

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



Documento de graduación.

Evaluación de residuos de cosecha combinados con herbicidas para el control de malezas en *Saccharum officinarum* L. *Poaceae* “caña de azúcar” Ingenio Tzulá, San Andrés Villaseca, Retalhuleu.

T.P.A. OSCAR GEOVANY VILLALOBOS IXCAL

CARNÉ: 201641027

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ NOVIEMBRE 2021.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Suroccidente

M.Sc. Pablo Ernesto Oliva Soto

Rector en Funciones

M.Sc. Gustavo Enrique Taracena Gil

Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director en funciones

Representante de Profesores

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

Representantes Estudiantiles

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solis

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico
Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas
Dr. Eddie Rodolfo Maldonado Rivera

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social
Lic. Edin Anibal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía
M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos
M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical
Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario
Lic. Sergio Espinoza Antón

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

Área Social Humanista
Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinadora de las carreras de Pedagogía
Lcda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera Periodista Profesional
y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación
Lic. Heinrich Herman León



Mazatenango 9 de noviembre de 2021

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

Respetable Ing. Tobar.

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

El motivo de la presente es para informar que luego de haber aprobado el programa de EPSAT en la carrera de Agronomía Tropical, solicito poder revisar el trabajo de graduación, para proseguir con el proceso de graduación.

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

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Oscar Geovany Villalobos Ixcal', written in a cursive style.

T.P.A. Oscar Geovany Villalobos Ixcal
Carné: 201641207

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Felipe Sandoval Álvarez.

Inga. Agr. Floridalma Castillo Auceda.

Ing. Agr. Alejandro Velásquez Castellanos.

Por la colaboración y apoyo en la realización de la investigación inferencial en la división agrícola del ingenio Tumulá S.A.

Ing. Guillermo Ruíz Recinos

Por la ayuda brindada como asesor y supervisor de mi proceso ejercicio profesional supervisado de la carrera de agronomía tropical de la universidad de San Carlos.

Claustro de catedráticos del CUNSUROC.

Por impartirme los conocimientos necesarios para mi formación a lo largo de mi proceso como estudiante.

Ing. Agr. Alexander Herrera Ramos.

Ing. Agr. Juan Luis Ajanel

T.P.A. Lenin Manuel Ramírez Tello

T.P.A. Dilan Aroldo Soto.

Personas que me dieron mi primera oportunidad laboral y de seguir estudiando, para lograr culminar la carrera de Ingeniero Agrónomo.

Amigos.

En especial a Jorge Herrera, Jason Paz, Kevin Lopreto, Mario Paz y compañeros en general, por el apoyo motivacional para culminar mi proceso estudiantil.

DEDICATORIAS

A.

Dios

Por regalarme salud, sabiduría y ser mi guía en todos mis momentos de aflicción, para poder lograr culminar mis metas académicas.

Mi madre, Gloria Ixcal.

Por ser mi soporte en todos los aspectos de la vida y siempre apoyarme en mis proyectos universitarios.

Mi padre y hermanos

Alexander, Berali y Oliver. Por ayudarme en mi vida universitaria y darme una muestra de cariño.

A mis amigas.

Astrid Vásquez

Judith Arriola

Dora Linda Girón

Ana Esmeralda Mauricio

Yosselyn De la Rosa.

Por brindarme apoyo motivacional, hacer que siempre quisiera lograr mis metas y regalarme uno de los más grandes tesoros de la vida que es la amistad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMENxiii
SUMMARYxiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
1. Marco conceptual.....	2
1.1 Clasificación botánica sistemática.	2
1.2 Cosecha de caña en verde.	2
1.2.1 ¿Qué es la cosecha en verde o mecanizada?.....	3
1.2.2 ¿Qué es el Residuo agrícola de cosecha?.....	3
1.2.3 ¿Cuáles son los beneficios de corte en verde?	4
1.2.3.1 Ambiental.....	4
1.2.3.2 Social.....	4
1.2.3.3 Económico.....	4
1.3 Manejo y control de malezas.	4
1.3.1 Periodo crítico	4
1.3.2 Malezas más importantes en caña de azúcar <i>S. officinarum</i>	5
1.3.3 Interferencia de maleza con el cultivo.	6
1.3.3.1 Alelopatía.....	6
1.3.3.2 Competencia.....	6
1.3.3 Métodos de control de malezas.....	7
1.3.3.1 Control mecánico.	7
1.3.3.2 Control químico.....	7
1.3.4 Manejo y control de malezas en la zona cañera guatemalteca.....	8
1.3.4.1 Caña soca.....	8
1.3.4.2 Caña plantía.	9
1.3.5 Herbicidas utilizados en caña de azúcar	9
1.3.5.1 Ácido ariloxi-Fenoxipropionatos: Fluazifop-p-butil.	9
1.3.5.2 Ácido fosfónico: Glufosinato de amonio.	9
1.3.5.3 Ácido benzoico: Dicamba.....	10
1.3.5.4 Bipiridilos: Paraquat.	10
1.3.5.5 Ciclohexadiona: Cletodium o Cletodim.....	10

1.3.5.6	Cloroacetamidas: Acetoclor.	10
1.3.5.7	Difenileter: Oxifluorfen.....	11
1.3.5.8	Dinitroanilinas: Pendimentalina.	11
1.3.5.9	Triazinas: Ametrina, Atrazina, Hexazinona, Metribuzina y Terbutrina.....	11
1.3.5.10	Ureas sustituidas: Diuron.	11
2.	Marco Referencial.....	12
2.1	Localización de la investigación.....	12
2.2	Ubicación geografía de finca Tululá.	12
2.3	Zona de vida y clima de finca Tululá sección uno	13
2.4	Tipos de suelo	13
2.5	Área de finca Tululá sección uno	13
2.6	Descripción morfológica de la variedad CP-722086.....	13
2.6.1	Sistema radical.....	14
2.6.2	Características morfológicas.	14
2.6.3	Características agronómicas CP 72-2086.	15
2.7	Época de cosecha de finca Tululá sección uno	15
2.8	Tipo de cosecha del lugar de la investigación.....	15
2.9	Control de maleza.....	15
2.9.1	Aplicación pre-emergente.....	15
2.9.2	Aplicación post emergente.	16
2.9.3	Aplicación de cierre.	16
2.10	Registro de residuo agrícola de cosecha de la variedad CP-72208.	16
2.11	Antecedentes relacionados a la investigación.....	17
2.11.1	Estimación de la producción de residuos agrícolas en agro ecosistema de caña de azúcar.	17
2.11.2	Aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha en control de malezas.	17
2.11.3	Evaluación de la efectividad de cuatro herbicidas preemergentes aplicados sobre los residuos de cosecha de <i>S. officinarum</i>	18
III.	OBJETIVOS	20
1.	Objetivo general.....	20
2.	Objetivos específicos	20
IV.	HIPÓTESIS	21
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22

1.	Materiales	22
1.1	Recursos físicos.	22
1.2	Recursos Humanos.	22
1.3	Recursos financieros.	22
2.	Metodología	23
2.1	Diseño experimental.	23
2.1.1	Modelo estadístico.	23
2.1.2	Descripción de factores.	24
2.1.2.1	Factor A.	24
2.1.2.2	Factor B.	26
2.1.3	Tratamientos.	27
2.1.4	Número de repeticiones.	28
2.1.5	Aleatorización de los tratamientos.	28
2.1.6	Croquis de campo.	29
2.1.7	Parcela neta y bruta.	30
2.2	Establecimiento y manejo de la investigación	30
2.2.1	Delimitación.	30
2.2.2	Manejo de los niveles del Factor A “Residuo agrícola de cosecha”	31
2.2.2.1	Nivel A1 (0 ton/ha)	31
2.2.2.2	Nivel A2 (13 ton/ha).	31
2.2.2.3	Nivel A3 (18 ton/ha).	31
2.2.3	Aplicación de los productos químicos.	31
2.2.3.1	Niveles B1, B2, B3.	31
2.2.3.2	Niveles B4, B5, B6.	33
2.3	Definición de una nueva época para la primera aplicación de herbicidas, teniendo residuo agrícola de cosecha sobre el suelo en <i>S. officinarum</i>	34
2.3.1	Variable respuesta.	34
2.3.2	Modo de análisis.	34
2.3.3	Descripción de metodología.	34
2.4	Determinación del mejor tratamiento con base a los días control efectivos sobre las malezas en <i>S. officinarum</i>	35
2.4.1	Variable respuesta.	35
2.4.2	Modo de análisis.	35
2.4.3	Descripción de metodología.	35

2.5	Cuantificación del costo de días control de los tratamientos durante el período de interferencia de las malezas en <i>S. officinarum</i>	37
2.5.1	Variable respuesta.	37
2.5.2	Modo de análisis.	37
2.5.3	Descripción de metodología.	37
2.6	Determinación de las especies de malezas que acaparan los flujos de materia y energía teniendo residuo de cosecha sobre el suelo en <i>S. officinarum</i>	38
2.6.1	Variable respuesta.	38
2.6.2	Modo de análisis.	38
2.6.3	Descripción de metodología.	38
2.6.3.2	Cobertura de malezas.	39
2.6.3.3	Densidad de malezas.	39
2.6.3.4	Índice de valor de importancia de las malezas.	39
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
1.	Definición de una nueva época para la primera aplicación de herbicidas, teniendo residuo agrícola de cosecha sobre el suelo en <i>S. officinarum</i>	41
1.1	Análisis a los siete días.	41
1.2	Análisis a los 14 y 21 días.	42
1.3	Análisis a los 28 días.	44
1.4	Análisis a los 35 días ddc.	46
2.	Determinación del mejor tratamiento con base a los días control efectivos sobre las malezas en <i>S. officinarum</i>	48
3.	Cuantificación del costo de días control de los tratamientos en <i>S. officinarum</i>	51
4.	Determinación de las especies de malezas que acaparan los flujos de materia y energía con residuo de cosecha en el suelo en <i>S. officinarum</i>	53
VII.	CONCLUSIONES.....	55
VIII.	RECOMENDACIONES	56
IX.	REFERENCIAS.....	57
X.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.	página
1. Clasificación botánica de la caña de azúcar <i>S. officinarum</i>	2
2. Principales malezas, en <i>S. officinarum</i>	5
3. Propiedades físicas del suelo de Finca Tululá.	13
4. Definición de nomenclatura CP-722086.....	14
5. Productos de mezcla pre-emergentes en finca Tululá.....	15
6. Productos de mezcla post emergentes en finca Tululá.	16
7. Productos de la mezcla de cierre en finca Tululá.....	16
8. Herbicidas utilizados en estudio de Costa Rica.....	18
9. Peso promedio de residuo agrícola de cosecha.....	25
10. Niveles del factor A "Residuo agrícola de cosecha"	25
11. Niveles del factor B "diferentes días de aplicación química"	26
12. Dosis de herbicida pre-emergente del ensayo.	26
13. Dosis de herbicida post emergente del ensayo.....	27
14. Descripción de los tratamientos evaluados	27
15. Volumen preemergente aplicado con bomba de Asperjar JACTO 20L	32
16. Volumen post emergente aplicado con bomba de Asperjar JACTO 20L	33
17. Formato para ingresar datos en software de InfoStat.....	36
18. Rubros de la metodología costo control	37
19. Cobertura de malezas a los 7 días ddc.....	41
20. Análisis de varianza a los siete días de cobertura de malezas.....	42
21. Cobertura de malezas a los 14 y 21 días ddc	42
22. Análisis de varianza de la cobertura de malezas	43
23. Prueba de medias según Tukey 5% de cobertura a los 21 días ddc.....	43
24. Cobertura de malezas a los 28 días ddc	44
25. Análisis de varianza de cobertura de malezas, 28 días.....	45
26. Prueba de medias factor A y B a los 28 días ddc.....	46
27. Cobertura de malezas a los 35 días ddc.....	47
28. Análisis de varianza de cobertura de malezas, 35 días ddc.	47
29. Prueba de medias a los 35 días ddc del factor A y B	48
30. Días control de cada tratamiento.	49
31. Análisis de varianza de los días control.	49

32. Prueba de medias según Tukey 5% de la interacción de los factores.	50
33. Costo de una aplicación manual en finca Tululá.	51
34. Costos de las mezclas de herbicidas en finca Tululá.	52
35. Análisis económico de días control, en finca Tululá.	52
36. Bitácora de datos de porcentaje de cobertura de maleza de la investigación.	61
37. Porcentajes transformados a variables continuas	63
38. Cuadro de datos de días control de los tratamientos.	64
39. Número de días control transformados en variables continuas	66
40. Índice del valor importancia de las malezas.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	página
1. Ubicación geográfica de finca Tululá lote siete.	12
2. Delimitación del cuadro para muestreo del residuo de cosecha.....	24
3. Aleatorización en campo del primer bloque del experimento.	28
4. Croquis de campo de la investigación.....	29
5. Parcela neta y bruta de la investigación.....	30
6. Rectángulo para muestreo de cobertura de maleza en <i>S. officinarum</i>	34
7. Ecuaciones para determinar el valor de importancia.....	39
8. Ecuación para obtener valores relativos	40
9. Valor de importancia de las malezas sobre residuo de cosecha.	53
10. Guía del bloque de aplicaciones de herbicidas.	68
11. Términos del modelo de análisis en InfoStat.....	69
12. Delimitado y estaquillado del ensayo en campo.....	69
13. Establecimiento de nivel de 13 ton/ha de residuo de cosecha en campo.....	70
14. Vista área de los niveles de residuos de cosecha de los tratamientos evaluados	70
15. Inicio de aplicaciones químicas en el mes de abril.....	71
16. Procedimiento seguido para la aplicación post-emergente	71
17. Cobertura de malezas a los 56 días con y sin residuo de cosecha	72

RESUMEN

Ingenio Tululá S.A. se ubica en el municipio de San Andrés Villaseca, Retalhuleu, en las coordenadas geográficas 14°33'25" latitud norte y 90°35'03" longitud oeste, a 220 metros sobre el nivel del mar. Se dedica a la producción de cultivo de *Saccharum officinarum* L. *Poaceae* "caña de azúcar" para producir, materia prima, para la elaboración de ron y licores que son comercializados a nivel nacional e internacional. Posee la certificación ISO 9001, que indica que las producciones deben ser sustentables y amigables al medio ambiente; motivo por el cual, ingenio Tululá está eliminado la quema de los cañaverales y cosechando en verde.

La cosecha en verde deja en campo residuos que oscilan entre 13 y 18 ton/ha, mismos que combinados con aplicaciones de herbicidas pueden reducir las aplicaciones y los costos que implica el control de malezas.

Basado en la anterior, la investigación evaluó tres niveles de residuos agrícolas de cosecha, RAC, (0, 13, y 18 ton/ha) combinado con 6 diferentes frecuencias de aplicación de herbicidas (5, 10, 15, 20, 25, y 30 días), generando 18 tratamientos, ordenados en un experimento bifactorial, en un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas.

Se obtuvo como resultados, que con 18 ton/ha de residuo de cosecha y sin aplicar herbicida en finca Tululá se controla la cobertura de malezas hasta los 25 días después de cosecha. Estadísticamente 13 y 18 ton/ha de residuos combinados con aplicación de herbicida a los 25-30 días tiene un control sobre las malezas hasta los 70 días. Al no quemar y utilizar el residuo que dejó la cosecha en verde y aplicar herbicida post emergentes a los 30 días, se disminuyó los costos en un 48% ya que el número de aplicaciones que se planifican para el manejo del cultivo disminuyen, eliminando la aplicación post emergente y la requema. Así, el ingenio cumple con el manejo sustentable mitigando el uso de químicos. Por último, cuando se tiene residuos de cosecha en el suelo el banco de las malezas cambia, predominando las especies del grupo de hojas anchas.

SUMMARY

Ingenio Tululá S.A. It is located in the municipality of San Andrés Villaseca, Retalhuleu, at the geographic coordinates of 14 ° 33'25 "north latitude and 90 ° 35'03" west longitude, 220 meters above sea level. It is dedicated to the production of cultivation of *Saccharum officinarum* L. Poaceae "sugar cane" to produce the raw material for the production of rums and liqueurs that are marketed nationally and internationally. It has the ISO 9001 certification, which indicates that the productions must be sustainable and friendly to the environment; Reason why, Tululá mill is eliminating the burning of the cane fields and harvesting green.

Green harvesting leaves residues in the field that range between 13 and 18 tons / ha, which, combined with herbicide applications, can reduce the applications and costs of weed control.

Based on the above, the research evaluated three levels of agricultural crop residues, RAC, (0, 13, and 18 ton / ha) combined with 6 different frequencies of herbicide application (5, 10, 15, 20, 25, and 30 days), generating 18 treatments, ordered in a bifactorial experiment, in a random block design with a strip arrangement.

The results were obtained that with 18 ton / ha of harvest residue and without applying herbicide on the Tululá farm, weed coverage is controlled until 25 days after harvest. Statistically 13 and 18 ton / ha of residues combined with herbicide application at 25-30 days has control over weeds up to 70 days. By not burning and using the residue that left the harvest green and applying post-emergence herbicide after 30 days, costs were reduced by 48% since the number of applications that are planned for crop management decrease, eliminating the application pop-up post and reburn. Thus, the mill complies with sustainable management by mitigating the use of chemicals. Finally, when you have crop residues on the ground, the weed bank changes, with species from the broad-leaved group predominant.

I. INTRODUCCIÓN

Ingenio Tulula S.A. es una empresa de carácter privado, que se dedica a la producción del cultivo de *S. officinarum*, se encuentra en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Una de las fincas que compone el ingenio Tululá es finca Tulula ubicada en las coordenadas geográficas 14°33'25" latitud norte y 90°35'03" longitud oeste a 220 metros sobre el nivel del mar.

Atendiendo las normativas de las certificaciones (ISO 9001) para una producción sustentable, en ingenio Tululá a partir de la zafra 2019-2020 se vio obligado a cambiar sus metodologías de cosecha, dando paso a una nueva labor, denominada cosecha en verde. Para el 2021 se cosechó en verde mecánicamente el 42% que representó alrededor de 2,940 has. Después de cosechar en verde, queda un residuo sobre el suelo, el cual se buscó darle un uso dentro del manejo y control de las malezas en *S. officinarum*

Para aprovechar esos residuos agrícolas de la cosecha, se planteó evaluar el efecto de ellos, combinados con aplicaciones de herbicidas en ciertas frecuencias, sobre las malezas, usando para el efecto un diseño bifactorial en bloques al azar con arreglo en franjas. El factor A fue "residuos de cosecha en verde" compuesto por tres niveles (0 ton/ha, 13 ton/ha y 18 ton/ha) y el factor B fue "aplicaciones de herbicidas en diferentes días después de cosecha (ddc)" (5, 10, 15, 20, 25 y 30 días) para un total de 18 tratamientos. Las variables respuestas evaluadas fueron el porcentaje de cobertura de las malezas y número de días control, se midieron en un intervalo de siete días durante el periodo de interferencia crítico de *S. officinarum*. También se evaluaron las variables, costo de los días control y el índice de valor de importancia de las especies germinadas sobre los residuos de cosecha.

Para el control de la cobertura de las malezas de *S. officinarum* los tratamientos con residuo de cosecha fueron estadísticamente mejores que los tratamientos sin residuos de cosecha. También permiten alargar la primera aplicación de herbicida hasta los 25-30 días, en consecuencia se redujeron los costos por día control/ha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco conceptual

1.1 Clasificación botánica sistemática.

Según CONADESUCA, (2015, pág. 3) botánicamente, *S. officinarum* se clasifica como se presenta en la tabla uno.

Tabla 1. Clasificación botánica de la caña de azúcar *S. officinarum*

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

Fuente. CONADESUCA, (2015, pág. 3)

1.2 Cosecha de caña en verde.

Caballero & Sáenz, (2016, pág. 5) hacen referencia que la cosecha en verde de la caña de azúcar representa una alternativa viable y sustentable a la cosecha que se realiza de forma tradicional en distintos países, y puede realizarse en aquellos terrenos que cuentan con condiciones topográficas adecuadas para ello, con ventajas en la reducción de tiempo en el corte y de la mano de obra empleada.

También Cook, J. H. (2015, pág. 82) indicaron que la cosecha de caña de azúcar en verde, minimiza costos, optimiza la cosecha y la entrega de caña al ingenio, reduce las emisiones de humo y cenizas contaminantes al ambiente, aminora la aspiración de estos humos por parte de los trabajadores dedicados a la cosecha y que están pendientes de la quema, e impacta de menor manera la fauna que se desarrolla dentro y alrededor de los cañaverales.

1.2.1 ¿Qué es la cosecha en verde o mecanizada?

Según Grupo CASSA, (2019, párr. 2) es cortar la caña sin quemarla. Tradicionalmente, Guatemala 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 en verde puede realizarse tanto de forma manual, como mecanizada, pero su modalidad está sujeta a diversos aspectos; como la disponibilidad de maquinaria y de la mano de obra, la topografía del terreno y la cantidad de personas que se dedica a esta labor, entre otros.

Para la cosecha en verde mecánica Caballero & Sáenz, (2016, pág. 7) indican que se hace uso de una maquinaria especializada para cortar y alzar la caña, en trozos pequeños de aproximadamente 20 cm, que se van colocando en un vehículo que acompaña a esta máquina, para posteriormente transportar el material hacia el ingenio azucarero.

1.2.2 ¿Qué es el Residuo agrícola de cosecha?

El Grupo CASSA, (2019, párr. 2) informó que el RAC son los residuos que desprende la planta de caña de azúcar luego de ser cortada y que crean una especie de alfombra en la tierra que mantiene mayor humedad, ya que el suelo no está directamente expuesto al sol y, por lo tanto, hay menos evaporación. Todo ello significa menor consumo de agua al reducirse la necesidad de riego; mejor control de plagas y malezas, y mejor fijación de carbono en el suelo.

También explicó que “cosechar en verde y manejar el rastrojo se vuelve el aliado perfecto y es un gran beneficio, mejorando el suelo y se aumenta la materia orgánica”. Así es como la zafra verde se convierte en una buena práctica agrícola en beneficio del medio ambiente.

1.2.3 ¿Cuáles son los beneficios de corte en verde?

Grupo CASSA, (2019, párr. 2) indica que basados en un modelo de Agricultura Sostenible, con la Zafra Verde en el Salvador se han obtenido diferentes beneficios en tres ámbitos principales:

1.2.3.1 Ambiental.

Según Mora, O. (2015, pág. 42) con la disminución de la emisión de gases por la quema, incluyendo gases de efecto invernadero; conservación de la biodiversidad en el paisaje y de la vida silvestre circundante al cultivo; mejor aprovechamiento del agua lluvia y de riego; mejoramiento del suelo por el aporte y conservación de materia orgánica y reciclaje de nutrientes, y disminución de la erosión; y disminución en el uso de herbicidas.

1.2.3.2 Social.

Disminución de la contaminación del aire y disminución del riesgo de la comunidad por la quema.

1.2.3.3 Económico.

Disminución en el costo de riego, disminución en el costo de control de malezas y mejora a largo plazo de la producción.

1.3 Manejo y control de malezas.

Según CENGICAÑA, (2013, pág. 131) el desarrollo del control y manejo de malezas ha tenido varias fases, iniciando con el uso intensivo de los herbicidas, seguida de la integración de secuencia de labores mecánicas y uso de herbicidas como segunda línea de defensa, rotación de moléculas de herbicidas, reducción de dosis y aplicación de moléculas menos contaminantes y control de malezas por medio del uso de agricultura de precisión, uso de abonos verdes y uso de variedades tolerantes a herbicidas.

1.3.1 Periodo crítico

Según CENGICAÑA, (2013, pág. 131) el periodo crítico de interferencia de las malezas en la producción de caña de azúcar se da en los primeros 120 días después del corte o de la siembra. Por ello, en la Agroindustria Azucarera se aplican herbicidas pre emergentes y post emergentes como base para el control de malezas, así mismo se

combinan con controles mecánicos que ayudan en alguna manera al control de las mismas.

1.3.2 Malezas más importantes en caña de azúcar *S. officinarum*

Dentro de las malezas más importantes para la zona están: *Cyperus rotundus* L. *Cyperaceae* “coyolillo”, *Rottboellia cochinchinensis* L. *Poaceae* “caminadora”, *Ipomoea triloba* L. *Convolvulaceae* “quinamul”, *Sorghum halepense* L. *Poaceae* “zacate Johnson” entre otras, que se presentan en la tabla dos.

Tabla 2. Principales malezas, en *S. officinarum*.

No.	Nombre común	Nombre técnico
Cyperaceae		
1	Coyolillo, coquito	<i>Cyperus rotundus</i> L.
Poaceae		
2	Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> L.
3	Plumilla o pajilla	<i>Leptocloa filiformis</i> Lam.
4	Pasto Johnson, sorgo	<i>Sorghum halepense</i> L.
5	Zacatón, guinea	<i>Panicum maximum</i> Jacq.
6	Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i> L.
Convolvulaceae		
7	Bejuco peludo	<i>Merremia quinquefolia</i> L.
8	Campanilla, lavaplato	<i>Ipomea nil</i> L.
9	Campanilla, quinamul	<i>Ipomea triloba</i> L.
Cucurbitaceae		
10	Jaibilla, melón amargo	<i>Momordica charantia</i> L.
Euphorbiaceae		
11	Papayita, manita crotón	<i>Crotón lobatus</i> L.
Aizoaceae		
12	Falsa verdolaga	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.
Portulacaceae		
13	Verdolaga, portulaca	<i>Portulaca oleraceae</i> L.

Fuente. (CENGICAÑA, 2013, pág. 132.)

En el cuadro dos se presentan las malezas que causan una serie de complicaciones en el manejo del cultivo, las que se resumen en gastos excesivos en su control. Para ello es importante conocer las estrategias para la selección de los herbicidas, los cuales deben estar fundamentados en criterios técnicos relacionados con las variables ambientales,

edafo-climáticas, prácticas culturales y las propiedades físico-químicas del herbicida seleccionado.

1.3.3 Interferencia de maleza con el cultivo.

El término interferencia se refiere a la sumatoria de presiones que sufre un determinado cultivo como resultado de la presencia de malezas en el ambiente común, incluyendo los conceptos de competencia y alelopatía. Las malezas tienen la capacidad de competir por recursos limitantes del medio (principalmente agua, luz y nutrientes), por liberar sustancias alelopáticas, hospedar plagas y enfermedades, y sobre todo afectan los rendimientos del cultivo disminuyendo el número de cortes de la plantación. El grado de interferencia depende entre otros factores de la duración del periodo de competencia y de la época de ocurrencia, modificados por factores edáficos y climáticos y por factores de manejo. Aunque es importante mencionar que el propio cultivo tiene la capacidad de limitar el desarrollo de las malezas, principalmente por medio del sombreado. (Cengicaña, 2013, pág. 134)

1.3.2.1 Alelopatía.

Este término sirve para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra. Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta que libera al medio ambiente por una determinada vía (por ej. lixiviación, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última.

1.3.2.2 Competencia.

Competencia no es más que la lucha por la existencia y superioridad. Dicha competencia ejerce una fuerza poderosa en la comunidad de plantas que tiende a la limitación o extinción de los competidores más débiles. Esta competencia se maximiza cuando los recursos disponibles para el cultivo son limitados. La competencia directa entre cultivo y maleza es por recursos que muchas veces son limitados como son nutrientes, agua, luz

y espacio. Sin embargo, también suele presentarse competencia indirecta por la exudación y/o producción de sustancias alelopáticas. De manera general, las malezas aparecen mucho más adaptadas a los agro ecosistemas que los cultivos. La competencia entre el cultivo y la maleza se expresa por la alteración del crecimiento y desarrollo de ambos. (INTAGRI, 2017, párr. 11)

1.3.3 Métodos de control de malezas.

Para el control de malezas según CENGICAÑA, (2013, pág. 137) en la industria cañera se utilizan dos métodos de control de malezas con mayor frecuencia en el cultivo de caña de azúcar: a) control mecánico y b) control químico.

1.3.3.1 Control mecánico.

Se refiere al paso de diferentes implementos como parte de las diferentes labores mecánicas que se realizan en el cultivo. Entre las labores mecánicas está el paso de cultivadora (botado de mesa) cuyo objetivo es nivelar el surco o camellón entre las hileras de caña de azúcar en caña plantía. Esta labor se hace a los 40 o 50 días después de la siembra o corte, dando un control aproximado de 15 días, según condiciones de infestación; opcionalmente puede hacerse un segundo paso de cultivadora entre 55 y 65 días después del corte, logrando un manejo integral con el control químico. En caña soca el paso del ferticultivo será a los 45 días después del corte, es decir después de la aplicación pre emergentes de malezas. Un segundo control mecánico se puede realizar con el cultivo a los 60 días después del corte. (CENGICAÑA, 2013, pág. 138)

1.3.3.2 Control químico.

Consiste en la aplicación de herbicidas. Este método es de amplio y fácil uso en el cultivo de la caña de azúcar y con buenos resultados de control. Para lograr un periodo más amplio de días control se hace una combinación de los dos métodos indicados. La aplicación de herbicidas se puede hacer de tres maneras: a) mecanizada, b) manual y c) aérea.

a. Aplicación mecanizada

Es la más utilizada en Guatemala, y consiste en la aplicación de herbicidas en preemergencia y post emergencia, por medio de tractores de 120 HP. Estos tractores están conformados por un tanque de depósito para la mezcla y un aguilón con 25 boquillas dependiendo del tipo de la misma y una faja de 12 m de ancho. Este tipo de aplicación generalmente es para áreas planas, con el fin de que sea más eficiente. Cuando se realizan aplicaciones pos emergentes en caña de mayor desarrollo (hasta 1.5 m) se emplean tractores tipo "High Crop". (CENGICAÑA, 2013, pág. 140)

b. Aplicación manual

Éstas se practican donde no es posible el control de malezas de manera mecanizada por el desarrollo de la caña (de cierre) o en áreas de topografía irregular. También se realiza para controlar malezas en áreas específicas o pequeñas áreas infestadas en el lote (parchoneo). Para este tipo de aplicación de herbicidas se utilizan bombas de mochila de presión constante, las cuales son más eficientes que las tradicionales. Esta práctica es 137 más costosa que la mecanizada por ello se debe analizar el uso en áreas que sí lo ameriten. (CENGICAÑA , 2013, pág. 140)

c. Aplicación área

Se utilizan solamente para aplicaciones de herbicidas como inhibidores de floración en áreas planas, alejadas de otros cultivos, por la deriva que pueda ocasionar. (CENGICAÑA, 2013, pág. 141)

1.3.4 Manejo y control de malezas en la zona cañera guatemalteca.

1.3.4.1 Caña soca.

El primer control de malezas en caña soca se realiza de tres a 12 días después del corte (ddc), según la incidencia o cobertura de malezas en el área y la humedad del suelo. El segundo control debe hacerse normalmente 30 a 35 ddc, verificando siempre la humedad del suelo y cuando exista el umbral máximo económico (15 por ciento). En áreas sin riego o con poca humedad en el suelo se deben de utilizar productos de alta solubilidad. La

mezcla y la dosis de los herbicidas se harán en función de la incidencia y tipo de malezas, y se buscará la mayor cantidad de días control (120 días). (CENGICAÑA, 2013, pág 141)

1.3.4.2 Caña plantía.

En caña plantía el control de malezas se inicia el control pre-emergente mecánicamente ocho a 10 días después de la siembra (dds) con la aplicación de herbicidas pre emergentes después de un segundo riego, previamente se debe determinar la cobertura y definir la mezcla y dosis. La segunda aplicación de herbicidas (pos emergentes) se realiza después de la labor de fertilización. Es importante definir el umbral máximo y tamaño de la maleza para calcular la mezcla y dosis que se aplicarán. Existen labores mecánicas intermedias que ayudan a lograr más días control, así mismo es importante tomar en cuenta que en áreas con alta infestación es necesario el arranque de maleza y/o parchoneo (aplicaciones dirigidas) en el lote.

1.3.5 Herbicidas utilizados en caña de azúcar

1.3.5.1 Ácido ariloxi-Fenoxipropionatos: Fluazifop-p-butil.

Es un herbicida post emergente sistémico utilizado en gramíneas en dosis de uno a dos l/ha. Se recomienda aplicarlo antes del macollamiento cuando la maleza está joven (cinco-8 hojas) y antes de la floración. Algunas de las especies que controla son: *Echinochloa colonum* L. *Poaceae* “arrocillo”, *Setaria parviflora* Lam. *Poaceae* “mosote”, *C. dactylon*, y *S. halepense*. (CENGICAÑA, 2013, pág. 142)

1.3.5.2 Ácido fosfónico: Glufosinato de amonio.

Es un herbicida no selectivo utilizado en post emergencia. Bajo condiciones de estrés hídrico disminuye su eficacia sobre malezas de hoja ancha. Se recomiendan dosis de 1.5 a 2.5 l/ha. En condiciones de alta humedad relativa aumenta la eficiencia del producto. Al aplicarlo con sulfato de amonio (como coadyuvante) se aumenta la absorción del producto y es altamente soluble, con poca absorción en el suelo. Algunas de las especies que controla son: *E. colonum*, *S. parviflora*, *C. dactylon*, *S. halepense*, *P. oleracea* y *Amaranthus spinosus* L. *Amaranthaceae* “berro” (CENGICAÑA, 2013, pág. 142)

1.3.5.3 Ácido benzoico: Dicamba.

Es un herbicida posemergente de contacto en relación a la maleza y se recomiendan dosis que van de 1 a 1.5 l/ha. Es un herbicida utilizado en malezas de hoja ancha y ciperácea. Se recomienda realizar la mezcla con agua a pH menor a 7. Algunas de las especies que controla son: *A. spinosus*, *C. lobatus*, *C. rotundus*, *I. nil* (CENGICAÑA, 2013, pág. 143)

1.3.5.4 Bupiridilos: Paraquat.

Son herbicidas post emergentes, de contacto y se recomiendan dosis que van de 1.5 a 3 l/ha. Es un herbicida utilizado en malezas de hoja ancha y ciperácea. Se recomienda realizar la mezcla con agua con pH menor a 7. Este herbicida tiene una solubilidad o también llamado log Kow = 4. Es un herbicida no selectivo, por lo que tiene un amplio espectro de control de malezas. (CENGICAÑA, 2013, pág. 143)

1.3.5.5 Ciclohexadiona: Cletodim o Cletodim.

Es un herbicida sistémico post emergente recomendado para aplicaciones dirigidas y en verano. Se utiliza en gramíneas, en dosis de 0.12 a 0.18 kilogramos de i.a/ha. Es un herbicida que se lixivia rápidamente y se recomienda aplicarlo con coadyuvantes como aceites. No se deben preparar mezclas de tanque con sales sódicas de bentazona. Algunas de las especies que controla son *D. sanguinalis*, *C. dactylon* y *S. halepense*. (CENGICAÑA, 2013, pág 144)

1.3.5.6 Cloroacetamidas: Acetoclor.

Es un herbicida sistémico pre emergente en relación con la maleza, con poca movilidad dentro de la planta. Se recomiendan dosis de 1.4 a 1.8 kilogramos de i.a/ha. Es un herbicida utilizado en gramíneas y 143 algunas malezas de hoja ancha que presentan apariencia cerosa. (CENGICAÑA, 2013, pág. 144)

1.3.5.7 Difenileter: Oxifluorfen.

Es un herbicida de contacto aplicado en post emergencia de la maleza y para algunas especies en preemergencia. Las dosis varían de 0.5 a 2.0 l/ha, en función del tipo de suelo. Este herbicida tiene un log Kow = 4.47, es un herbicida que se inmoviliza en suelos arcillosos y con alta cantidad de materia orgánica, lo que afecta el control sobre la maleza. Algunas de las especies que controla son: En post emergencia: *B. pilosa*; *I. nil*; *K. máxima*; *P. maximun* y *P. oleracea*. En preemergencia: *C. lobatus*; *E. colonum*; y *Leptochloa filiformis* Lam. *Poaceae* “cola de zorro” (CENGICAÑA, 2013, pág. 145)

1.3.5.8 Dinitroanilinas: Pendimentalina.

Son herbicidas preemergentes de contacto y se recomiendan en dosis que van de 0.6 a 1.2 kilogramos i.a./ha. Es un herbicida utilizado en malezas de hoja ancha y gramíneas. Es un producto casi insoluble en agua, por lo que debe agregarse en la mezcla luego de un surfactante. Es un producto poco soluble con un log Kow de 5.18. Algunas de las especies que controla son: *D. sanguinalis*; *E. colonum*; *Eleusine indica* L. *Poaceae* “pata de gallina”; *L. filiformis* y *R. cochinchinensis*. (CENGICAÑA, 2013, pág. 145)

1.3.5.9 Triazinas: Ametrina, Atrazina, Hexazinona, Metribuzina y Terbutrina.

Son herbicidas utilizados con frecuencia en preemergencia de la maleza, combinaciones entre varias Triazinas para aumentar el espectro de malezas controladas. Las dosis utilizadas para Ametrina son 1 a 1.8 kg i.a./ha. Atrazina 1 a 1.5 kg i.a./ha. Hexazinona y Metribuzina 0.5 kg i.a./ha. Son productos solubles, Atrazina con un log Kow de 2.34 y la Hexazinona con 1.17.

1.3.5.10 Ureas sustituidas: Diuron.

Son herbicidas de contacto pueden aplicarse en pos emergencia en relación con la maleza y en algunos casos pueden aplicarse en preemergencia. Se recomiendan dosis que van de 1.5 a 2.5 kg i.a./ha.

2. Marco Referencial

2.1 Localización de la investigación.

La evaluación se realizó en finca Tululá, sección uno, lote siete, propiedad del ingenio Tululá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, Guatemala.

2.2 Ubicación geografía de finca Tululá.

Las coordenadas geográficas de la finca Tululá sección cinco son 14°33'25" latitud norte y 90°35'03" longitud oeste a 220 metros sobre el nivel del mar. Colindancias: Al norte con las instalaciones del ingenio Tululá, al sur con la sección tres de finca Tululá , al este con el área de recuperación de Vinaza del ingenio Tululá. En la figura uno se presenta la ubicación geografica.

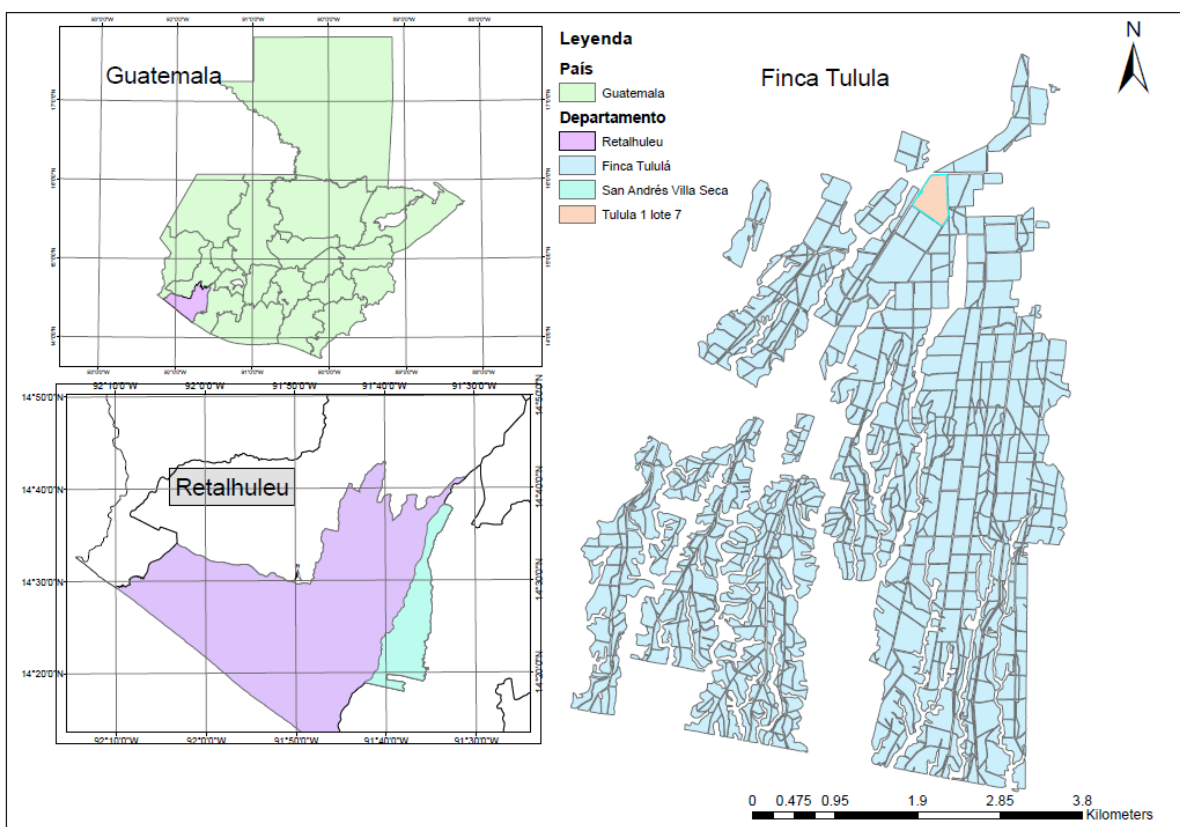


Figura 1. Ubicación geográfica de finca Tululá lote siete.

Fuente. Departamento de ingeniería agrícola, Ingenio Tululá, (2020, pág 4.)

2.3 Zona de vida y clima de finca Tululá sección uno

Según la clasificación de zonas de vida de Guatemala de IARNA, (2018, párr. 1) la finca Tululá con producción agrícola de *S. officinarum* del ingenio Tululá, se encuentran a una altura de 237 msnm, se clasifican como bosque humedo tropical (bh-T)

Según el departamento de planificación y control, (2020, pág. 8) del ingenio Tululá, en el área de la sección uno de finca Tululá donde se realizó la investigación el promedio anual de precipitación es de 2088 mm y una temperatura media anual de 26°C.

2.4 Tipos de suelo

Finca Tululá, se encuentra en el estrato medio de la zona cañera. Este estrato posee características de suelos arcillosos pesados, pero en este caso en la sección uno de Tululá posee un suelo deseable para la agricultura siendo franco-limoso, en la tabla tres se presentan las propiedades físicas del suelo.

Tabla 3. Propiedades físicas del suelo de Finca Tululá.

Textura	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez permanente (%)	Densidad aparente (g/cc)
Franco Arcillo-limoso	48.7	20.9	0.7

Fuente. Departamento de ingeniería agrícola, (2019, pág. 5)

2.5 Área de finca Tululá sección uno

Según López, (2021, pág. 3) el área del lote siete de finca Tululá del ingenio Tululá es de 17.01 has sembrada con la variedad CP-722086.

2.6 Descripción morfológica de la variedad CP-722086

En finca Tululá sección uno del lote siete del ingenio Tululá se encuentra establecida en periodo soca la variedad de caña de azúcar CP- 722086.

Comparini, (2006, pág. 51) explicó el significado de la nomenclatura del nombre de la variedad CP-722086 a continuación en la tabla cuatro.

Tabla 4. Definición de nomenclatura CP-722086

Nomenclatura	Definición
CP	Canal Point (florida)
72	Año de selección
2086	Número correlativo de selección
Progenitores	CP 62-374 X CP 63-588

Fuente. Comparini, (2006, pág 51.)

2.6.1 Sistema radical.

Esta forma la porción interna subterránea de la planta; las raíces primordiales se caracterizan por ser y ramificada, estas tienen solo tres meses de utilidad ya que solo ese tiempo dura su periodo de vida. (Bustamante, 2015, pág. 22)

Las raíces permanentes surgen de los anillos de crecimiento de los brotes nuevos, son bastantes y de formas gruesas, crecen rápidamente y su multiplicación se da con el crecimiento de la planta. Su cantidad, su tamaño, su longitud y su edad se dan de acuerdo a la variedad a la que pertenezca la planta y también de las condiciones edafoclimáticas.

2.6.2 Características morfológicas.

La planta es de regular deshoje natural su hábito de crecimiento es de tallos semirrectos, el entrenudo es de color rojizo. Su forma de crecimiento es curvada ligeramente en zigzag, posee una canal en el lado de la yema en todo el largo del entrenudo, todos los tallos tienden a rajarse; el nudo tiene una forma de crecimiento obconoidal en el lado opuesto de la yema, la yema es ovalada con alas, su anillo de crecimiento es semiliso; la vaina es de regular desprendimiento de color verde con manchas moradas y rojas. Poca presencia de afate; la lámina foliar tiene un borde semiliso; la aurícula tiene forma lanceolada larga y corta en la misma vaina su lígula es creciente lineal; el cuello es de color verde oscuro, su superficie es lisa. La mayoría de las vainas se concentran en un solo lado. (Comparini, 2006, pág. 52)

2.6.3 Características agronómicas CP 72-2086.

Esta es una variedad que se adecua para el estrato medio y bajo de la zona cañera de Guatemala, posee un 33 por ciento de floración en el estrato medio y cero por ciento en el estrato bajo, su contenido de corcho es de 17 por ciento para el estrato medio y ocho por ciento para el estrato bajo su contenido de fibra es del 11.5 por ciento, la mayoría de las vainas se concentran a un solo lado. (Comparini, 2006, pág. 52)

2.7 Época de cosecha de finca Tululá sección uno

La sección uno lote siete de finca Tulula, se planifica en el tercer tercio de cosecha de la zafra, es decir que es un área que es cosechada por lo regular a finales del mes de marzo.

2.8 Tipo de cosecha del lugar de la investigación.

El lote siete de la sección uno de finca Tululá se planifica para cosecharse mecánicamente en estado verde.

2.9 Control de maleza

En finca Tululá con caña soca, se tiene un plan de control de malezas químico con tres aplicaciones, la primera es pre-emergente (5 ddc), la segunda post-emergente (35 ddc) y una última de cierre (80 ddc).

2.9.1 Aplicación pre-emergente.

La primera aplicación para el control de malezas, es una aplicación pre-emergente que se realiza durante los primeros cinco días después de cosecha (ddc), para esa primera aplicación se utiliza una mezcla de herbicida químicos que se detalla en la tabla cinco.

Tabla 5. Productos de mezcla pre-emergentes en finca Tululá.

Producto	Ingrediente activo	Dosis
Zafretero 50 SC	Ametrina	1 L/ha
Audaz 48 SC	Messiotrone	0.40 L/ha
Merlín total 60 SC	Indaziflan + Isoxaflutole	0.25 L/ha
Carrier 82.7 EC	Aceite vegetal	0.5 L/ha

Fuente. Lopez, (2021, pág. 4)

2.9.2 Aplicación post emergente.

La segunda aplicación para el control de malezas post emergente, en finca Tululá se realiza según el porcentaje de cobertura de malezas si está arriba del umbral económico que en finca Tululá es de 20%. Por lo regular se aplica el control a los 30-35 días ddc en adelante. La mezcla utilizada de herbicidas químicos se detalla en la tabla seis.

Tabla 6. Productos de mezcla post emergentes en finca Tululá.

Producto	Ingrediente activo	Dosis
Samba 50 SC	Terbutrina	2 L/ha
Wedmaster 46.5 SL	2-4 D + Dicamba	1.5 L/ha
Zafrero 50 SC	Ametrina	3 L/ha
Carrier 82.7 EC	Aceite vegetal	0.5 L/ha

Fuente. Lopez, (2021, pág. 4)

2.9.3 Aplicación de cierre.

Esta aplicación se realiza si así el porcentaje de malezas lo requiere después de haberse hecho la aplicación pos-emergente en el cañaveral, esta aplicación por lo general se realiza a los 75 a 80 días después de cosecha. En la tabla siete se presenta la mezcla de herbicida en ese tipo de aplicación.

Tabla 7. Productos de la mezcla de cierre en finca Tululá.

Producto	Ingrediente activo	Dosis
Hexacto 75 WG	Triazina	0.75 Kg/ha
Diuron 80 SC	Diuron	1.5 L/ha
Zafrero 50 SC	Ametrina	2 L/ha
Elimina SL	2-4 D + Dicamba	1.5 L/ha
Carrier 82.7 EC	Aceite vegetal	0.5 L/ha

Fuente. Lopez, (2021, pág. 5)

2.10 Registro de residuo agrícola de cosecha de la variedad CP-72208.

En ingenio Tululá se registra para la variedad CP-722086 en otras fincas cosechadas en verde, en la zafra 2020-2021 se registró que quedó una biomasa de residuos agrícolas de cosecha RAC promedio de 18 Ton/ha, teniendo registros mínimos de 13 ton/ha.

2.11 Antecedentes relacionados a la investigación

2.11.1 Estimación de la producción de residuos agrícolas en agro ecosistema de caña de azúcar.

La investigación se realizó a partir de 1996 en Chiapas, México, con el objetivo de estimar la cantidad de residuos agrícolas que quedan en el campo después de realizar la cosecha de la caña de azúcar. Se utilizó una plantación ya establecida, sobre la que se diseñaron tres bloques en franja con un área de 3,250 m² cada uno. Desde 1996, uno de los bloques se dejó de quemar totalmente, conservando in situ toda la biomasa residual producida; en otro se continuó con el uso de la quema solo previo a la cosecha y en el tercero, siempre se quemó antes y 15 días después de la cosecha. Se utilizó la variedad Mex 69-290, con retoños cosechados en diciembre con 12 meses de edad. En el bloque sin el uso de la quema se calculó el valor medio de la producción de residuos en base seca y se estableció una regresión lineal entre el rendimiento de tallos y la producción de residuos agrícolas. La cobertura de residuos agrícolas no afectó los rendimientos de los ciclos posteriores, incrementándose tanto los rendimientos cañeros como la cantidad de residuos que osciló entre 16 y 30 ton/ha en base seca, con una media general igual a 23.71 ± 3.01 ton/ha, lo que representó el 17.1 % de la producción de tallos. La relación residuos/tallos no se modificó en el tiempo, alcanzando un valor promedio de 171 kg de residuos. (Toledo, 2006, pág. 14)

2.11.2 Aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha en control de malezas.

CONADESUCA, (2015, pág. 4) hizo referencia que en Veracruz para la modalidad de cosecha en verde, los residuos pueden ser entre 16 y 21 t/ha, que siendo distribuidos en el campo proporcionan el beneficio de control de malas hierbas, impiden la germinación a la primera semana después del corte sin determinar los días control sobre las malezas que genera este residuo.

2.11.3 Evaluación de la efectividad de cuatro herbicidas preemergentes aplicados sobre los residuos de cosecha de *S. officinarum*.

La investigación se realizó en un invernadero de 102 m² ubicado en la Estación Experimental DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) situada en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es de 1000 msnm y se encuentra a 10° 05' 18 " latitud norte y 84° 17' 09 " longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 msnm y una temperatura media de 23 °C. Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 2,552 m². En cada una de estas cajas se depositó una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se colocó una capa de suelo de 15 cm de profundidad.

La semilla de *R. cochinchinensis* fue recolectada del campo un año antes y previo a la siembra se realiza una prueba de germinación para garantizar su viabilidad.

La aplicación fue realizada con una bomba de espalda con un regulador de presión de 35 Lbs PSI y boquilla Tee Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 700 litros por hectárea. Los herbicidas seleccionados para este estudio se presentan en la tabla ocho.

Tabla 8. Herbicidas utilizados en estudio de Costa Rica

Nombre Genérico	Nombre Comercial	Dosis/ha	Tipo	Costo \$/ha
Acetoclor	90 EC	3 L	Acetanilida	27.12
Clomazone	48 EC	2.5 L	Isoxazoles	75.09
Hexazinona	75 WG	0.75 Kg	Triazina	43.32
Isoxaflutole	75 WG	0.11 Kg	Isoxazoles	19.91
Pendimentina	50 EC	2.5 L	Dinitoanilidas	27.0

Fuente. DIECA, (2020, pág. 4)

El herbicida Pendimentalina controló en un 100% la maleza en los tratamientos con y sin cobertura indicando con ello que la presencia de la cobertura en el campo no impide su acción como herbicida preemergente.

El herbicida Hexazinona disminuyó el control de la maleza aproximadamente en un 40% cuando este fue aplicado sobre el rastrojo.

El herbicida Clomazone controló en un 100% la maleza en el tratamiento sin rastrojo y en el tratamiento con rastrojo la misma fue controlada parcialmente en un 58%.

La dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar en Costa Rica DIECA, (2020, pág. 3) menciona que en la cosecha de la caña de azúcar son dejados en el suelo de 5 a 20 toneladas de rastrojo por hectárea y que cantidades mayores a 15 toneladas podrían disminuir en forma significativa la presencia de malezas en los campos cañeros.

Barnes (1,987) citado por Alfaro & Barrios ,(2,018, pág. 21) asegura que los residuos de cosecha en general afectan de forma drástica el establecimiento de las malezas en los campos de cultivo, pues limitan el acceso a la luz solar y con ello los cambios de temperatura de la superficie del suelo necesarios para lograr una buena germinación, propicia un aumento en la cantidad de microorganismos capaces de descomponer las semillas.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Determinar el efecto, del uso de residuos agrícola de cosecha, combinado con la aplicación de herbicidas, para el control de malezas en *S. officinarum* en finca Tululá, Retalhuleu.

2. Objetivos específicos

Definir una nueva época para la primera aplicación de herbicidas en *S. officinarum* en finca Tululá.

Determinar el mejor tratamiento con base a los días control efectivos sobre las malezas en *S. officinarum*.

Determinar el costo de día control de los tratamientos, durante el período de interferencia de las malezas en *S. officinarum*.

Determinar las especies de malezas, que acaparan los flujos de materia y energía teniendo residuo de cosecha sobre el suelo en *S. officinarum*.

IV. HIPÓTESIS

Todas las combinaciones de residuo agrícola de cosecha (ton/ha) con los diferentes días en que se aplicó herbicida, presentarán el mismo control sobre las malezas en el periodo crítico de interferencia de *S. officinarum*.

Al menos una combinación de residuo de cosecha con los diferentes días de aplicación del herbicida presentará un mejor control con menor costo sobre la cobertura de las malezas en el periodo crítico de interferencia de *S. officinarum*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1 Recursos físicos.

216 trompos de un metro de altura
90 toneladas de residuo agrícola de cosecha
Una cinta métrica de 30 m
Una balanza en unidades de Ton
Tres rollos de pita plástica
Una bomba de asperjar manual de 20 L JACTO
Dos litros de herbicida Zafrero 50 SC
Un litro de herbicida Audaz 48 SC
Un litro de herbicida merlín total 60 SC
Un litro de Samba 50 SC
Un litro de Wedmaster 46.5 SL
Un litro de Carrier 82.17 EC
Un rectángulo de 7m² de madera
Una tablilla de MDF para apuntes
Un manual de malezas en caña de azúcar
Una computadora
Una libreta de campo

1.2 Recursos Humanos.

Un Estudiante de EPSAT
Cinco Colaboradores del ingenio Tulula.
Un Supervisor del departamento de investigación
Un Supervisor-asesor del EPSAT

1.3 Recursos financieros.

La investigación se desarrolló con el apoyo económico del área de investigación agrícola del ingenio Tulula S.A.

2. Metodología

2.1 Diseño experimental.

Se estableció un experimento bifactorial en un diseño de bloques al azar con un arreglo en franjas.

2.1.1 Modelo estadístico.

Según Bautista & Gonzales, (2016, pág. 64) el modelo estadístico es el siguiente.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\rho\beta)_{jk} + (\alpha\rho)_{ik} + (\alpha\beta\rho)_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental

μ = Media general

β_j = Efecto del j – ésima repetición

α_i = Efecto del i –ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i –ésimo nivel del factor A con el j –ésima repetición. Es el error experimental asociado factor, es utilizado como $\text{error}_{(A)}$.

ρ_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor (B)

$(\rho\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el K –ésimo nivel del factor B con el j –ésimo bloque. Es el error experimental asociado al factor B, es utilizado como $\text{error}_{(B)}$.

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i –ésimo nivel del factor A con el k –ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta\rho)_{ijk}$ = Error experimental asociado a la variable respuesta porcentaje de cobertura, tal que $(\alpha\beta\rho)_{ijk}$ es utilizado como termino el error C.

2.1.2 Descripción de factores.

2.1.2.1 Factor A.

Los factores evaluados fueron dos para el factor A “residuo agrícola de cosecha”. Primero se realizó un muestreo siguiendo la metodología según Castillo, (2020, pág. 27) de “pérdidas en cosecha” la cual se desarrolló de la siguiente manera:

- Al terminar de cosecharse en verde, donde se realizó el ensayo, se delimitó todos los tratamientos.
- Posteriormente el muestreo de RAC se definen tres puntos de muestreo en forma zig-zag por lote cosechado, por lo tanto al cosecharse el lote siete de la sección uno de finca Tululá se establecieron los tres puntos de muestreo.
- En cada punto se colocó un cuadro delimitando un área de 10 m² que es el área, requerida para el muestreo, como se puede observar en la figura dos.



Figura 2. Delimitación del cuadro para muestreo del residuo de cosecha

- Después que se tuvo los 10 m² delimitados se procedió a recolectar todo el residuo agrícola de cosecha y luego se pesaba en una balanza en unidades de Kg (ver foto en anexos)
- Al conocer el peso del RAC en el punto de muestreo se procedió a calcular el dato de Ton/ha de manera indirecta con la siguiente ecuación. (Castillo, 2020, pág. 6)

$$RAC \text{ Ton/ha} = \left(\frac{\frac{kg \text{ rac de muestreo} * 10,000}{10m^2}}{1,000} \right)$$

Donde:

RAC ton/ha= Peso de residuo agrícola de cosecha en Ton/ha

Kg de muestreo= total de kg del muestreado

10 m²= área donde se realizó el muestreo.

10,000= total de m² de una ha.

1,000= total de kg en una Tonelada.

- Después de muestrear los tres puntos, se obtuvo el promedio de Ton/ha del residuo agrícola de cosecha. En la tabla nueve se presentan los datos obtenidos.

Tabla 9. Peso promedio de residuo agrícola de cosecha

No. Muestra	Ton/ha
1	17.38
2	17.89
3	18.50
Promedio	18.01

Después de conocer el peso del RAC sobre el suelo en el área de investigación (18.01 ton/ha) se comparó con los registros del departamento de control de calidad, donde registran un rango entre 13 hasta 18 ton/ha. Por lo anterior se definió los niveles del factor A, tal y como, se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Niveles del factor A "Residuo agrícola de cosecha"

Nivel	Ton/ha	Justificación
A1	0	Tradicional, comparativo
A2	13	Rango mínimo
A3	18	Peso en área evaluada

2.1.2.2 Factor B.

En el factor B “diferentes días post-cosecha en que se aplicó el herbicida”, se tuvo seis niveles definidos por la gerencia agrícola de ingenio Tululá. En la tabla 11 se presentan los valores para cada nivel.

Tabla 11. Niveles del factor B "diferentes días de aplicación química"

Nivel	Día post-cosecha aplicado	Justificación
B1	5	Testigo, intervalo de primer aplicación.
B2	10	Evaluación
B3	15	Evaluación
B4	20	Evaluación
B5	25	Evaluación
B6	30	Evaluación

Los primeros tres niveles (5, 10, y 15 días) se aplicó una mezcla pre-emergente, ya que CENGICAÑA, (2013, pág 131) indica en su manual de buenas prácticas agrícolas, que una aplicación pre-emergente se puede aplicar hasta los 15 ddc, después se recomienda ya no hacerlo debido a que ya se ha homogenizado los brotes nuevos de la caña soca. En la tabla 12 se presentan los productos utilizados en la mezcla pre-emergente de la evaluación.

Tabla 12. Dosis de herbicida pre-emergente del ensayo.

Pre-emergente			
Producto	Ingrediente activo	Dosis	Dosis/ total ensayo
Zafrero 50 SC	Ametrina	1 L/ha	0.36 L/ha
Audaz 48 SC	Messiotrone	0.40 L/ha	0.144 L/ha
Merlín total 60 SC	Indaziflam e Isoxaflutole	0.25 L/ha	0.09 L/ha
Carrier 82.17 EC	Aceite vegetal	0.5 L/ha	0.18 L/ha

Por otra parte, para los últimos tres niveles (20, 25 y 30 días) se aplicó una mezcla post-emergente, cuidando los brotes del cultivo. En la tabla 13 se presentan los productos y dosis de la mezcla.

Tabla 13. Dosis de herbicida post emergente del ensayo.

Producto	Post-emergente		Dosis/ total ensayo
	Ingrediente activo	Dosis	
Samba 50 SC	Terbutrina	2 L/ha	1.08 L/ha
Wedmaster 46.5 SL	2-4 D+ Dicamba	1.5 L/ha	0.54 L/ha
Zafrero 50 SC	Ametrina	3 L/ha	0.54 L/ha
Carrier 82.17 EC	Aceite vegetal	0.5 L/ha	0.18L/ha

2.1.3 Tratamientos.

Con la combinación de los niveles (3) del factor A “Residuo agrícola de cosecha” y los niveles (6) del factor B “Días diferentes de aplicación” se obtuvo un total de 18 tratamientos. En la tabla 14 se presenta el detalle de cada uno de los tratamientos.

Tabla 14. Descripción de los tratamientos evaluados

No.	Tratamiento	Combinación	Descripción
1		A1B1	0 ton/ha de RAC + 5to. día se aplicó
2		A1B2	0 ton/ha de RAC + 10mo. día se aplicó
3		A1B3	0 ton/ha de RAC + 15avo. día se aplicó
4		A1B4	0 ton/ha de RAC + 20avo. día se aplicó
5		A1B5	0 ton/ha de RAC+ 25avo. día se aplicó
6		A1B6	0 ton/ha de RAC + 30avo. día se aplicó
7		A2B1	13 ton/ha de RAC + 5to. día se aplicó
8		A2B2	13 ton/ha de RAC + 10mo. día se aplicó
9		A2B3	13 ton/ha de RAC + 15avo. día se aplicó
10		A2B4	13 ton/ha de RAC + 20avo. día se aplicó
11		A2B5	13 ton/ha de RAC + 25avo. día se aplicó
12		A2B6	13 ton/ha de RAC + 30avo. día se aplicó
13		A3B1	18 ton/ha de RAC + 5to. día se aplicó
14		A3B2	18 ton/ha de RAC + 10mo. día se aplicó
15		A3B3	18 ton/ha de RAC + 15avo. día se aplicó
16		A3B4	18 ton/ha de RAC + 20avo. día se aplicó
17		A3B5	18 ton/ha de RAC + 25avo. día se aplicó
18		A3B6	18 ton/ha de RAC + 30avo. día se aplicó

2.1.4 Número de repeticiones.

El número de repeticiones se calculó con base a los grados de libertad del error C, donde la regla estadística según Bautista & Ramírez, (2016, pág 65) indica que el experimento es viable estadísticamente si los grados de libertad es igual o mayor a 12. Para la investigación se determinó por medio de la siguiente ecuación.

$$GLc = (a - 1)(b - 1)(r - 1)$$

$$GLc = (3 - 1)(6 - 1)(3 - 1)$$

$$GLc = 20$$

Los 20 grados de libertad, indicaron que con tres repeticiones el experimento fue factible estadísticamente.

2.1.5 Aleatorización de los tratamientos.

Como lo manifiesto Minitab 18, (2019, párr. 7) la aleatorización es una técnica que se utiliza para equilibrar el efecto de condiciones externas o no controlables que pueden influir en los resultados del experimento. Por lo tanto, se presenta un ejemplo de la aleatorización en la figura tres.

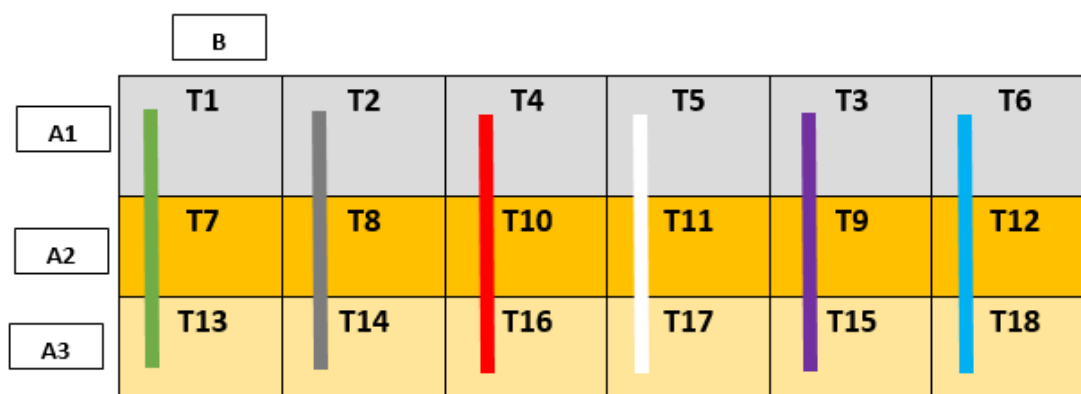


Figura 3. Aleatorización en campo del primer bloque del experimento.

En la figura tres se puede observar que el factor A “Residuos de cosecha (ton/ha) se ordenó en la franja horizontal, mientras que por otra parte el factor B “diferentes días de aplicación” fueron las franjas verticales y se aleatorizaron al azar.

2.1.6 Croquis de campo.

En la figura cuatro se presenta el croquis de campo, compuesto por tres repeticiones y la distribución de cada uno de los tratamientos en el ensayo en finca Tumulá sección uno lote siete, donde el área total del experimento fue de 1.015 m².

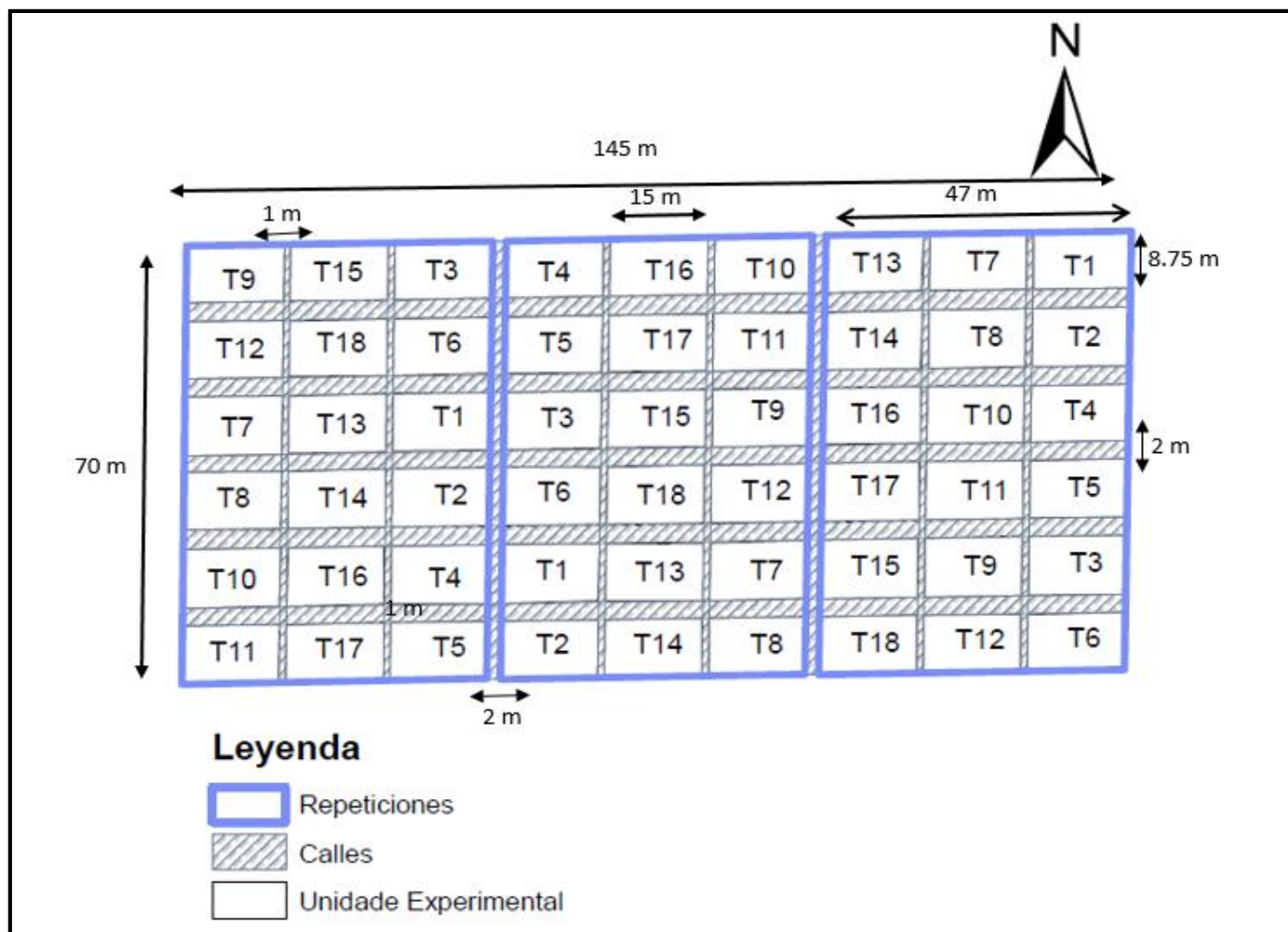


Figura 4. Croquis de campo de la investigación.

2.1.7 Parcela neta y bruta.

Para contrarrestar el efecto de bordes en la toma de datos de la variable respuesta en los diseños experimentales, según Bautista & Gonzáles, (2016, pág. 65) se emplea la parcela bruta y parcela neta. Para el experimento se diseñó una parcela bruta de 131.25 m² y una parcela neta de 21 m² como se presenta en la figura cinco.

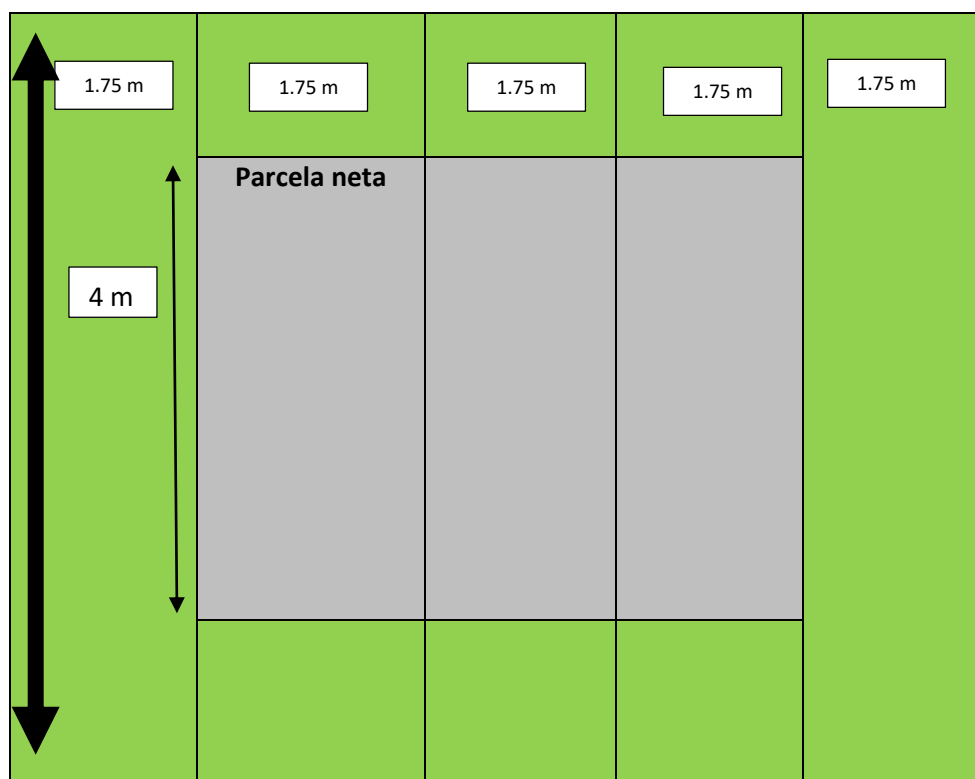


Figura 5. Parcela neta y bruta de la investigación.

En la figura cinco se puede observar que, para la evaluación, en cada parcela se tuvo un total de cinco surcos, donde la parcela neta por el efecto de bordes de cada tratamiento estuvo compuesta por tres calles entre surco de 1.75 m y cada surco con un largo de 4m.

2.2 Establecimiento y manejo de la investigación

2.2.1 Delimitación.

- Para empezar con la delimitación del ensayo, primero se procedió a cosechar en verde el lote siete de la sección uno, el ocho de abril de 2021.
- Después se muestreó el residuo agrícola que había quedado sobre el suelo, donde se obtuvo el dato de 18 ton/ha.

- Seguidamente con trompos de un metro de altura se procedió a delimitar las 54 unidades experimentales. (ver figura 12 anexos)
- Luego se etiquetó cada una de las parcelas con tiras de nylon de color azul.
- Al estar delimitado el ensayo, en conjunto con el departamento de ingeniería agrícola se georreferenció cada una de las unidades experimentales con la ayuda de una estación topográfica.

2.2.2 Manejo de los niveles del Factor A “Residuo agrícola de cosecha”

2.2.2.1 Nivel A1 (0 ton/ha)

- En el nivel de cero ton/ha de RAC, primero se realizó un rodeo a las franjas.
- Luego se hizo una requema por la tarde, al residuo agrícola cuando la velocidad del viento fue <1 (m/s) con el apoyo de una tanqueta donde se evitó el riesgo de que el fuego consumiera otras parcelas.
- Por último, con rastrillos se colectó, los residuos que no se quemaron, dejando la parcela en similares condiciones que cuando se cosecha en quemado.

2.2.2.2 Nivel A2 (13 ton/ha).

- Para el segundo nivel de 13 Ton/ha, se procedió a quitar la parte superficial del espesor del residuo agrícola homogéneamente en cada una de las franjas, tomando en cuenta que el área tenía 18 ton/ha de tal manera que se levantó el equivalente a cinco ton/ha. (ver figura 13 en anexos)

2.2.2.3 Nivel A3 (18 ton/ha).

- Para el tercer nivel no se realizó ninguna modificación, ya que el dato promedio del muestreo después de cosecha fue de 18.01 ton/ha.

2.2.3 Aplicación de los productos químicos.

2.2.3.1 Niveles B1, B2, B3.

Para el factor B “diferentes días de aplicación de herbicida” en sus primeros tres niveles se aplicó una mezcla pre-emergente (ver cuadro 12). Al tener determinado los volúmenes

de cada herbicida para la mezcla, se procedió a preparar la mezcla de la siguiente manera:

- Tomando en cuenta que el volumen de agua utilizado para las aplicaciones químicas en finca Tumulá es de 200 L/ha se realizó el siguiente cálculo:

$$Va = 200 \frac{l}{ha} * 0.12 ha = \mathbf{24 L}$$

Donde:

200 L/ha = volumen establecido en una hectárea.

0.12 ha = área total de nueve unidades experimentales.

- Al determinar que 24 L de agua fue el volumen a utilizar en cada aplicación, que se hizo en el ensayo, se definió que se haría en dos etapas una con un volumen de 20 L y la otra con volumen de 4 L. por la capacidad de la bomba.
- Posteriormente en una bomba de asperjar manual marca JACTO con capacidad de 20 L con una probeta de 100 ml se agregaron los volúmenes de cada herbicida (ver figura 16 en anexos). En la tabla 15 se presentan los volúmenes de los herbicidas para una mezcla de 20 L y 4 L de agua.

Tabla 15. Volumen preemergente aplicado con bomba de Asperjar JACTO 20L

Producto	Ingrediente Activo	Volumen/20 L	Volumen/4L
Zafrero 50 SC	Ametrina	100 ml	20 ml
Audaz 48 SC	Mesotrione	41 ml	9 ml
Merlín total 60 SC	Indazifaln + Isoxaflutole	25 ml	5 ml
Carrier 82.17 EC	Aceite vegetal	50 ml	10 ml

- Seguidamente al tener la mezcla, con el apoyo de un aplicador asignado por el administrador de finca Tumulá, se calibró el paso del aplicador y después se aplicó en los tratamientos correspondientes.
- En el nivel B1 (5 días ddc) se aplicó el 13 de abril.
- Para el nivel B2 (10 días ddc) se aplicó el 18 de abril.

- Por ultimo para el B3 (15 días ddc) se aplicó el 23 de abril. (ver la secuencia de aplicación en figura 10 en anexos.)

2.2.3.2 Niveles B4, B5, B6.

Para los últimos tres niveles, se hizo una aplicación de tipo post emergente (ver dosis y productos en la tabla 13). Siguiendo la metodología de la bomba de asperjar JACTO 20L descrita con la aplicación pre-emergente, con el volumen de agua a utilizar de 200 L/ha; se procedió a calcular el volumen de cada herbicida a utilizar por aplicación. Los resultados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Volumen post emergente aplicado con bomba de Asperjar JACTO 20L

Producto	Ingrediente Activo	Volumen/20 L	Volumen/4L
Zafrero 50 SC	Ametrina	300 ml	60 ml
Samba 50 SC	Terbutrina	150 ml	30 ml
Wedmaster 46.5 SL	2,4D + Dicamba	150 ml	30 ml
Carrier 82.17 EC	Aceite vegetal	50 ml	10 ml

- Cada aplicación se hizo en dos turnos debido a la capacidad de la bomba de asperjar (20 L)
- El nivel B4 (20 días ddc) se aplicó el 28 de abril.
- El nivel B5 (25 días ddc) se aplicó el tres de mayo
- El nivel B6 (30 días ddc) se aplicó el ocho de mayo.

El ocho de mayo se finalizó el bloque de seis aplicaciones químicas del factor B (ver la figura siete en anexos)

2.3 Definición de una nueva época para la primera aplicación de herbicidas, teniendo residuo agrícola de cosecha sobre el suelo en *S. officinarum*.

2.3.1 Variable respuesta.

Porcentaje de cobertura de las malezas.

2.3.2 Modo de análisis.

Análisis de varianza en software de InfoStat

Prueba de medias según Tukey al 5% de significancia.

2.3.3 Descripción de metodología.

Al tener establecida la investigación, se procedió a realizar lo siguiente para medir la cobertura de malezas en cada uno de los tratamientos.

Previamente se definió el tamaño del cuadrante de muestreo, que para tener mayor precisión en la toma de datos, se modificó del cuadrante tradicional de 1 m x 1 m a rectángulo de 4 m x 1.70 m. tal y como se presenta en la figura seis.



Figura 6. Rectángulo para muestreo de cobertura de maleza en *S. officinarum*.

- Para determinar el porcentaje de cobertura se utilizó la siguiente ecuación.

$$C = \frac{NP}{300}$$

Donde:

C= Cobertura de maleza sobre el suelo (%)

NP= Número de cuadros con presencia de maleza.

300= Número de cuadros que representa el 100% de la parcela

- Al tener el resultado del porcentaje de cobertura de malezas, se procedió a transformar el valor de porcentaje con el factor de conversión de arco seno de la $\sqrt{\% \text{ de cobertura}}$ para obtener datos con una distribución normal.

2.4 Determinación del mejor tratamiento con base a los días control efectivos sobre las malezas en *S. officinarum*.

2.4.1 Variable respuesta.

Días control sobre la cobertura de malezas

2.4.2 Modo de análisis.

Análisis de varianza en software de InfoStat

Prueba de medias según Tukey al 5% de significancia

2.4.3 Descripción de metodología.

CENGICAÑA, (2013, pág. 132) indica que el índice limite de control para una aplicación de herbicidas para control de malezas es cuando la cobertura sobre el suelo es menor del 20% de cobertura.

- Para los días control de los tratamientos, se determinó con base al porcentaje de cobertura de malezas.

- Después de la aplicación de cada uno de los tratamientos con una diferencia de siete días, se realizaba una medición por el método del cuadrante de la siguiente manera.

Fredericksen, (2000, pág. 7) hace referencia que el método de los cuadrantes es uno de los más homogéneos y el tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad, velocidad y precisión del muestreo, por lo tanto se definió la siguientes longitudes:

- Tomando en cuenta que la parcela neta tuvo longitudes de 4 m de largo y 5.25 m de ancho, (tres surcos de 1.75 de 4 m de largo) se definió que para tener mayor precisión en la toma de datos, se modificara el cuadrante tradicional de 1 m x 1 m a rectángulo de 4 m x 1.70 m.
- Después de obtener los datos de porcentaje de cobertura, se anotaron en una boleta de muestreo.
- Cuando la cobertura estuvo \leq al 20% el tratamiento tenía control. (ver cuadro 38 en anexos de los días control)
- El número de días se transformó en variable continua con la formula $\sqrt{\#días}$
- Luego se ordenaron los datos para ingresar al software de InfoStat como se presenta en la tabla 17.

Tabla 17. Formato para ingresar datos en software de InfoStat

TRAT	FAC A	FAC B	BLOQUE	Días control
------	-------	-------	--------	--------------

Por último, en el programa de InfoStat, se escribió las terminaciones del modelo para el experimento bifactorial en bloques al azar, con arreglo en franjas. (ver figura 11 en anexos)

2.5 Cuantificación del costo de días control de los tratamientos durante el período de interferencia de las malezas en *S. officinarum*.

2.5.1 Variable respuesta.

Costo en Q. de los tratamientos

Días control sobre la cobertura de maleza de los tratamientos.

2.5.2 Modo de análisis.

Estadística descriptiva.

2.5.3 Descripción de metodología.

López, (2021, pag 5) indica que una aplicación de herbicida tiene control sobre las malezas en finca Tulula, cuando no sobrepasa el 20% de cobertura ya que el umbral de control es arriba del 20%.

- Para los días control de los tratamientos, se determinó con base al porcentaje de cobertura de malezas, por lo tanto, después de la aplicación del tratamiento se llevó la sumatoria de días cuando la cobertura estuvo \leq al 20% muestreando a cada siete días.

López, (2021 pág. 5) hace referencia que en ingenio Pantaleón S.A. se desarrolló la metodología “costo control” para determinar el costo del control por día que tiene un producto químico. En la tabla 18 se presenta los ítems para este análisis.

Tabla 18. Rubros de la metodología costo control

Tratamiento	Tipo de aplicación	Costo aplicación	Días control	Costo/día

Los datos de los encabezados que se observan en el cuadro 21 se describen de la siguiente manera:

Tratamiento: El número de tratamiento

Tipo de aplicación: Pre-emergente o Post-emergente

Costo aplicación: costo de los productos químicos + costo de la mano de obra (Q)

Días control: número de días abajo del 20% de cobertura de maleza en la parcela.

Costo/día: costo en (Q) por día controlado.

2.6 Determinación de las especies de malezas que acaparan los flujos de materia y energía teniendo residuo de cosecha sobre el suelo en *S. officinarum*.

2.6.1 Variable respuesta.

Índice de valor de importancia de especies de las malezas.

2.6.2 Modo de análisis.

Estadística descriptiva

2.6.3 Descripción de metodología.

2.6.3.1 Identificación de malezas.

- Se realizó un muestreo a los 80 días después del corte en cada uno de los tratamientos.
- El cuadro se colocó sobre los surcos de la parcela neta donde se procedió a realizar un conteo poblacional por especie de maleza y tomar los datos de frecuencia, densidad y cobertura.
- La identificación de las malezas se llevó a cabo por medio de observación y ayuda de manuales y fotografías.
- También se tomaron datos de las características físicas de las plantas para compararlas con los datos que aparecían en los manuales.

2.6.3.2 Cobertura de malezas.

- Se utilizó un rectángulo e 4m x 1.70, se colocó tres veces para cubrir toda el área de la parcela neta.
- El 100% eran 300 cuadros y la determinación de la cobertura se definió como el número de las veces que aparecía la maleza determinada dentro de cada cuadro.
- Ejemplo: de los 300 cuadros en 30 cuadros la planta tiene presencia entonces la cobertura es del 10%.
- El paso anterior se realizó con todas las malezas determinadas, sacando el porcentaje de cobertura de cada una.

2.6.3.3 Densidad de malezas.

- La densidad poblacional de cada especie se calculó después de la identificación de cada maleza.
- La densidad de cada especie fue el número de veces que esta aparece dentro de cada cuadro del rectángulo de muestreo.

2.6.3.4 Índice de valor de importancia de las malezas.

Para el cálculo del índice de valor de importancia de cada especie de maleza presente en el ensayo se hizo después de obtener la información en campo. En la figura siete se presenta las operaciones para el valor de importancia.

$$D \text{ real} = \frac{\text{densidad 1} + \text{densidad 2} + \dots + \text{Densidad n}}{\text{Número de unidades muestrales}}$$

$$C \text{ real} = \frac{\text{cobertura 1} + \text{cobertura 2} + \dots + \text{Cobertura n}}{\text{Número de unidades muestrales}}$$

$$F \text{ real} = \frac{\text{No. de unidades muestrales en que está presente cada es}}{\text{Número de unidades muestrales}}$$

Figura 7. Ecuaciones para determinar el valor de importancia.

Fuente. (Noriega, 2019, pág. 31)

Después de haber obtenido los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia se procedió a calcular los valores relativos de cada una de las variables. En la figura ocho se presenta las ecuaciones realizadas.

$$\begin{aligned} F \text{ relativa} &= \frac{F \text{ real}}{\Sigma F \text{ reales}} \times 100 \\ D \text{ relativa} &= \frac{D \text{ real}}{\Sigma D \text{ reales}} \times 100 \\ C \text{ relativa} &= \frac{C \text{ real}}{\Sigma C \text{ reales}} \times 100 \end{aligned}$$

Figura 8. Ecuación para obtener valores relativos

Fuente. (Noriega, 2019, pág. 131)

Para finalizar y determinar el índice de valor de importancia (VI), se realizó con base a la siguiente fórmula:

$$\mathbf{VI = D \text{ relativa} + C \text{ relativa} + F \text{ relativa}}$$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación y discusión de resultados se presenta con base a los objetivos específicos planteados para la investigación.

1. Definición de una nueva época para la primera aplicación de herbicidas, teniendo residuo agrícola de cosecha sobre el suelo en *S. officinarum*.

Variable respuesta: Porcentaje de cobertura de malezas a cada siete días ddc.

1.1 Análisis a los siete días

Se procedió a realizar un análisis de varianza con los porcentajes transformados a una distribución normal a los siete días. En la tabla 19 se presenta el resultado.

Tabla 19. Cobertura de malezas a los 7 días ddc.

TRAT	FAC A	FAC B	M Cobertura
T1	0 RAC	5 días	0%
T2	0 RAC	10 días	5%
T3	0 RAC	15 días	4%
T4	0 RAC	20 días	4%
T5	0 RAC	25 días	2%
T6	0 RAC	30 días	2%
T7	13 RAC	5 días	0%
T8	13 RAC	10 días	0%
T9	13 RAC	15 días	3%
T10	13 RAC	20 días	3%
T11	13 RAC	25 días	3%
T12	13 RAC	30 días	1%
T13	18 RAC	5 días	0%
T14	18 RAC	10 días	0%
T15	18 RAC	15 días	1%
T16	18 RAC	20 días	1%
T17	18 RAC	25 días	2%
T18	18 RAC	30 días	2%

En la tabla 19 se observa que a los siete días ddc, ya se había realizado la primera aplicación de herbicida (filas color verde) los cuales presentaron cero cobertura de malezas y el resto de los tratamientos un valor máximo de 5%. Por lo tanto, se procedió

a realizar un análisis de varianza con los datos transformados con una distribución normal (ver tabla 37 en anexos) para comprobar si estadísticamente todos los tratamientos tenían el mismo control. En la tabla 20 se presenta el análisis de varianza.

Tabla 20. Análisis de varianza a los siete días de cobertura de malezas

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
BLOQUE	389.90	2	194.95	9.83	0.0011
FAC A	202.50	2	101.25	1.43	0.3392
FAC A*BLOQUE	282.44	4	70.61	3.56	0.0238
FAC B	274.50	5	54.90	2.82	0.0769
FAC B*BLOQUE	195.00	10	19.50	0.98	0.4874
FAC A*FAC B	256.31	10	25.63	1.29	0.2987
Error	396.55	20	19.83		
Total	1997.19	53			
CV %	21.72				

Como se puede observar en la tabla 20 en el análisis de varianza de la cobertura de maleza a los siete días ddc no existió diferencia significativa, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ya que todos los tratamientos estadísticamente son iguales. Entonces se puede decir que los tratamientos que aún no se habían aplicado con herbicidas tenían el mismo control sobre la cobertura de malezas, por lo que representaba el mismo efecto no aplicar herbicidas.

1.2 Análisis a los 14 y 21 días.

A los 14 y 21 días ddc, ya se habían realizado cuatro aplicaciones de herbicidas (5, 10, 15 y 20 ddc). En la tabla 21 se presenta los resultados del porcentaje de cobertura de malezas.

Tabla 21. Cobertura de malezas a los 14 y 21 días ddc

TRAT	FAC A	FAC B	14 días	21 días
			Cobertura	Cobertura
T1	0 RAC	5 días	3%	12%
T2	0 RAC	10 días	2%	7%
T3	0 RAC	15 días	14%	5%
T4	0 RAC	20 días	11%	8%
T5	0 RAC	25 días	13%	17%
T6	0 RAC	30 días	6%	14%
T7	13 RAC	5 días	1%	7%

T8	13 RAC	10 días	1%	4%
T9	13 RAC	15 días	12%	3%
T10	13 RAC	20 días	12%	2%
T11	13 RAC	25 días	8%	13%
T12	13 RAC	30 días	6%	13%
T13	18 RAC	5 días	1%	6%
T14	18 RAC	10 días	4%	4%
T15	18 RAC	15 días	8%	2%
T16	18 RAC	20 días	6%	2%
T17	18 RAC	25 días	6%	12%
T18	18 RAC	30 días	4%	13%

Como se observa en la tabla 21 los tratamientos a los 14 y 21 días ddc presentaron una cobertura de maleza que no sobrepasaba del 17%. Aunado se realizó un análisis de varianza a los 21 días ddc días para determinar si existía diferencia estadística. El resultado se presenta en la tabla 22.

Tabla 22. Análisis de varianza de la cobertura de malezas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
FAC A	427.84	2	213.92	4.86	0.0849
FAC A*BLOQUE	175.96	4	43.99	1.22	0.3322
FAC B	1745.13	5	349.03	12.34	0.0005
FAC B*BLOQUE	282.85	10	28.29	0.79	0.6416
FAC A*FAC B	466.27	10	46.63	1.30	0.2966
Error	718.97	20	35.95		
Total	3905.67	53			
CV %	20.68				

Como se observa en la tabla 22 en los niveles del factor B hay una diferencia altamente significativa por lo tanto se aceptó la hipótesis alternativa y se procedió a realizar una prueba de medias según Tukey al 5% de significancia que se presenta en la tabla 23.

Tabla 23. Prueba de medias según Tukey 5% de cobertura a los 21 días ddc

FAC B	DMS	Medias	
15 días	8.70	9.10	A
10 días		10.92	A
5 días		11.35	A
20 días		11.85	A
30 días		21.24	B
25 días		23.98	B

¿A qué se debió esta diferencia?

Las aplicaciones de herbicidas a los 15, 10, 20 y cinco días a los 21 días, estadísticamente eran mejores debido a que las malezas que habían emergido hasta el momento de las aplicaciones, se eliminaron debido a que la mezcla de herbicida, que se aplicó, actuó como un quemante, por lo tanto, eliminó las malas hierbas. Por eso se observó una especie de marchitez permanente en las parcelas aplicadas, pero en el criterio de manejo agronómico del cultivo todos los tratamientos estaban controlados porque la cobertura de malezas no superaba el 20%. Por lo tanto, en el manejo de las malezas de la investigación representaba lo mismo aplicar a los cinco días herbicidas que a los 20 días.

1.3 Análisis a los 28 días.

Se realizó un muestreo del porcentaje de cobertura a los 28 días ddc. En la tabla 24 se presentan los resultados.

Tabla 24. Cobertura de malezas a los 28 días ddc

TRAT	FAC A	FAC B	M Cobertura 28 días
T1	0 RAC	5 días	12%
T2	0 RAC	10 días	9%
T3	0 RAC	15 días	10%
T4	0 RAC	20 días	5%
T5	0 RAC	25 días	3%
T6	0 RAC	30 días	26%
T7	13 RAC	5 días	10%
T8	13 RAC	10 días	6%
T9	13 RAC	15 días	9%
T10	13 RAC	20 días	7%
T11	13 RAC	25 días	2%
T12	13 RAC	30 días	19%
T13	18 RAC	5 días	11%
T14	18 RAC	10 días	10%
T15	18 RAC	15 días	6%
T16	18 RAC	20 días	5%
T17	18 RAC	25 días	2%
T18	18 RAC	30 días	18%

Como se puede observar en la tabla 24 los tratamientos que ya habían sido aplicados con herbicidas (filas verdes) tenían un control efectivo sobre la cobertura de malezas a los 25 días ddc. Pero en el tratamiento T6 que se iba aplicar hasta los 30 días después de cosecha, la cobertura de maleza ya había pasado el umbral económico. El factor que incidió en la obtención del resultado fue que el tratamiento no tenía cobertura de residuos de cosecha, por lo tanto, no disminuyó la entrada de luz y eso contribuyó a que las malezas se pudieran desarrollar.

Para determinar si los tratamientos a los 28 días tenían diferencia estadística, se realizó un análisis de varianza, los resultados se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Análisis de varianza de cobertura de malezas, 28 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	136.40	2	68.20	4.43	0.0256
FAC A	68.89	2	34.45	9.03	0.0329
FAC A*BLOQUE	15.27	4	3.82	0.25	0.9076
FAC B	2050.23	5	410.05	34.65	<0.0001
FAC B*BLOQUE	118.34	10	11.83	0.77	0.6570
FAC A*FAC B	63.95	10	6.39	0.42	0.9230
Error	308.11	20	15.41		
Total	2761.19	53			
CV %	20.15 %				

Como se puede observar en la tabla 25, a los 28 días ddc, existió diferencia significativa en los niveles del factor A como en los del factor B. Entonces se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, la cual hace referencia que al menos uno de los tratamientos iba a presentar un mejor control efectivo sobre la variable respuesta de cobertura de malezas, tal y como indicó el análisis de varianza. También se realizó una prueba de medias según Tukey para los dos factores (A y B) con el 5% de significancia. El resultado de las pruebas de medias se presenta en la tabla 26.

Tabla 26. Prueba de medias factor A y B a los 28 días ddc

FAC A	Medias		FAC B	Medias	
18 RAC	16.59	A	25 días	12.09	A
13 RAC	17.31	A B	20 días	12.60	A
0 RAC	19.26	B	15 días	16.03	A B
			10 días	16.05	A B
			5 días	18.83	B
			30 días	26.34	C

A los 28 días, estadísticamente los mejores niveles del factor B, sobre la variable respuesta (cobertura de malezas) era aplicar a los 25 y 20 días ddc. La diferencia en los niveles se debió al efecto de control quemante, que inhibió el desarrollo de las malezas y el intervalo de días (7) en que se levantaron los datos, es el periodo que, según López, (2021, pág. 5) donde se puede observar el mayor control de un herbicida. Por otra parte, en el factor A, se puede observar en la tabla 26 que los niveles estadísticamente mejores para controlar la cobertura de maleza a los 28 días, es aplicar residuo de cosecha de 18 y 13 ton/ha. La diferencia que se observó, se debe a que, los residuos de cosecha de *S. officinarum* en verde, que se dejaron sobre la superficie del suelo pudieron afectar de manera directa la germinación de las semillas de malezas y su emergencia por medio de cambios físicos en el ambiente del suelo. Físicamente, los residuos de cosecha sobre el suelo; restringió la penetración de la luz, redujo las horas luz diarias del fotoperiodo eso se reflejó en la disminución de la cobertura de malezas, tal como se presentó en los T18 y T12 comparado con el T6 a donde no se tenía residuo de cosecha.

1.4 Análisis a los 35 días ddc

También se colectó datos del porcentaje de cobertura de malezas a los 35 días después de cosecha; a los 35 días ya se habían realizado las seis aplicaciones de herbicidas. El resultado que sirvió como base para el análisis de varianza, de cada uno de los tratamientos se presenta en la tabla 27.

Tabla 27. Cobertura de malezas a los 35 días ddc

TRAT	FAC A	FAC B	M Cobertura
T1	0 RAC	5 días	19%
T2	0 RAC	10 días	15%
T3	0 RAC	15 días	15%
T4	0 RAC	20 días	14%
T5	0 RAC	25 días	8%
T6	0 RAC	30 días	3%
T7	13 RAC	5 días	17%
T8	13 RAC	10 días	13%
T9	13 RAC	15 días	15%
T10	13 RAC	20 días	11%
T11	13 RAC	25 días	5%
T12	13 RAC	30 días	1%
T13	18 RAC	5 días	15%
T14	18 RAC	10 días	15%
T15	18 RAC	15 días	11%
T16	18 RAC	20 días	8%
T17	18 RAC	25 días	5%
T18	18 RAC	30 días	2%

En la tabla 27 se puede observar que, a los 35 días ddc, los tratamientos aplicados a los 5 días ddc iban perdiendo el efecto de control sobre la cobertura de malezas y que los tratamientos aplicados a los 25 y 30 días ddc presentaban el mejor control con coberturas inferiores al 5%. Por lo anterior se procedió a realizar un análisis de varianza para determinar la diferencia estadística. El resultado se presenta en la tabla 28.

Tabla 28. Análisis de varianza de cobertura de malezas, 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	110.27	2	55.13	2.02	0.1594
FAC A	338.13	2	169.06	11.09	0.0233
FAC A*BLOQUE	60.97	4	15.24	0.56	0.6961
FAC B	1831.41	5	366.28	33.79	<0.0001
FAC B*BLOQUE	108.41	10	10.84	0.40	0.9329
FAC A*FAC B	94.60	10	9.46	0.35	0.9562
Error	547.00	20	27.35		
Total	3090.78	53			

Al tener diferencia significativa en el factor A y B como se determinó en la tabla 27. Se aceptó la hipótesis alternativa. Para identificar la diferencia, se realizó una prueba de medias de Tukey al 5%. El resultado se presenta en la tabla 29.

Tabla 29. Prueba de medias a los 35 días del factor A y B

FAC A	Medias		FAC B	Medias	
18 RAC	21.73	A	30 días	14.19	A
13 RAC	23.09	A B	25 días	19.43	A B
0 RAC	27.59	B	20 días	23.84	B C
			15 días	27.01	C D
			10 días	29.36	D
			5 días	30.98	D

Como se puede observar en la tabla 29, los mejores niveles del factor B, son aplicar a los 25 y 30 días ddc, ya que es el intervalo de días donde la cobertura de malezas, empezó a estar arriba del umbral económico. Otra situación fue que conforme las semillas de las malezas germinaban, buscaban la luz, en este proceso agotaban sus reservas de energía y se volvían etioladas, lo cual las hacía, susceptibles a un mejor control al aplicar herbicidas. Tal y como se observó en la tabla 27 que disminuyó hasta un 4% a los 35 días ddc, comparado con las aplicaciones que se realizaron en los primeros 20 días ddc, donde representaba los mismo aplicar o no aplicar.

2. Determinación del mejor tratamiento con base a los días control efectivos sobre las malezas en *S. officinarum*.

Variable respuesta: Días control sobre las malezas.

Con un intervalo de siete días después de la cosecha ddc se determinaron los días controlados de cada tratamiento con base al porcentaje de cobertura de malezas que no fueran mayor del 20% de cobertura (ver tabla 38 de anexos). El resumen de la tabla 38 que sirvió como base para el análisis de varianza, se presenta en la tabla 30.

Tabla 30. Días control de cada tratamiento.

	Residuo de cosecha	Días de aplicación de herbicida	Medias X
TRAT	FAC A	FAC B	Días control
T1	0 RAC	5 días	35
T2	0 RAC	10 días	37
T3	0 RAC	15 días	37
T4	0 RAC	20 días	37
T5	0 RAC	25 días	42
T6	0 RAC	30 días	47
T7	13 RAC	5 días	40
T8	13 RAC	10 días	42
T9	13 RAC	15 días	40
T10	13 RAC	20 días	42
T11	13 RAC	25 días	54
T12	13 RAC	30 días	61
T13	18 RAC	5 días	42
T14	18 RAC	10 días	42
T15	18 RAC	15 días	49
T16	18 RAC	20 días	54
T17	18 RAC	25 días	56
T18	18 RAC	30 días	72

En la tabla 30 se puede observar los días control que se logró con cada uno de los tratamientos, pero para determinar el mejor tratamiento sobre la variable respuesta, se realizó un análisis de varianza con datos transformados en variables continuas. El resultado del análisis de varianza se presenta en la tabla 31.

Tabla 31. Análisis de varianza de los días control.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1.06	2	0.53	3.42	0.0526
FAC A	7.16	2	3.58	7.90	0.0408
FAC A*BLOQUE	1.81	4	0.45	2.93	0.0467
FAC B	14.28	5	2.86	28.22	<0.0001
FAC B*BLOQUE	1.01	10	0.10	0.65	0.7520
FAC A*FAC B	2.91	10	0.29	1.88	0.0503
Error	3.09	20	0.15		
Total	31.32	53			
CV %	5.85				

Como se puede observar en el análisis de varianza, del cuadro 31 se determinó que, existió diferencia significativa en el factor A, también en el factor B y por último en la interacción. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterantiva y se realizó una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la interacción. El resultado se presenta en la tabla 32.

Tabla 32. Prueba de medias según Tukey 5% de la interacción de los factores.

TRAT.	FAC A	FAC B	Medias				
T18	18 RAC	30 días	8.50	A			
T12	13 RAC	30 días	7.79	A			
T17	18 RAC	25 días	7.45	A			
T16	18 RAC	20 días	7.32	A	B		
T11	13 RAC	25 días	7.14		B	C	D E
T15	18 RAC	15 días	6.99		B	C	D E
T6	0 RAC	30 días	6.83		B	C	D E
T5	0 RAC	25 días	6.48			C	D E
T13	18 RAC	5 días	6.47			C	D E
T14	18 RAC	10 días	6.47			C	D E
T8	13 RAC	10 días	6.47			C	D E
T10	13 RAC	20 días	6.47			C	D E
T9	13 RAC	15 días	6.29			C	D E
T7	13 RAC	5 días	6.11				D E
T3	0 RAC	15 días	6.11				D E
T4	0 RAC	20 días	6.11				D E
T2	0 RAC	10 días	6.11				D E
T1	0 RAC	5 días	5.92				E

En la tabla 32 se observa que en la prueba de medias, se determinó que para el control efectivo de malezas en *S. officinarum* hay cinco grupos (A, B, C, D, E) donde los mejores estadísticamente para controlar la cobertura de maleza hasta los 72 días son los tratamientos del grupo A, **T18=** (18 ton/ha de residuo de cosecha + aplicación a los 30 días) **T12=** (13 ton/ha de residuo de cosecha + aplicación a los 30 días) **T17=** (18 ton/ha de residuo de cosecha + aplicación a los 25 días) y **T16=** (18 ton/ha de residuo de cosecha + aplicación a los 20 días) como se pudo apreciar en campo en muestreo a los 56 días (ver figura 17 en anexos).

¿Por qué se obtuvieron estos resultados?

Cisneros, (2016, pág. 27) indica que la proporción de semillas germinadas exitosamente disminuye con el aumento en la cantidad de residuos, tal y como se determinó en la

prueba de medias que los mejores tratamientos son los que tiene la mayor cantidad de residuo de cosecha de 18 ton/ha, debido al espesor de la cubierta que se genera sobre el suelo va actuando conforme las semillas germinadas buscan la luz, agotan sus reservas de energía y se vuelven etioladas, débiles y más susceptibles a ciertos tipos de daños por herbicidas. Al combinar los residuos de cosecha con aplicaciones de herbicidas a los 25 o 30 días después de cosecha, extendió los días control hasta los 70 días, debido a que la maleza que logró superar la barrera física del residuo de cosecha a los 25 y 30 días ddc, fue susceptible a la aplicación de herbicida que se realizó, ya que el modo de acción de las aplicaciones realizadas, era de contacto; es decir, que al adherirse al follaje provocaba una interrupción en el proceso de fotosíntesis y de producción de sabia en las malezas, esto se detectó porque las malezas por el efecto del herbicida, presentaron una severa clorosis en el tejido foliar.

3. Cuantificación del costo de días control de los tratamientos en *S. officinarum*.

Variable respuesta: Costo en Q. de los tratamientos.

Para determinar el costo/ha en la labor de control de malezas CENGICAÑA, (2013, pág. 145) indica que primero se suman dos costos. El primero, es el costo de la mano de obra. En la tabla 33 se presentan los costos para una ha en finca Tululá.

Tabla 33. Costo de una aplicación manual en finca Tululá.

Labor	Jornal/ha	Costo/jornal	Costo/ha
Pre emergente	0.8	Q 158.89	Q 127.11
Post emergente	1.11	Q 158.89	Q 176.37
Cierre	1.11	Q 158.89	Q 176.37

El segundo, es el costo de los productos de la mezcla de los herbicidas, utilizados en cada uno de los controles químicos. En la tabla 34 se presentan, los valores para finca Tululá.

Tabla 34. Costos de las mezclas de herbicidas en finca Tululá.

Mezcla	Costo/ha
Pre emergente	Q 514.64
Post emergente	Q 211.42
Cierre	Q 306.51

El costo de cada mezcla de herbicida que se aplica para el control de las malezas en el período crítico de interferencia en *S. officinarum* de finca Tululá, se sumó con el costo de la mano de obra para obtener el costo total de una aplicación química, para después dividirlo con los días control efectivos. El resultado se presenta en la tabla 35.

Tabla 35. Análisis económico de días control, en finca Tululá.

Tratamiento	Aplicación	Requema	Costo/ha Total	Control Día	Costo/día control
	Costo/ha	Costo/ha			
T18	Q. 387.79	Q. -	Q. 387.79	72	Q. 5.39
T12	Q. 387.79	Q. -	Q. 387.79	61	Q. 6.36
T17	Q. 387.79	Q. -	Q. 387.79	56	Q. 6.92
T16	Q. 387.79	Q. -	Q. 387.79	54	Q. 7.18
T11	Q. 387.79	Q. -	Q. 387.79	54	Q. 7.18
T15	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	49	Q. 13.10
T6	Q. 387.79	Q. 13.24	Q. 401.03	47	Q. 8.53
T5	Q. 387.79	Q. 13.24	Q. 401.03	42	Q. 9.55
T13	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	42	Q. 15.28
T14	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	42	Q. 15.28
T8	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	42	Q. 15.28
T10	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	42	Q. 15.28
T9	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	40	Q. 16.04
T7	Q. 641.75	Q. -	Q. 641.75	40	Q. 16.04
T3	Q. 641.75	Q. 13.24	Q. 654.99	37	Q. 17.34
T4	Q. 387.79	Q. 13.24	Q. 401.03	37	Q. 10.84
T2	Q. 641.75	Q. 13.24	Q. 654.99	37	Q. 17.70
T1	Q. 641.75	Q. 13.24	Q. 654.99	35	Q. 18.71

Como se puede observar en la tabla 35, los tratamientos con más días control, fueron los tratamientos T18, T12, generando estos respectivamente 72, 61 días de control para la cobertura de malezas en el periodo de interferencia de las malezas del cultivo *S. officinarum*. Aquí se resalta que los dos tratamientos se aplicaron con una mezcla post

emergente a los 30 días y no se le modificó el residuo de cosecha que había quedado sobre el suelo. El tratamiento 18 tuvo un costo de Q. 5.39/ha por día control y el tratamiento T12 presentó un costo de Q. 6.36/ha por día control, representando los costos más bajos. Los tratamientos con mayor costo por día control, fueron los tratamientos (T1, T2, T3, y T4) que se aplicaron con una mezcla pre emergente y que no tenía residuo de cosecha sobre el suelo (tradicional). Los costos de estos tratamientos son mayores debido que se le suma el costo de quemar los residuos de cosecha (Q. 13.24/ha) para dejar limpio el suelo.

Por lo tanto, implementar un control de malezas en *S. officinarum* con residuos de cosecha sobre el suelo y abrir la frecuencia de la primera aplicación hasta los primeros 25-30 días ddc, para finca Tulula, puede reducir cerca del 48% de los costos de la labor de control de malezas, porque se puede recudir el costo de la aplicación pre emergente y eliminar el costo de la requema de los residuos de cosecha.

4. Determinación de las especies de malezas que acaparan los flujos de materia y energía con residuo de cosecha en el suelo en *S. officinarum*.

Se determinó el índice de valor de importancia de malezas para los tratamientos con residuo de cosecha (ver tabla 40 en anexos). El resumen de los resultados se presenta en la figura nueve.

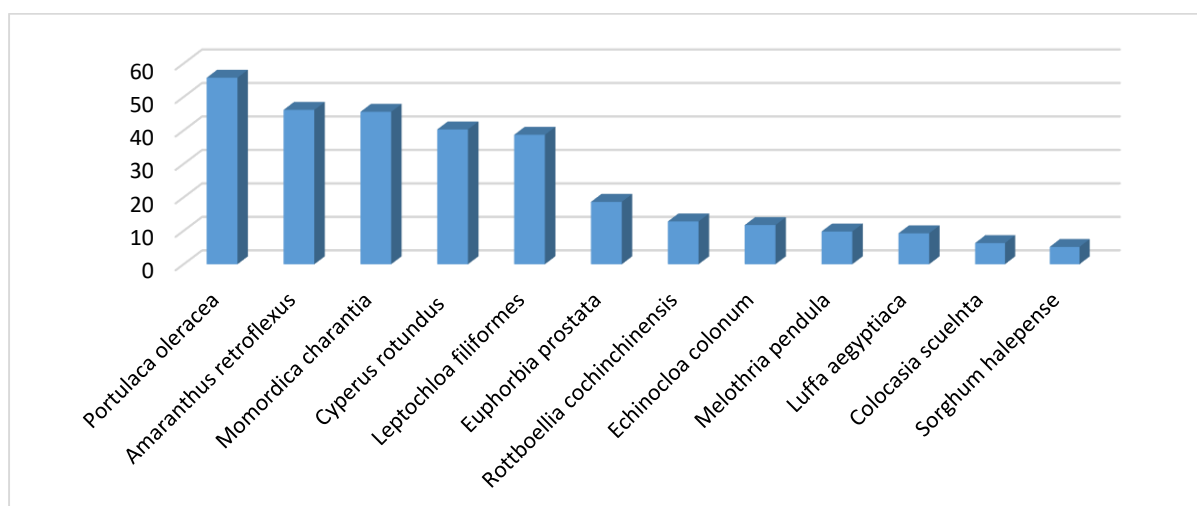


Figura 9. Valor de importancia de las malezas sobre residuo de cosecha.

Como se observa en la figura nueve, en los tratamientos con residuos de cosecha de 18 y 13 ton/ha, las especies con un mayor índice de valor de importancia a los 75 días, fueron las del grupo de hoja ancha como *P. oleracea* 55%, *A. retroflexus* 46%, *M. charantia* 45%, mientras que las especies comunes en *S. officinarum* del grupo de hojas angostas, aparecieron con menor porcentaje de importancia. El comportamiento de las malezas que se describió anteriormente, sucedió debido a que el ambiente con poca luz y la resistencia física que las plántulas experimentaron bajo los residuos de cosecha, tuvo un efecto más profundo sobre las malezas anuales y cultivos de semilla pequeña, ya que inicialmente son más dependientes de la luz en comparación con las especies perennes que son de semillas grandes y que dentro de su morfología son de tallos más voluminosos. Especies como *P. oleraceae*, INTAGRI, (2017, párr. 14) indica que les favorece un ambiente donde predomina la humedad para su propagación tal y como se determinó en la figura nueve donde fue la especie con mayor predominancia.

VII. CONCLUSIONES

1. Teniendo residuo agrícola de cosecha sobre el suelo de 18 ton/ha en *S. officinarum* en finca Tululá la época adecuada para realizar la primera aplicación de herbicidas para el control de malezas es a los 25-30 días después de cosecha en finca Tululá.
2. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que tres tratamientos (T18, T12 Y T17) presentaron un mejor control sobre la cobertura de malezas en *S. officinarum* de finca Tululá, hasta los 70 días después de la cosecha del tercer tercio de la zafra y en la variedad tardía CP 72-2086
3. Los tratamientos con menor costo para el control efectivo de malezas aplicado de forma manual en *S. officinarum* fueron T18= Q. 5.39/ha por día control, y T12 con un costo de Q. 6.36/ha por día control.
4. Las malezas con mayor índice de valor de importancia en los tratamientos con residuo agrícola de cosecha, fueron las especies *Portulaca oleracea* 55%, *Amaranthus retroflexus* 46%, *Momordica charantia* 45% que pertenecen al grupo de las malezas de hojas ancha.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar un nuevo programa de aplicaciones químicas, donde se haga un control post emergente (30 días) y uno de cierre (75 días) utilizando 18 ton/ha de residuo de cosecha en finca Tululá.
2. Debido a que el ensayo se realizó en el estrato alto del ingenio Tululá, se recomienda evaluar los tres mejores tratamientos T18, T12 y T17, en el estrato medio con variedades de ciclo intermedio, cosechadas en el segundo tercio de la zafra en las fincas administradas por ingenio Tululá.
3. Se recomienda replicar la evaluación cambiando de aplicación manual por aplicación mecánica para reducir aún más el costo de los días control/ha de la cobertura de malezas.
4. Las malezas del grupo de hoja ancha, predominan cuando se tiene residuo de cosecha sobre el suelo, por lo tanto, recomienda evaluar mezclas de herbicidas para el control de malezas, que sus ingredientes activos actúen de manera eficiente sobre las hojas anchas a los 70 días después de cosecha.

IX. REFERENCIAS

- Alfaro, J., & Barrios, J. (2018, pág. 21). *Dinámica de herbicidas en cultivo de caña de azúcar*. (Tesis de grado) Dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar. San José, Costa Rica. Obtenido de <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/JJgYtCQjQZzdBzHgYxScnIPJQjryVn>
- Bautista, E. L., & Gónzales Ramírez, B. H. (2016, pág. 64-65). *Diseño y análisis de experimentos*. (Manual de investigaciones experimentales) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de agronomía. Guatemala. Obtenido de http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf
- Bustamante, J. F. (2015, pag. 22). *La producción de caña de azúcar*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3586/1042996781.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Caballero, J., & Sáenz, D. (2016, pág. 5-7). *La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental*. (Tesis de grado) Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/images/pdf/investigacion/cosecha.pdf>
- Castillo, F. (2020, pág. 4). *Manual de procesos del departamento de control de calidad, Ingenio Tululá*. San Andres Villaseca, Retalhuleu. Guatemala.
- CENGICANA (Centro de investigación y capacitación de la caña de azúcar). (2013, pág. 131-145). *Manual de Malezas y Catálogo de Herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala. Obtenido de <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>

- Cisneros, R. (2016, pág. 27). *Aprovechamiento de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114369/Nota_Informativa_Marzo_2016_Aprovechamiento_de_residuo_de_cosecha_de_la_ca_a_de_az_car.pdf
- Comparini, S. D. (2006, pág. 51-52). *Evaluación de variedades de caña de azúcar (Saccharum spp)*. (Tesis de grado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de agronomía. Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2285.pdf
- CONADESUCA. (2015, pág. 3-4). *Ficha tecnica del cultivo de caña de azúcar*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_T_cnica_Ca_a_de_Az_car.pdf
- Cook, J. H. (2015, pág. 82). *Manejo de la caña para cosecha en estado verde*. (Informe técnico). Centro de investigación colombiano de caña de azúcar. Cali. Colombia. Obtenido de https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p365-369.pdf
- Departamento de ingeniería agrícola, Ingenio Tululá. (2020, pág. 4-5). *Información geográfica de las fincas productoras de caña de azúcar*. (Informe técnico). Ingenio Tululá. San Andres Villa Seca, Retalhuleu.
- Departamento de planificación y control (2020, pág. 8). *Informe anual de precipitaciones en fincas del ingenio Tulula*. (Informe técnico). Ingenio Tululá. San Andres Villa Seca, Retalhuleu.
- Dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar DIECA. (2020, pág. 3-4). *Evaluación de cuatro herbicidas pre-emergentes aplicados sobre los residuos agrícolas de cosecha de la caña de azúcar*. (Informe técnico). San José, Costa Rica. Obtenido de <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/JJgYtCQjQZzdBzHgYxScnIPJQjryVn>

Fredericksen, M. (2000, pág. 7). *Métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Obtenido de <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>

Grupo CASSA. (2019, párr. 2). *Beneficios en una hacienda cañera que cosecha 100% en verde*. (Informe técnico). Comunidad CASSA. Chalatenango, El Salvador. Obtenido de <http://www.comunidadcassa.com/en/beneficios-una-hacienda-canera-cosecha-100-verde/>

IARNA. (2018, párr. 1). *Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad*. Obtenido de <http://www.infoiarina.org.gt/ecosistemas-de-guatemala/fichas-zonas-de-vida/>

INTAGRI. (2017, párr. 11-14). *Periodo crítico de competencia de malezas*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/periodo-critico-de-competencia-cultivos#:~:text=Definido%20como%20el%20per%C3%ADodo%20durante,los%20mayores%20esfuerzos%20de%20control.>

Lopez, M. (2021, pág. 3-5). *Planificación de control de malezas temporada 2021*. (Informe técnico). ingenio Tululá. San Andres Villa Seca, Retalhuleu.

Minitab 18. (2019, párr. 7). *Estadística en estudios experimentales*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/basics/what-is-randomization/>

Mora, O. (2015, pág. 42). *Propuesta de alternativas hacia una producción sostenible de la caña de azúcar*. (Tesis de grado) Instituto de agricultura orgánica. Barranquilla, Colombia. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114369/Nota_Informativa_Marzo_2016_Aprovechamiento_de_residuo_de_cosecha_de_la_ca_a_de_az_car.pdf

Noriega, R. (2019, pág. 131). *Ecuaciones para el cálculo de valor de importancia de las malezas*. (Manual estadístico). Universidad Autónoma de Chapingo. Chiapas, México. Obtenido de <https://web.chapingo.mx/agronomico/wp-content/uploads/2019/pdf/memoriaCINCA2019.pdf>

Toledo, C. E. (2006, pág 14). *Estimación de la producción de residuos agrícolas en agroecosistemas de caña de azúcar*. (Tesis de grado). Universidad autónoma de Chiapas. Chiapas, México. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6146/BVE17099261e.pdf;jsessionid=55808867279494CE09B95CC4DF8557F5?sequence=1>

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



X. ANEXOS

Tabla 36. Bitácora de datos de porcentaje de cobertura de maleza de la investigación.

TRAT	R	%7 días	% 14 días	% 21 días	% 28 días	% 35 días	% 42 días	% 49 días	% 56 días	% 63 días	% 70 días	% 77 días
T1	I	0%	0%	2%	13%	20%	28%	40%	45%	60%	79%	97%
T2	I	1%	3%	2%	2%	11%	26%	30%	33%	45%	65%	88%
T3	I	1%	16%	9%	15%	19%	36%	55%	57%	65%	82%	91%
T4	I	0%	3%	19%	2%	13%	23%	44%	50%	72%	83%	87%
T5	I	0%	16%	49%	4%	3%	14%	27%	35%	49%	59%	91%
T6	I	0%	2%	17%	29%	0%	2%	15%	30%	42%	50%	61%
T7	I	0%	0%	3%	7%	13%	19%	28%	38%	53%	55%	67%
T8	I	0%	0%	3%	9%	11%	14%	18%	26%	31%	43%	52%
T9	I	4%	17%	1%	4%	12%	15%	23%	32%	46%	50%	61%
T10	I	0%	5%	0%	1%	5%	11%	14%	21%	32%	44%	56%
T11	I	4%	9%	13%	2%	5%	8%	12%	16%	19%	26%	31%
T12	I	0%	0%	10%	17%	1%	7%	12%	15%	24%	27%	34%
T13	I	0%	0%	3%	13%	18%	29%	33%	38%	46%	59%	75%
T14	I	0%	0%	4%	10%	14%	16%	20%	32%	39%	45%	52%
T15	I	0%	9%	1%	3%	6%	11%	16%	19%	24%	29%	33%
T16	I	0%	4%	4%	3%	5%	9%	18%	18%	24%	37%	49%
T17	I	0%	0%	8%	1%	4%	10%	12%	16%	20%	24%	33%
T18	I	0%	0%	13%	17%	0%	2%	4%	9%	13%	15%	19%
T1	II	1%	4%	7%	10%	18%	32%	71%	90%	94%	98%	99%
T2	II	6%	2%	9%	14%	20%	51%	64%	70%	83%	96%	97%
T3	II	7%	12%	4%	7%	14%	32%	59%	75%	82%	93%	97%
T4	II	8%	17%	36%	6%	17%	21%	39%	48%	72%	89%	91%
T5	II	0%	12%	16%	4%	9%	12%	18%	44%	61%	72%	75%
T6	II	2%	7%	12%	19%	1%	6%	12%	23%	32%	47%	61%
T7	II	0%	0%	2%	12%	18%	26%	30%	35%	37%	47%	61%
T8	II	0%	0%	4%	1%	10%	18%	23%	27%	42%	61%	56%
T9	II	0%	12%	6%	10%	16%	19%	26%	34%	38%	50%	60%
T10	II	1%	16%	5%	11%	13%	18%	24%	35%	41%	54%	72%
T11	II	4%	10%	14%	2%	6%	13%	25%	35%	40%	44%	71%
T12	II	4%	10%	13%	19%	0%	7%	13%	14%	19%	31%	46%
T13	II	0%	0%	3%	7%	11%	14%	19%	27%	32%	40%	53%
T14	II	0%	6%	9%	14%	16%	20%	27%	34%	39%	60%	68%
T15	II	0%	7%	2%	8%	12%	15%	16%	18%	30%	40%	48%
T16	II	0%	6%	0%	6%	8%	12%	16%	20%	27%	36%	42%
T17	II	0%	9%	14%	2%	10%	11%	16%	29%	53%	72%	84%

T18	II	0%	2%	12%	19%	3%	7%	11%	14%	17%	20%	34%
T1	III	0%	4%	6%	13%	19%	34%	41%	46%	52%	64%	72%
T2	III	7%	0%	3%	10%	14%	19%	27%	33%	37%	44%	71%
T3	III	5%	14%	1%	7%	12%	18%	35%	42%	53%	57%	78%
T4	III	4%	13%	2%	6%	11%	19%	34%	40%	50%	66%	72%
T5	III	6%	10%	18%	2%	12%	18%	27%	36%	44%	52%	67%
T6	III	5%	9%	13%	29%	7%	18%	25%	33%	39%	53%	70%
T7	III	0%	2%	6%	10%	19%	25%	38%	43%	51%	60%	67%
T8	III	0%	4%	5%	9%	17%	26%	34%	39%	46%	53%	64%
T9	III	4%	8%	1%	13%	17%	23%	29%	36%	44%	49%	56%
T10	III	8%	15%	1%	8%	16%	23%	29%	40%	46%	57%	79%
T11	III	0%	6%	13%	2%	4%	10%	12%	15%	18%	31%	43%
T12	III	0%	9%	15%	20%	2%	7%	8%	13%	20%	27%	36%
T13	III	0%	2%	6%	12%	16%	34%	43%	60%	68%	76%	87%
T14	III	1%	6%	0%	7%	16%	33%	36%	44%	58%	67%	82%
T15	III	4%	7%	2%	6%	14%	20%	26%	32%	41%	50%	57%
T16	III	4%	9%	1%	5%	11%	14%	20%	28%	35%	46%	54%
T17	III	6%	9%	13%	2%	2%	6%	10%	14%	24%	32%	48%
T18	III	7%	10%	13%	18%	3%	5%	11%	13%	16%	19%	36%

Tabla 37. Porcentajes transformados a variables continuas

TRAT	R	%7 días	%14 días	%21 días	%28 días	%35 días	%42 días	%49 días	%56 días	%63 días	%70 días	%77 días
T1	I	0.00	0.00	8.04	21.10	26.74	32.00	39.05	42.06	42.06	62.87	78.52
T2	I	5.73	9.78	8.04	8.04	19.26	30.66	33.36	34.75	34.75	54.09	70.05
T3	I	5.73	23.57	17.45	22.95	26.10	36.86	47.73	48.59	48.59	65.50	71.80
T4	I	0.00	9.78	26.10	8.04	21.10	28.68	41.29	45.23	45.23	65.50	68.43
T5	I	0.00	23.57	44.42	11.53	9.78	21.71	31.33	36.15	36.15	50.35	71.80
T6	I	0.00	8.04	24.20	32.68	0.00	8.04	22.95	33.36	33.36	45.23	51.26
T7	I	0.00	0.00	9.78	15.07	21.10	26.10	32.00	38.31	38.31	47.73	55.08
T8	I	0.00	0.00	9.78	17.45	19.26	21.71	24.83	30.66	30.66	41.29	46.05
T9	I	11.53	24.20	5.73	11.53	20.48	22.95	28.68	34.75	34.75	45.23	51.26
T10	I	0.00	12.70	0.00	5.73	12.70	19.26	21.71	27.38	27.38	41.29	48.59
T11	I	11.53	17.45	21.10	21.10	12.70	16.26	20.48	23.57	23.57	30.66	34.05
T12	I	0.00	0.00	18.66	24.20	5.73	15.07	20.48	22.95	22.95	31.33	35.45
T13	I	0.00	0.00	9.78	21.10	24.83	32.68	34.75	38.31	38.31	50.35	60.45
T14	I	0.00	0.00	11.53	18.66	21.71	23.57	26.74	34.75	34.75	42.06	46.05
T15	I	0.00	17.45	5.73	9.78	13.88	19.26	23.57	26.10	26.10	32.68	34.75
T16	I	0.00	11.53	11.53	9.78	12.70	17.45	24.83	24.83	24.83	37.58	44.42
T17	I	0.00	0.00	16.26	5.73	11.53	18.66	20.48	23.57	23.57	29.34	34.75
T18	I	0.00	0.00	21.10	24.20	0.00	8.04	11.53	17.45	17.45	22.95	26.10
T1	II	5.73	11.53	15.07	18.66	24.83	34.75	57.14	71.80	71.80	81.89	81.89
T2	II	13.88	8.04	17.45	21.71	26.74	45.23	53.13	57.14	57.14	78.52	78.52
T3	II	15.07	20.48	11.53	15.07	21.71	34.75	50.35	60.45	60.45	73.73	78.52
T4	II	16.26	24.20	36.86	13.88	24.20	27.38	38.31	43.63	43.63	70.05	71.80
T5	II	0.00	20.48	23.57	11.53	17.45	20.48	24.83	41.29	41.29	58.21	60.45
T6	II	8.04	15.07	20.48	26.10	5.73	13.86	20.48	28.68	28.68	39.05	51.26
T7	II	0.00	0.00	8.04	20.48	24.83	30.66	33.36	36.15	36.15	39.05	51.26
T8	II	0.00	0.00	11.53	5.73	18.66	24.83	28.68	31.33	31.33	51.26	48.59
T9	II	0.00	20.48	13.88	18.66	23.57	26.10	30.66	35.45	35.45	45.23	50.35
T10	II	5.73	23.57	12.70	19.26	21.10	24.83	29.34	36.15	36.15	46.88	58.21
T11	II	11.53	18.66	21.71	8.04	13.88	21.10	30.00	36.15	36.15	41.29	57.14
T12	II	0.00	18.66	21.10	26.10	0.00	15.07	21.10	21.71	21.71	34.05	42.84
T13	II	0.00	0.00	9.78	15.07	19.26	21.71	26.10	31.33	31.33	39.05	46.88
T14	II	0.00	13.88	17.45	21.71	23.57	26.74	31.33	35.45	35.45	50.35	55.08
T15	II	0.00	15.07	8.04	16.26	20.48	22.95	23.57	24.83	24.83	39.05	43.63
T16	II	0.00	13.88	0.00	13.88	16.26	20.48	23.57	26.74	26.74	36.86	40.54
T17	II	0.00	17.45	21.71	8.04	18.66	19.26	23.57	32.68	32.68	58.21	66.92
T18	II	0.00	8.04	20.48	26.10	9.78	15.07	19.26	21.71	21.71	26.74	35.45
T1	III	0.00	11.53	13.88	21.10	26.10	35.45	39.79	42.84	42.84	53.13	58.21
T2	III	15.07	0.00	9.78	18.66	21.71	26.10	31.33	34.75	34.75	41.29	57.14

T3	III	12.70	21.71	5.73	15.07	20.48	24.83	36.15	40.54	40.54	48.59	61.64
T4	III	11.53	21.10	8.04	13.88	19.26	26.10	35.45	39.05	39.05	54.09	58.21
T5	III	13.88	18.66	24.83	8.04	20.48	24.83	31.33	36.86	36.86	46.05	55.08
T6	III	12.70	17.45	21.10	26.10	15.07	24.83	30.00	34.75	34.75	46.88	57.14
T7	III	0.00	8.04	13.88	18.66	26.10	30.00	38.31	41.29	41.29	50.35	55.08
T8	III	0.00	11.53	12.70	17.45	24.20	30.66	35.45	38.31	38.31	46.88	53.13
T9	III	11.53	16.26	5.73	21.10	24.20	28.68	32.68	36.86	36.86	44.42	48.59
T10	III	16.26	22.95	5.73	16.26	23.57	28.68	32.68	39.05	39.05	48.59	62.87
T11	III	0.00	13.88	21.10	8.04	11.53	18.66	20.48	22.95	22.95	34.05	41.29
T12	III	0.00	17.45	22.95	26.74	8.04	15.07	16.26	21.10	21.10	31.33	36.86
T13	III	0.00	8.04	13.88	20.48	23.57	35.45	41.29	50.35	50.35	60.45	68.43
T14	III	5.73	13.88	0.00	15.07	23.57	34.75	36.86	41.29	41.29	55.08	65.50
T15	III	11.53	15.07	8.04	13.88	21.71	26.74	30.66	34.75	34.75	45.23	48.59
T16	III	11.53	17.45	5.73	12.70	19.26	21.71	26.74	32.00	32.00	42.84	46.88
T17	III	13.88	17.45	21.10	26.74	8.04	13.88	18.66	21.71	21.71	34.75	43.63
T18	III	15.07	18.66	21.10	24.83	9.78	12.70	19.26	21.10	21.10	26.10	36.86

Tabla 38. Cuadro de datos de días control de los tratamientos.

TRAT	R	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días	56 días	63 días	70 días	77 días
T1	I	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T2	I	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T3	I	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T4	I	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T5	I	7	14	14	28	35	42	42	42	42	42	42
T6	I	7	14	21	21	35	42	49	49	49	49	49
T7	I	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T8	I	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T9	I	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T10	I	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T11	I	7	14	21	28	35	42	49	56	63	63	63
T12	I	7	14	21	28	35	42	49	56	56	56	56
T13	I	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T14	I	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T15	I	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T16	I	7	14	21	28	35	42	49	56	56	56	56
T17	I	7	14	21	28	35	42	49	56	63	63	63
T18	I	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77
T1	II	7	14	21	28	28	35	35	35	35	35	35
T2	II	7	14	21	28	28	35	35	35	35	35	35

T3	II	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T4	II	7	14	14	28	35	35	35	35	35	35	35
T5	II	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T6	II	7	14	21	21	35	42	49	56	56	56	49
T7	II	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T8	II	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T9	II	7	14	19	28	35	42	42	42	42	42	42
T10	II	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T11	II	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T12	II	7	14	21	21	35	42	49	56	56	63	63
T13	II	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T14	II	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T15	II	7	14	21	28	35	42	49	56	56	56	56
T16	II	7	14	21	28	35	42	49	56	63	63	56
T17	II	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T18	II	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	70
T1	III	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T2	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T3	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T4	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T5	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T6	III	7	14	21	21	35	42	49	56	56	56	42
T7	III	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T8	III	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T9	III	7	14	21	28	35	35	35	35	35	35	35
T10	III	7	7	21	28	35	42	35	35	35	35	35
T11	III	7	14	21	28	35	42	42	56	63	63	63
T12	III	7	14	21	28	35	42	49	56	63	63	63
T13	III	7	14	21	28	28	35	35	35	35	35	35
T14	III	7	14	21	28	28	35	35	35	35	35	35
T15	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	42
T16	III	7	14	21	28	35	42	49	49	49	49	49
T17	III	7	14	21	28	35	42	42	42	42	42	56
T18	III	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	70

Tabla 39. Número de días control transformados en variables continuas

TRAT	R	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días	56 días	63 días	70 días	77 días
T1	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T2	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T3	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T4	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T5	I	2.65	3.74	3.74	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T6	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	7.00
T7	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T8	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T9	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T10	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T11	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	7.94	7.94
T12	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	7.48
T13	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T14	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T15	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T16	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	7.48
T17	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	7.94	7.94
T18	I	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	8.37	8.77
T1	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T2	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T3	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T4	II	2.65	3.74	3.74	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T5	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T6	II	2.65	3.74	4.58	4.58	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	7.00
T7	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T8	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T9	II	2.65	3.74	4.36	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T10	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T11	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T12	II	2.65	3.74	4.58	4.58	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.94	7.94
T13	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T14	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T15	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	7.48
T16	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	7.94	7.48
T17	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T18	II	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	8.37	8.37
T1	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T2	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T3	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T4	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T5	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T6	III	2.65	3.74	4.58	4.58	5.92	6.48	7.00	7.48	7.48	7.48	6.48
T7	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T8	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T9	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T10	III	2.65	2.65	4.58	5.29	5.92	6.48	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92

T11	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	7.48	7.94	7.94	7.94
T12	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	7.94	7.94
T13	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T14	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.29	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
T15	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T16	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
T17	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
T18	III	2.65	3.74	4.58	5.29	5.92	6.48	7.00	7.48	7.94	8.37	8.37

Tabla 40. Índice del valor importancia de las malezas.

No.	Nombre común	Nombre científico	D. real	C. real	F. real	D. relat	C. relat	F. relat	V.I.
1	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	6.00	8.60	7.81	17.73	22.65	15.36	55.74
2	Bledo	<i>Amaranthus retroflexus</i>	2.60	2.20	3.70	23.35	11.70	11.07	46.12
3	Meloncillo	<i>Momordica charantia</i>	15.60	18.80	12.32	20.10	14.55	10.89	45.54
4	Coyolillo	<i>Cyperus rotundus</i>	7.40	13.00	9.48	19.54	10.06	10.68	40.28
5	Cola de zorro	<i>Leptochloa filiformes</i>	7.00	19.00	8.84	19.02	14.70	4.96	38.68
6	Golondrina	<i>Euphorbia prostata</i>	0.60	0.80	1.11	10.77	4.62	3.25	18.64
7	Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	6.40	2.60	3.12	7.25	5.01	0.52	12.78
8	Pata de gallo	<i>Echinochloa colonum</i>	0.40	1.40	0.56	5.56	3.12	3.02	11.70
9	Pepinillo	<i>Melothria pendula</i>	2.20	5.20	2.60	2.83	4.02	2.93	9.78
10	Estropajo	<i>Luffa aegyptiaca</i>	2.60	2.20	3.70	3.35	1.70	4.18	9.23
11	Malanguilla	<i>Colocasia scuelnta</i>	1.00	2.60	2.69	1.29	2.01	3.03	6.33
12	Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	1.00	1.25	1.03	1.22	2.8	1.16	5.18
Total						100	100	100	300

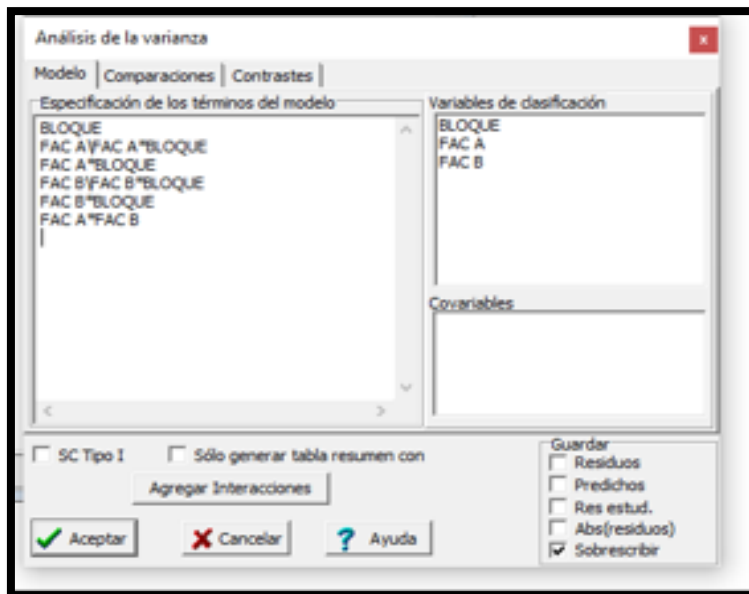


Figura 11. Términos del modelo de análisis en InfoStat



Figura 12. Delimitado y estaquillado del ensayo en campo.



Figura 13. Establecimiento de nivel de 13 ton/ha de residuo de cosecha en campo



Figura 14. Vista área de los niveles de residuos de cosecha de los tratamientos evaluados



Figura 15. Inicio de aplicaciones químicas en el mes de abril



Figura 16. Procedimiento seguido para la aplicación post-emergente



Figura 17. Cobertura de malezas a los 56 días con y sin residuo de cosecha



Mazatenango, 12 de noviembre de 2019.

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

Estimado Ing. Tobar

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

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **Evaluación de residuos de cosecha combinados con herbicidas para el control de malezas en Saccharum officinarum L. Poaceae “caña de azúcar” Ingenio Tzululá, San Andrés Villaseca, Retalhuleu.** presentado por el estudiante Oscar Geovany Villalobos Ixcal quien se identifica con número de carné 201641027 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 ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edgar Ruíz Recinos', enclosed within a circular scribble.

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruíz Recinos
Profesor asesor y supervisor



Mazatenango, 12 de noviembre de 2021.

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

Señor Director:

Con fundamento el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante T.P.A. **Oscar Geovany Villalobos Ixcal** quien se identifica con número de **carné 201641027**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“Evaluación de residuos de cosecha combinados con herbicidas para el control de malezas en *Saccharum officinarum*, L. Poaceae, Caña de Azúcar. Ingenio Tzululá, San Andrés Villaseca Retalhuleu.”** el cuál fue asesorado por el Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruíz Recinos, lo que se evidencia con el informe correspondiente y revisado por el suscrito.

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

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

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
 Coordinador Carrera



FICHA PARA ORDEN DE IMPRIMASE

FECHA: 12-11-2021

NOMBRE:	OSCAR GEOVANY VILLALOBOS IXCAL	
CARNÉ:	201641027	CUI 3237799991002
CARRERA:	Ingeniería en Agronomía Tropical	
TESIS TITULADA:	Evaluación de residuos de cosecha combinados con herbicidas para el control de malezas en <i>Saccharum officinarum</i> L. Poaceae "caña de azúcar" Ingenio Tzulá, San Andrés Villaseca, Retalhuleu.	
OBSERVACIONES:	Luego de cumplir con los requisitos y modificaciones del informe presentado por el estudiante, se solicita el imprimase respectivo.	
f)		
	Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales Coordinador Académico	

