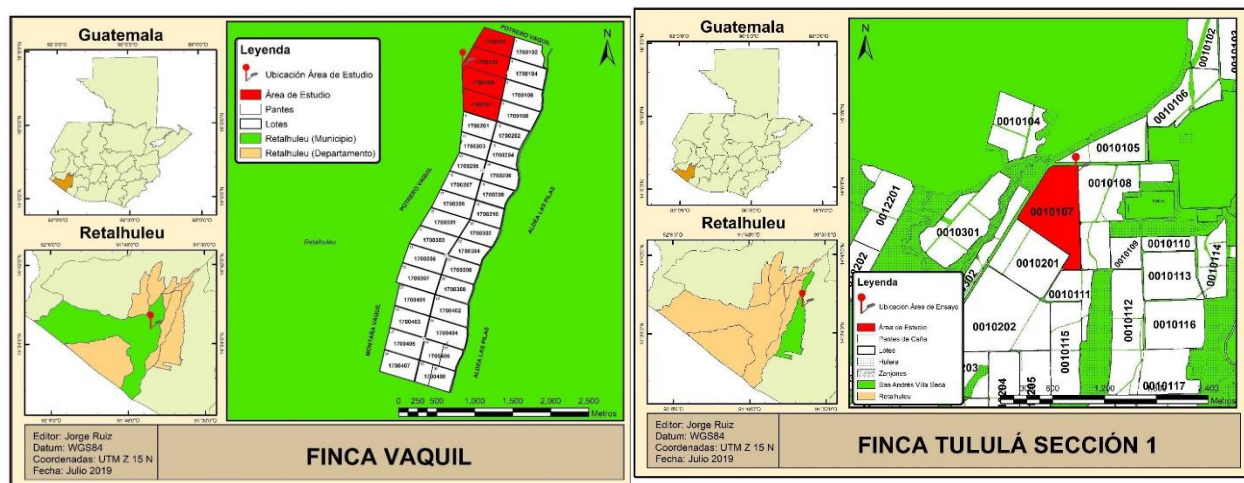


Figura 2: Ubicación de ensayo y evaluación de velocidad de corte mecánico

Fuente: Autor, (2024).



Figura 3: fotos aéreas de ensayo de finca Vaquil

Fuente: Autor, (2024).



Figura 4: Colocación de trompos de los dos surcos a muestrear

Fuente: Autor, (2024).



Figura 5: Localización de trompos de referencia de unidades de muestra a diez metros de distancia

Fuente: Autor, (2024).



Figura 6: Localización de trompos de referencia de unidades de muestra después de la cosecha

Fuente: Autor (2024).



Figura 7: Medición de espacio vacío en unidad de muestra

Fuente: Autor (2024).



Figura 8: Cosechadora marca John Deere Serie CH570 Utilizada en la evaluación de velocidad de corte mecánico

Fuente: Autor, (2024).



Figura 9: Alce mecanizado con cosechadora. John Deere Serie CH570

Fuente: Autor, (2024).

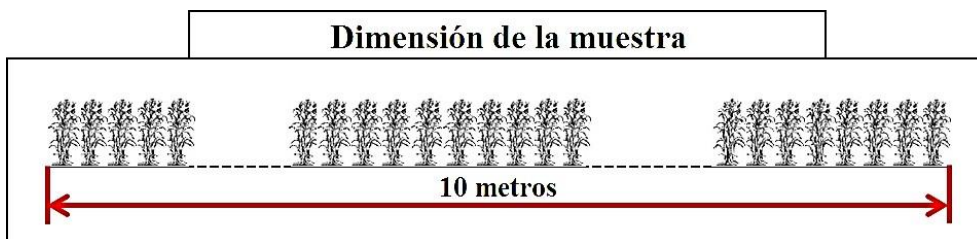


Figura 10: Dimensión de la unidad de muestra en metros lineales

Fuente: CENGICAÑA, (2018).

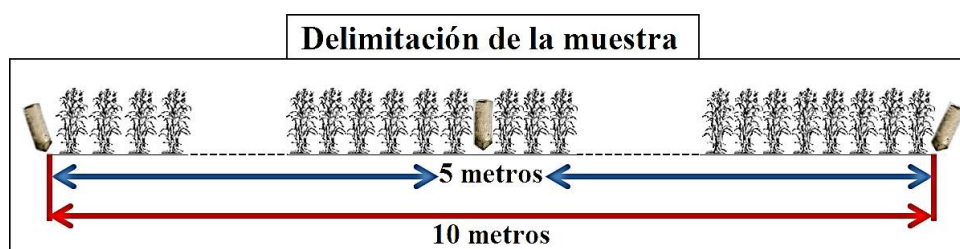


Figura 11: Dimensión de la unidad de muestra en metros lineales

Fuente: CENGICAÑA, (2018).

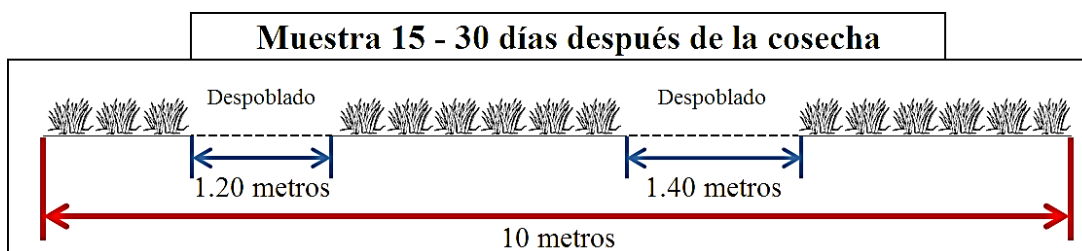


Figura 12: Referencia de espacios vasillos de la muestra antes de cosecha

Fuente: CENGICAÑA, (2018).

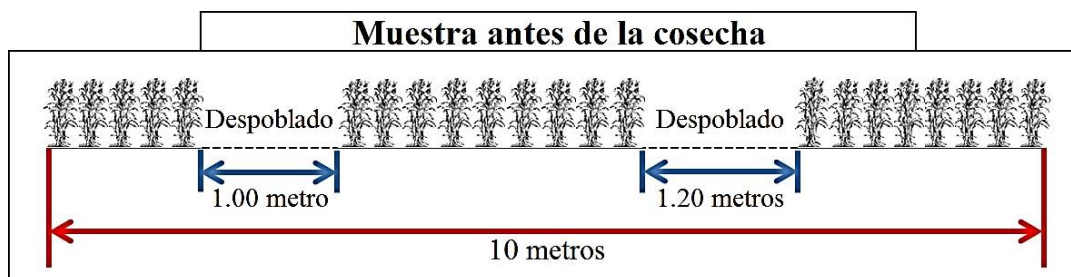


Figura 13: Referencia de muestreo en metros lineales después de cosecha

Fuente: CENGICAÑA, (2018).

Mazatenango, 08 de noviembre de 2023.

Dr. Mynor Otzoy Rosales
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Dr. Otzoy:

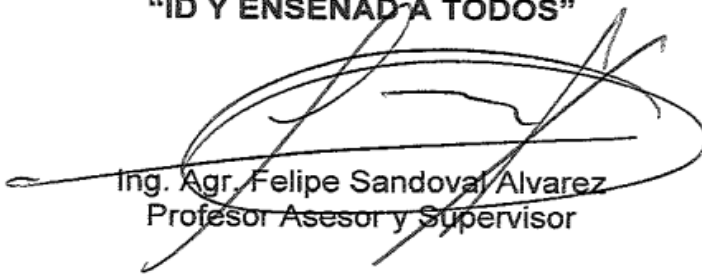
Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **"Cálculo de velocidades de corte mecánico en el cultivo de caña de azúcar *Saccharum Officinarum*, para las condiciones de las fincas del ingenio Tululá S.A."**; presentado por el estudiante Jorge Antonio Armando Ruíz Pérez quien se identifica con número de carné 200941602 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

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

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Ing. Agr. Felipe Sandoval Alvarez
Profesor Asesor y Supervisor



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



Mazatenango, Suchitepéquez, 09 de mayo de 2024

Licenciado

Luis Carlos Muñoz López

DIRECTOR EN FUNCIONES

Centro universitario de sur occidente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Despacho

Señor director:

De manera atenta me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores al frente de la dirección del centro universitario. El objetivo de la presente es para informar que el estudiante T.P.A. Jorge Antonio Armando Ruíz Pérez quien se identifica con número de carnet 2009 41602 de la carrera de Ingeniería en Agronomía a concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de tres diferentes velocidades en corte mecanizado en cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en fincas bajo administración de ingenio Tululá S.A San Andrés Villa Seca Retalhuleu.** El cual ha sido asesorado, revisado y con dictamen favorable por el Msc. Luis Felipe Sandoval Álvarez.

Como coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical doy constancia que el estudiante Jorge Antonio Armando Ruíz Pérez, ha cumplido con el normativo de trabajo de graduación, por esta razón someto a consideración el documento presentado por dicho estudiante y así continuar con los trámites correspondientes.

Sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

"Id y enseñad a todos"



Vo. Bo. Ph.D. Mynor Raúl Oztzy Rosales

Coordinador de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical



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

CUNSUROC/USAC-I-090-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veintiocho de agosto de dos mil veinticuatro_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
"EVALUACIÓN DE TRES DIFERENTES VELOCIDADES EN CORTE
MECANIZADO EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum*, EN
FINCAS BAJO ADMINISTRACIÓN DEL INGENIO TULULÁ., SAN ANDRÉS
VILLA SECA, RETALHULEU" del estudiante: **Jorge Antonio Armando Ruíz Pérez**
Carné: **200941602 CUI: 1851 11637 0101** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris