

**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Agronomía Tropical**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de seis mezclas de herbicidas para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum officinarum*, Poaceae, en finca Cristóbal, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.**

**T.P.A. Jacobo Fernando Alvarado García**

**Carné 201440667**

**Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos  
Supervisor-Asesor**

**Mazatenango, Suchitepéquez. Mayo de 2023.**



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Agronomía Tropical**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación de seis mezclas de herbicidas para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum officinarum*, Poaceae, en finca Cristóbal, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.**

**T.P.A. Jacobo Fernando Alvarado García**

**Carné 201440667**

**Correo electrónico: [jafer1695@gmail.com](mailto:jafer1695@gmail.com)**

**Mazatenango, Suchitepéquez. Mayo de 2023.**

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

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

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

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

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

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

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

Lic. Sergio Román Espinoza Antón  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

### **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fidel Orozco Ramos  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

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

## DEDICATORIA

**A:**

**Dios:**

Por permitirme finalizar este proceso y darme bendiciones en todas la etapas de mi vida.

**Mis padres:**

Jacobo L. Alvarado y Janeth A. García, por ser los mejores padres, por ser luz en mi vida y guiarme en cada paso y proceso.

**Mis hermanas:**

Keren Alvarado y Cesi Alvarado, por su cariño y solidaridad en todo momento.

**Amor de mi vida:**

Laura Lissette von Anshelm Reyes por su amor y apoyo incondicional en todo el proceso, por su comprensión y paciencia en los momentos más difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

La Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC- que me dio la oportunidad de formarme profesionalmente.

La Carrera de Agronomía, por brindarme las herramientas académicas necesarias para llegar a esta etapa y ejercer un buen desarrollo dentro de mi carrera profesional.

Los docentes de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical por su paciencia, apoyo y muestras de cariño brindados durante mi formación.

Ingenio Madre Tierra por darme la oportunidad de culminar mi fase de estudios para mi formación como profesional al brindarme todo el apoyo al realizar mi EPS.

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
1. Marco conceptual .....	3
1.1 Definición de maleza.....	3
1.2 Interferencia de malezas en el cultivo .....	3
1.3 Principales malezas en el cultivo de caña de azúcar .....	4
1.4 Daño de las malezas en el cultivo.....	5
1.5 Control de malezas en el cultivo .....	5
1.6 Control mecánico de malezas.....	6
1.7 Control químico de malezas .....	6
1.7.1 Tipos de herbicidas.....	7
1.7.2 Modo de acción de los herbicidas .....	7
1.7.3 Orden de mezcla de los herbicidas .....	8
1.8 Herbicidas utilizados en la investigación.....	9
1.8.1 Pendimethalin (Pendimetalina).....	9
1.8.2 Hexazinona (Hexacto).....	10
1.8.3 Paraquat-Diuron (Angluron) .....	10
1.8.4 2,4-D, Dicamba (Dimaster) .....	11
1.8.5 Ametrina (Ametrina).....	11
1.9 Otros productos .....	12
1.9.1 Aceite de Soja.....	12
1.9.2 Pentamins.....	13
1.10 Escala European Weeds Research Society (EWRS).....	13
1.11 Cultivo de caña de azúcar <i>S. officinarum</i> L.....	14

1.11.1 Botánica sistemática de <i>S. officinarum</i> L.....	14
1.11.1.1 Tallo.....	14
1.11.1.2 Raíz.....	15
1.11.1.3 Hoja.....	15
1.11.1.4 Inflorescencia.....	16
1.12 Características de la variedad “CR-87339”.....	17
2. Marco referencial.....	18
2.1 Localización y ubicación geográfica de la finca Cristóbal.....	18
2.2 Vías de acceso a la finca.....	18
2.3 Mapa de Finca Cristóbal.....	20
2.4 Tipo de suelo.....	21
2.5 Zona de vida y clima.....	21
2.6 Tipo de agua utilizada.....	21
2.7 Investigaciones relacionadas a la investigación realizada.....	21
III. OBJETIVOS.....	24
1. Objetivo general.....	24
2. Objetivos específicos.....	24
IV. HIPÓTESIS.....	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
1. Porcentaje de control sobre las malezas de las diferentes mezclas de herbicida evaluadas.....	26
1.1 Metodología.....	26
1.2 Variables de estudio.....	26
1.3 Análisis de la información.....	28
2. Días de control para cada mezcla de herbicida utilizando el modelo de regresión polinomial.....	29

2.1 Metodología .....	29
2.2 Variables de estudio .....	29
2.2.1 Días de control de los tratamientos evaluados.....	29
2.3 Análisis de la información .....	29
3. Efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar .....	30
3.1 Metodología .....	30
3.2 Variables de estudio .....	30
3.2.1 Fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar .....	30
3.3 Análisis de la información .....	31
4. Efecto de los tratamientos sobre los costos de producción.....	31
4.1 Metodología .....	31
4.2 Variables de estudio .....	31
4.2.1 Costo por día control .....	31
4.3 Análisis de la información .....	32
5. Metodología general de la investigación .....	32
5.1 Análisis estadístico.....	32
5.1.1 Diseño experimental.....	32
5.1.2 Modelo estadístico.....	32
5.1.3 Unidad experimental .....	33
5.1.4 Tratamientos y dosis evaluadas.....	34
5.1.5 Croquis de campo del experimento y aleatorización de los tratamientos.....	35
5.2 Análisis económico .....	36
5.3 Manejo del experimento.....	36
5.3.1 Delimitación de los tratamientos evaluados.....	36

5.3.2 Equipo de aplicación .....	36
5.3.3 Calibración del equipo y personal de aplicación .....	36
5.3.4 Preparación de las mezclas de herbicidas evaluados.....	38
5.3.5 Aplicación de los tratamientos evaluados .....	39
5.3.6 Condiciones ambientales para la aplicación de los tratamientos.....	39
VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
1. Determinación del porcentaje de control sobre las malezas de las diferentes mezclas de herbicidas evaluadas como tratamientos en la investigación .....	41
2. Determinación de los días control para cada mezcla de herbicida (tratamientos utilizando el modelo de regresión polinomial.....	48
3. Determinación del efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar .....	50
4. Determinación del efecto de los tratamientos sobre los costos de producción .....	51
VII. CONCLUSIONES .....	55
VIII. RECOMENDACIONES.....	56
IX. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	57
X. ANEXOS.....	62

## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Mapa de ubicación y vías de acceso de Finca Cristóbal. ....	18
2. Mapa de Finca Cristóbal y ubicación del experimento, Santa Lucía Cotz., Escuintla.....	20
3. Método del metro cuadrado para determinar la cobertura y la densidad de malezas presentes. ....	27
4. Calibración del equipo de aplicación previo al momento de aplicar los tratamientos evaluados. ....	38
5. Aplicación de los diferentes tratamientos evaluados con bomba de mochila. ....	39
6. Regulador de presión utilizado para evitar variabilidad por presión. ....	40
7. Gráfica de líneas de la cobertura de malezas presente en los diferentes tratamientos evaluados. ....	42
8. Porcentaje de eficiencia de los tratamientos evaluados. ....	44
9. Días control de los diferentes tratamientos evaluados. ....	49
10. Herbicida Pendimethalin (Pendimetalina 50 EC).....	62
11. Herbicida Hexazinona (Hexacto 75 WP). ....	62
12. Paraquat-Diuron (Angluron 30 SL). ....	63
13. 2,4-D, Dicamba (Dimaster 46.5 SL).....	63
14. Ametrina (Ametrina 50 SC).....	63
15. Aceite de soja (Carrier 82.77 EC). ....	64
16. Boquilla TQ 15008 utilizada para la aplicación de los tratamientos evaluados.....	64
17. Cobertura de malezas a los 7 días después de la aplicación. ....	65
18. Cobertura de malezas a los 14 días después de la aplicación. ....	65
19. Cobertura de malezas a los 21 días después de la aplicación. ....	65
20. Cobertura de malezas a los 28 días después de la aplicación. ....	65

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Eficacia de control de malezas.....	13
2. Botánica sistemática del cultivo de caña de azúcar. ....	14
3. Descripción de los lotes de Finca Cristóbal. ....	19
4. Escala del método del metro cuadrado para la determinación del valor de importancia de las malezas. ....	27
5. Eficacia de control de malezas. ....	28
6. Escala de fitotoxicidad de herbicidas.....	30
7. Descripción de los tratamientos y dosis evaluadas. ....	34
8. Croquis del experimento en campo con los tratamientos evaluados y su aleatorización.....	35
9. Promedio en porcentaje de cobertura de malezas presente en los diferentes tratamientos de la evaluación. ....	41
10. Porcentaje de eficiencia de control de malezas.....	43
11. Escala de eficacia del control de malezas producido por las mezclas de herbicida .....	43
12. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los siete dda. ....	45
13. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los 14 dda. ....	45
14. Prueba de media Tukey aplicada a los resultados obtenidos a los 14 dda. ....	46
15. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los 21 dda. ....	46
16. Prueba de medias de los resultados obtenidos a los 21 dda.....	47
17. Ecuaciones polinómicas para determinar los días control de cada uno de los tratamientos.....	48
18. Costos de aplicación por hectárea de los tratamientos evaluados. ....	51
19. Costos por día control de los tratamientos evaluados. ....	53

20. Cobertura, densidad y frecuencia de malezas encontradas en el lote 0160201 de Finca Cristóbal. ....	66
21. Valor de importancia (VI) de las malezas del lote 0160201 de Finca Cristóbal.....	67
22. Resultados en porcentaje de la cobertura de malezas. ....	68
23. Resultados en porcentaje del control de malezas de los herbicidas evaluados.....	68
24. Resultados del control de malezas transformados con la formula arcoseno. ....	68

## RESUMEN

La investigación fue desarrollada en finca Cristóbal ubicada en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, esta finca pertenece a Ingenio Madre Tierra, tiene un área total de 55.58 ha y se encuentra establecida la variedad de caña CR 87-339. Se localiza en las siguientes coordenadas geográficas 14.340174 N, -91.037722 O a 374 msnm. La finca cuenta con cinco entradas las cuales cuatro de ellas son alternativas, el acceso principal se encuentra frente a la residencial Camantulul ubicada a 950 metros de la intersección de Santa Lucía Cotzumalguapa.

Con los objetivos de encontrar alternativas de control en el periodo crítico de interferencias de malezas y determinar mezclas con menos carga química para cumplir con las normas de exportación de la Food and Drug Administration – Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Environmental Protection Agency –Agencia de Protección Ambiental- (EPA), se estableció un ensayo de mezclas de herbicidas post-emergentes en Finca Cristóbal en caña soca a los 70 días después del corte (ddc).

Se organizaron los tratamientos en un diseño factorial bloques completamente al azar donde se evaluaron seis mezclas de herbicidas con cuatro repeticiones donde se utilizaron las siguientes moléculas; Paraquat-Diuron, Hexazinona, Dicamba 2,4D, Pendimethalin y Ametrina. Entre las variables de respuesta a evaluaron estuvieron la eficiencia de control a los 7, 14, 21 y 28 después de la aplicación, los días control, costo por día control y la fitotoxicidad por medio de la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas –ALAM–.

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante a un análisis de varianza para la eficiencia de control, establecen que el tratamiento T5 (Pendimethalin 3 lt+ Ametrina 2 lt + Hexazinone 1.25 lb + Dicamba 2-4D 0.70 lt) fue el que obtuvo un mejor resultado al momento del control de malezas, siendo también el que posee mayores días de control y el segundo tratamiento más económico.

Los análisis de varianza realizados con el fin de confirmar posibles efectos nocivos de los herbicidas al cultivo, establecieron que no presentaron niveles de fitotoxicidad ya que no manifestaron ninguna lesión en el follaje del cultivo. Se realizó un análisis económico en donde se determinaron los costos por hectárea y costos por día control donde se llegó a concluir que el tratamiento T5 y T6 tienen mayor días control 27 y 24 respectivamente y costo menor a \$2.60 esto debido a la diferencia entre la dosis de los ingredientes activos ametrina y el dicamba, 2-4D.

## SUMMARY

The research was carried out on the Cristóbal farm located in Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, this farm belongs to Ingenio Madre Tierra, has a total area of 55.58 ha and the CR 87-339 cane variety is established. It is located at the following geographic coordinates 14.340174 N, -91.037722 O at 374 meters above sea level. The farm has five entrances, four of which are alternatives. The main access is in front of the Camantulul residential complex located 950 meters from the intersection of Santa Lucía Cotzumalguapa.

With the objectives of finding control alternatives in the critical period of weed interference and determining mixtures with less chemical load to comply with the export regulations of the Food and Drug Administration - Food and Drug Administration (FDA) and the Environmental Protection Agency -Environmental Protection Agency- (EPA), a trial of post-emergence herbicide mixtures was established at Finca Cristóbal in ratoon cane 70 days after cutting (dac).

The treatments were organized in a completely randomized block factorial design where six mixtures of herbicides were evaluated with four repetitions where the following molecules were used; Paraquat-Diuron, Hexazinone, Dicamba 2.4D, Pendimethalin and Ametrine. Among the response variables is the control efficiency at 7, 14, 21 and 28 after the application, control days, cost per control day and phytotoxicity through the visual scale of the Latin American Association of Weeds -ALAM-.

The results obtained through an analysis of variance for control efficiency, establish that the T5 treatment (Pendimethalin 3 lt + Ametrine 2 lt + Hexazinone 1.25 lb + Dicamba 2-4D 0.70 lt) was the one that obtained the best result at the time of control. of weeds, being also the one with the greatest days of control and the second most economical treatment.

The analysis of variance carried out in order to confirm possible harmful effects of the herbicides on the crop, established that they did not present levels of phytotoxicity since they did not show any lesion on the foliage of the crop. An economic analysis was carried out where the costs per hectare and costs per control day were determined, where it was concluded that the T5 and T6 treatment have greater control days 27 and 24 respectively and cost less than \$2.60, this due to the difference between the dose of the active ingredients ametrine and dicamba, 2-4D.

## I. INTRODUCCIÓN

La evaluación se realizó en Finca Cristóbal, esta se encuentra localizada en la Zona I del Ingenio Madre Tierra, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. La finca posee un área total de 55.58 ha y se encuentra dividida en dos lotes. Se localiza en las siguientes coordenadas geográficas 14.340174 N, -91.037722 O a 374 msnm. La finca cuenta con cinco entradas las cuales cuatro de ellas son alternativas, el acceso principal se encuentra frente a la residencial Camantulul ubicada a 950 metros de la intersección de Santa Lucía Cotzumalguapa. La investigación se realizó en la variedad de caña CR 87-339 la cual es una variedad de hábito de crecimiento semi-erecto de cierre temprano y de floración temprana.

El control de malezas es de suma importancia en las primeras etapas de crecimiento del cultivo de caña de azúcar, si se realiza fuera de tiempo esto afecta en el rendimiento del cultivo de caña de azúcar. Principalmente se realizan dos aplicaciones de herbicidas para el control de malezas, denominados “primer control” y “segundo control”, la investigación fue dirigida a evaluar las mezclas de herbicidas utilizadas en el segundo control de malezas.

La investigación consistió en la evaluación de seis mezclas de herbicidas para el control de malezas de hoja angosta y malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar, para la evaluación se utilizaron las moléculas; Hexazinone, Dicamba 2-4D, Pendimethalin, Ametrina y Paraquat-Diuron, aplicadas como mezclas para determinar las variables de respuesta; eficiencia del control sobre las malezas, efecto de fitotoxicidad de los herbicidas en el cultivo de caña de azúcar y determinar la cantidad de días control que se obtuvieron con cada uno de las mezclas evaluadas, derivado de esto se determinaron los costos por día control de cada una de las mezclas, para determinar cuál de los tratamientos es el más eficiente en relación al beneficio-costos.

La aplicación de los tratamientos se realizó 70 días después del corte en lo que se conoce como caña soca, en un área con gran infestación de maleza, principalmente de *Rottboellia cochinchinensis* también conocida como caminadora teniendo un porcentaje de 36% de valor de importancia.

## II. MARCO TEÓRICO

### 1. Marco conceptual

#### 1.1 Definición de maleza

Según Subirós (1995, pág. 133), las malezas son plantas que crecen donde no son deseadas, son persistentes, generalmente no tienen valor económico, interfieren con el crecimiento de los cultivos y su recolección, pueden afectar tanto a animales como a humanos.

Desde el punto de vista agronómico, son aquellas plantas que interfieren en el desarrollo normal del cultivo debido a que compiten fundamentalmente por luz, agua y nutrientes, incidiendo de forma adversa en el rendimiento por unidad de área. Dicha competencia se manifiesta cuando el crecimiento del cultivo resulta afectado, si se compara con una condición en la que el cultivo no tiene competencia a partir de otras plantas. Una de las características principales de dicha flora espontánea es la germinación escalonada que presentan, por lo que es común encontrar diferentes estados fenológicos de una misma especie en un período determinado, lo cual hace difícil su manejo y facilita la dispersión y adaptabilidad de dichas especies (De León, 2009, pág. 3).

#### 1.2 Interferencia de malezas en el cultivo

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, por liberar sustancias alelopáticas, hospedar plagas y enfermedades, y sobre todo afectan los rendimientos del cultivo disminuyendo el número de cortes de la plantación. (Patzán Boch, 2015, pág. 41)

### 1.3 Principales malezas en el cultivo de caña de azúcar

Las malezas más importantes de la zona cañera de Guatemala son: coyolillo *Cyperus rotundus*, es la más importante con mayor presencia en los estratos bajos (40-100 msnm) y litoral (menor de 40 msnm) predominando en suelos de textura franco a franco arenosa. (Patzán Boch, 2015, pág. 42)

La caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ocupa el segundo lugar en importancia y es una de las malezas más difíciles de controlar debido a su biología y su alta competencia con la caña y su rápido crecimiento. Las malezas presentes en la agroindustria azucarera no solo afectan en los primeros días de crecimiento del cultivo, si no que algunas como las de la familia Convolvulácea, *Ipomea* y *Merremia*, por su tipo de crecimiento, invaden los tallos de caña al final de su ciclo, y causan problemas al momento de la cosecha con pérdidas en la eficiencia en el corte del cultivo. En los últimos años se ha observado un difícil control de dos especies de malezas presentes en toda la zona cañera: *Momordica charantia* y *Croton lobatus*, y que hasta el momento se desconoce si poseen algún tipo de tolerancia a ciertos herbicidas utilizados en Guatemala, por último, existen algunas gramíneas difíciles de controlar debido a sus sistemas de producción como es el caso de *Sorghum halapense* y *Panicum maximum* (CENGICAÑA, 2012, pág. 133).

La mayor parte de la flora de malas hierbas observada en los cañaverales son: ciperáceas *Cyperus rotundus*, pastos *Cynodon dactylon*, *Sorghum halapense*, *Panicum* spp., *Dactyloctenium*, *Rottboellia cochinchinensis*; malas hierbas de hoja *Chenopodium álbum*, *Amaranthus viridis* L., *Portulaca oleraceae* L., *Commelina bengalensis* L. y *Trianthema portulacastrum* L. (Saucedo, 2015, pág. 16).

#### **1.4 Daño de las malezas en el cultivo**

Según Saucedo (2015, pág. 16), se ha estimado que las malas hierbas o malezas reducen en un 12% a 72% la producción de caña de azúcar, dependiendo de la severidad de la infestación.

Disminución en la población de los tallos molederos, el grosor, la longitud total del tallo y en los entre nudos, variables que tienen un efecto importante sobre la producción de caña y por lo tanto en el rendimiento de sacarosa por unidad de área (Subirós, 1995, pág. 135).

Competitividad en el cultivo por agua, luz y nutrientes. Las malezas están mejor capacitadas que en el cultivo para extraer los elementos del suelo; inclusive pueden consumir hasta el 50% del fertilizante aplicado. Las malezas de crecimiento vigoroso pueden tener necesidades a veces mayores que las del cultivo (Subirós, 1995, pág. 135).

#### **1.5 Control de malezas en el cultivo**

Se ha encontrado que el período crítico de competencia de la caña plantía con las malezas, ocurre entre 20-100 días después de la siembra y para la caña soca entre los 25-90 días después del corte. A partir de los 90-100 días del cultivo, la sombra que proyecta el follaje es suficiente para no permitir el crecimiento de las malezas. El combate de las malezas en el cultivo de la caña debe ser integrado, ya que no existe un método de combate único que proporciones un combate efectivo. Para realizar un manejo integrado se deben considerar los métodos culturales, mecánicos y químicos (CENGICAÑA, 2014, pág. 132).

Un buen manejo cultural de las malezas se logra: empleando la variedad recomendada, usando semilla tratada con calor y de buena calidad, con una buena preparación del terreno, proporcionando la humedad necesaria mediante riego, para un rápido desarrollo del cultivo, plantando en la densidad óptima de siembra

de acuerdo con la variedad y la región, realizando un buen combate de insectos y enfermedades y proporcionando un nivel adecuado de fertilización (Patzán, 2015, pág. 43).

### **1.6 Control mecánico de malezas**

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 60 días después del corte logrando un manejo integral con el control químico (Patzán, 2015, pág. 43).

En caña soca el paso de ferticultivo es a los 45 días después del corte, es decir después de la aplicación preemergente de malezas. Un segundo control mecánico se puede realizar con el cultivo a los 60 días después del corte.

### **1.7 Control químico de malezas**

La gran mayoría de los productos químicos requieren que las malezas estén comenzando su germinación o estén en las etapas iniciales de crecimiento, y que haya suficiente humedad en el suelo, para actuar eficientemente. El producto o productos químicos a utilizar son seleccionados en función de la predominancia de tipos de maleza, bien sea gramíneas, ciperáceas o bien de hoja ancha (Solórzano, 2011, pág. 30).

### **1.7.1 Tipos de herbicidas**

Según Chaves (1986, pág. 2). Los herbicidas se clasifican en:

#### **Pre-emergente**

Se aplican después de la siembra, pero antes de la emergencia o salida de la caña o la mala hierba; el tratamiento puede ser pre-emergente para el cultivo, la mala hierba o ambos.

#### **Post-emergente**

Se emplean después de la salida o emergencia del cultivo, la maleza o ambos se clasifica en post-emergentes temprano y tardío.

#### **Post-emergentes temprano**

Se aplican con malezas de un crecimiento de menos de 10 cm de altura, durante los primeros días del desarrollo.

#### **Post-emergentes tardíos**

Se emplean con malezas en crecimiento vigoroso ya grandes, con alturas de 15, 20 o más centímetros. Con malas hierbas de más de 20 cm es necesario el uso de altas dosis, lo que incrementa los costos y puede afectar el cultivo.

### **1.7.2 Modo de acción de los herbicidas**

Según Chaves (1986, pág. 2), existen varios tipos de herbicidas, según su modo de actuación sobre las malezas:

#### **De contacto**

Deben necesariamente entrar en contacto con las malas hierbas para destruirlas por lo que requieren altos volúmenes de agua; acaban solo con las partes de la planta donde han hecho contacto (áreas); los efectos son drásticos y las malezas tratadas mueren rápidamente.

### **Trasladables o sistémicos**

Se absorben por la raíz o las hojas, a partir de donde se trasladan a otras partes de la planta afectando con su acción tóxica varios procesos metabólicos de la maleza. Su defecto alcanza malezas de tipo perenne como zacates ya que el producto llega a la raíz y afecta rizomas y estolones, lo que no sucede con los herbicidas de contacto.

Chaves (1986, pág. 2) clasifica los productos trasladables o sistémicos como:

#### **Selectivos**

Destruyen las malas hierbas, pero no afectan la caña de azúcar, a la cual le ocasionan poco o ningún daño.

#### **No selectivos**

Mata todo tejido verde que alcance, sin distinción alguna. Debe indicarse que la resistencia o tolerancia de una planta a la acción de un herbicida, nunca es total, sino que deben respetarse los límites que señalen las normas para su empleo. Por ejemplo, un herbicida no selectivo puede convertirse en selectivo si se baja la dosis, o en caso contrario, un producto selectivo puede tener efecto total si se sobrepasa la dosis adecuada para su empleo.

### **1.7.3 Orden de mezcla de los herbicidas**

Según CENGICAÑA (2013, pág. 107) es importante tener en cuenta el orden adecuado, para la incorporación del herbicida, bajo el criterio de agregar al inicio los productos de menor solubilidad y de último los de mayor solubilidad.

Cuando es necesario corregir problemas de dureza de agua y el pH, se debe de aplicar al inicio el corrector de dureza y pH luego los herbicidas,

realizando pre-mezclas en recipientes apartes los herbicidas cuya presentación sean polvos o gránulos.

También se debe de considerar que por último se agregan los acidificantes, adherentes y surfactantes. Cuando un coadyuvante, es también un corrector de pH o dureza, se agrega al inicio de la mezcla. Cuando se tienen productos de la misma formulación, se debe de agregar primero el que va a mezclarse en mayor cantidad.

## **1.8 Herbicidas utilizados en la investigación**

### **1.8.1 Pendimethalin (Pendimetalina)**

**Nombre comercial:** Pendimetalina 50SC

#### **Descripción**

Es un herbicida selectivo, sistémico absorbido por raíces y follaje que se trasloca a los meristemos aéreos y subterráneos. Interrumpe la división y elongación celular (ver en anexos, figura 13).

#### **Modo de acción**

Se absorbe por raíces, tallos y hojas. Interrumpe la división celular en meristemas de tallo y raíz de plantas susceptibles al germinar o emerger del suelo.

#### **Estabilidad**

Estable en almacenamiento, en medios ácidos y básicos. Lentamente descompuesto por la luz. DT50 en el agua <21 d. Usos: control preemergente, postrasplante o postemergente temprano selectivo de gramíneas y malezas de hoja ancha anuales en algodón, arroz, cebolla, frutales, maíz, sorgo y tomate. (Manual de Plaguicidas de Centroamérica, 2019, pág. 1)

### 1.8.2 Hexazinona (Hexacto)

**Nombre comercial:** Hexacto 75WP

#### **Descripción**

Es un herbicida sistémico y de contacto, absorbido por hojas y raíces que se trasloca acropetalmente. Inhibe la fotosíntesis y es altamente efectivo para el control de maleza (ver en anexos, figura 14).

#### **Modo de acción**

Sistémico, no selectivo, contacto.

#### **Compatibilidad y Fitotoxicidad**

No es fitotóxico utilizado en las dosis y en el cultivo recomendado en el panfleto (La dosis recomendada es de: 1.0 kg / Ha, es decir, de 750 gramos de ingrediente activo (Hexazinona) por cada hectárea a tratar). Es compatible con la mayoría de los herbicidas de uso común en caña de azúcar. (Calosa, 2019, pág. 1)

### 1.8.3 Paraquat-Diuron (Angluron)

**Nombre comercial:** Angluron 30 SL

#### **Descripción**

Es un herbicida postemergente de contacto, no selectivo para el control de malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas. Actúa por contacto sobre las partes verdes de la maleza (ver en anexos, figura 15).

#### **Modo de acción**

Es absorbido por el follaje de las malezas de hojas anchas y gramíneas. Después de pocas horas de haberse asperjado, se aprecia un amarillamiento. Se inactiva rápidamente en el suelo, adhiriéndose fuertemente a las arcillas.

#### **Mecanismo de acción**

Actúa en el cloroplasto, oxidándolo, produciendo necrosado en el tejido vegetal. Desintegra membranas y tejidos de las células. Actúa en el sistema de membranas de la fotosíntesis, denominado Fotosistema I.

**Fitotoxicidad**

Angluron 30 SL por ser un herbicida de contacto no selectivo, es fitotóxico si no se utiliza solamente en las especies sujetas a control. (AgroCentro, 2019, pág. 1)

**1.8.4 2,4-D, Dicamba (Dimaster)**

**Nombre comercial:** Dimaster 46.5 SL

**Descripción**

Es un herbicida postemergente, sistémico, selectivo y de tipo regulador del crecimiento que controla malezas anuales, bianuales, de hojas anchas y ciperáceas (ver en anexos, figura 16).

**Modo de acción**

Se absorbe a través de las hojas y raíces, es traslocado a los meristemos de las plantas provocando crecimiento incontrolado e insostenible que provoca el enrollamiento de la hoja y la posterior muerte de la planta.

**Fitotoxicidad**

No es fitotóxico para los cultivos en las dosis recomendadas

**1.8.5 Ametrina (Ametrina)**

**Nombre comercial:** Ametrina 50 SC

**Descripción**

Es un herbicida sistémico y selectivo, que se usa para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas (ver en anexos, figura 17).

**Modo de acción**

Es absorbido a través de las hojas las raíces, traslocados acropetalmente, se acumula en los meristemos apicales inhibiendo la fotosíntesis y otros procesos enzimáticos. (Foragro, 2019, pág. 1)

## 1.9 Otros productos

### 1.9.1 Aceite de Soja

**Nombre comercial:** Carrier 82.77 EC

Es un aceite vegetal derivado del proceso del grano de soya. Se usa un 82.77 % de este aceite y el resto es material inerte y solventes que se usan para darle las propiedades que este producto presenta para la protección de agroquímicos en general (ver en anexos, figura 18).

Algunas propiedades del Carrier son:

#### **Adherente**

Esta propiedad del Carrier hace que el agroquímico pueda adherirse a la superficie en donde se aplicó. Esta superficie puede ser la hoja de la planta y/o el suelo en el caso de los herbicidas.

#### **Surfactante**

Con esta propiedad el Carrier rompe la tensión superficial del agua dando, como consecuencia de ello, una gota pequeña que permite una mayor área de cobertura y, por lo tanto, habrá un mayor efecto del agroquímico aplicado. Romper la tensión superficial del agua quiere decir que una gota de agua normal, la divide en muchas pequeñas gotitas que hacen que el agroquímico tenga mayor área de cobertura.

#### **Penetrante**

Les da más penetración a los agroquímicos, llegando a lugares que sin su uso no sería posible alcanzar. Por ejemplo, si la chinche salivosa está afectando un pastizal, Carrier puede hacer que el agroquímico llegue hasta donde la chinche se oculta o se defiende de la acción del producto aplicado.

**Antideriva**

Evita que el viento se lleve el agroquímico y lo deposite en lugares no deseados. Por ejemplo, en un cultivar de frijol se usa un graminicida para el control de zacates. Si hay viento éste puede llevarse el herbicida y depositarlo en el cultivar del frijol y con esto, por ser un graminicida lo que se aplica, el cultivo del frijol se vería afectado.

**Antiespumante**

Es un producto que no hace espuma al usarlo.

**1.9.2 Pentamins**

Pentamins es un corrector de dureza y pH del agua se encarga de neutralizar las sales causantes de la dureza, reduce de esta manera el riesgo de reacción con los agroquímicos que se utilizan y facilita con esto el tener la mayor efectividad.

**1.10 Escala European Weeds Research Society (EWRS)**

La eficacia del control sobre las malezas se determinó por medio de la escala EWRS, como se observa en el cuadro uno.

**Cuadro 1. Eficacia de control de malezas.**

% control	
<50	Deficiente
51 - 69	Bajo
70 - 84	Bueno
85 - 94	Muy bueno
>95	Excelente

Fuente: European Weeds Research Society (2012).

## 1.11 Cultivo de caña de azúcar *S. officinarum* L.

### 1.11.1 Botánica sistemática de *S. officinarum* L.

La clasificación del cultivo de caña se presenta a continuación:

**Cuadro 2. Botánica sistemática del cultivo de caña de azúcar.**

<b>Clase</b>	<b>Equisetopsida</b>
<b>Subclase</b>	Magnoliidae
<b>Superorden</b>	Liliane
<b>Orden</b>	Poales
<b>Genero</b>	<i>Saccharum</i>
<b>Especie</b>	<i>S. officinarum</i>

Fuente: Tropicos, (2019, pág. 1).

#### 1.11.1.1 Tallo

El tallo es el órgano más importante de la planta de la caña, ya que en él se almacenan los azúcares. La caña de azúcar forma cepas constituidas por la aglomeración de los tallos, que se originan de las yemas del material vegetativo de siembra y de las yemas de los nuevos brotes subterráneos. El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento del tallo dependen principalmente de las variedades. El tamaño o longitud de los tallos depende, en gran parte, de las condiciones agroecológicas de la zona donde crece y del manejo que se le brinde a la variedad. El tallo se denomina primario, secundario, terciario, etc., si se origina de las yemas del material vegetativo original, del tallo primario, o de los tallos secundarios, respectivamente.

Existen variedades en las cuales el desarrollo vegetativo no es uniforme y presentan una alta frecuencia de tallos con edades muy diferentes. También ocurre, a veces, que cuando estos alcanzan un

avanzado desarrollo brotan numerosos tallos débiles que no tienen valor para la producción (CENICAÑA, 1995, pág. 44).

#### **1.11.1.2 Raíz**

Las partes estructurales internas de la raíz de la caña de azúcar son la epidermis, la corteza y el tejido vascular.

La epidermis está formada por grupos de células con paredes muy delgadas, a partir de las cuales se originan los pelos absorbentes. La corteza está comprendida entre la epidermis y el tejido vascular y consiste en capas de células que se desintegran a medida que la raíz crece. El tejido vascular se distribuye internamente en forma radial en grupos alternos de células del xilema y el floema, protegidas por un tejido fibroso.

En el extremo de la raíz se encuentra el punto de crecimiento protegido por la cofia, que le permite penetrar las partículas del suelo. (CENICAÑA, 1995, pág. 43)

#### **1.11.1.3 Hoja**

Las hojas de la caña de azúcar se originan en los nudos y se distribuyen en posiciones alternas a lo largo del tallo a medida que éste crece. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina o yagua. La unión entre estas dos partes se denomina lígula y en cada extremo de ésta existe una aurícula con pubescencia variable. La forma y el color de la lígula, así como la forma de la aurícula, son características importantes en la diferenciación de las variedades de la caña de azúcar.

Lámina foliar es la parte más importante para el proceso de la fotosíntesis, y su disposición en la planta difiere con las variedades, siendo las más comunes la pendulosa y la erecta. La disposición de la lámina no determina los rendimientos en sacarosa ni la producción de caña; por lo tanto, es posible encontrar variedades con altos o bajos rendimientos que tienen distintas formas de disposición de las hojas en cualquier densidad de siembra.

La lámina foliar tiene una nervadura central que la recorre en toda su longitud, y paralela a ella se encuentran las nervaduras secundarias. Los bordes presentan prominencias continuas en forma aserrada, cuyo número y longitud cambian con las variedades. (CENICAÑA, 1995, pág. 40)

#### **1.11.1.4 Inflorescencia**

La caña de azúcar presenta dos fases de desarrollo. La vegetativa, originada por la división celular en los puntos de crecimiento; y la reproductiva o de floración, que es una continuación de la anterior, y ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperíodo, temperatura, disponibilidad de agua y nivel de nutrimentos en el suelo son favorables.

La inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula sedosa en forma de espiga. Está constituida por un eje principal con articulaciones en las cuales se insertan las espiguillas, una frente de la otra; éstas contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas. Cada flor está rodeada de pubescencias largas que le dan a la inflorescencia un aspecto sedoso. En cada ovario hay un óvulo el cual, una vez fertilizado, da origen al fruto o cariósido. Por lo tanto, lo que comúnmente se conoce como semilla es una cariósido. El fruto es de forma ovalada de 0.5 mm de ancho y 1.5 mm de largo, aproximadamente. (CENICAÑA, 1995, pág. 42)

### 1.12 **Características de la variedad “CR-87339”**

La variedad utilizada en el desarrollo de la investigación es procedente del Programa de Mejoramiento Genético de la República Dominicana (Progenitores: BR70xPC). Esta variedad tiene muy buena apariencia, de hábito de crecimiento semi-erecto, de cierre temprano, buen macollamiento y de floración temprana, tiende a acamarse y deshoja con mucha facilidad. Susceptible a roya (*Puccinia melanocephala*) y a la mancha roja de la vaina *Mycovellosiela vaginae*, lo que le confiere un color rojizo a la vaina de la hoja. Es moderadamente resistente al carbón *Ustilago scitaminea* y no ha mostrado susceptibilidad al virus del mosaico de la caña de azúcar. Susceptible al ataque de los taladradores. Registra altos tonelajes de caña por unidad de superficie, lo que ha estimulado el incremento significativo de su superficie cultivada. (Zerega, Luis 2018, pág. 1).

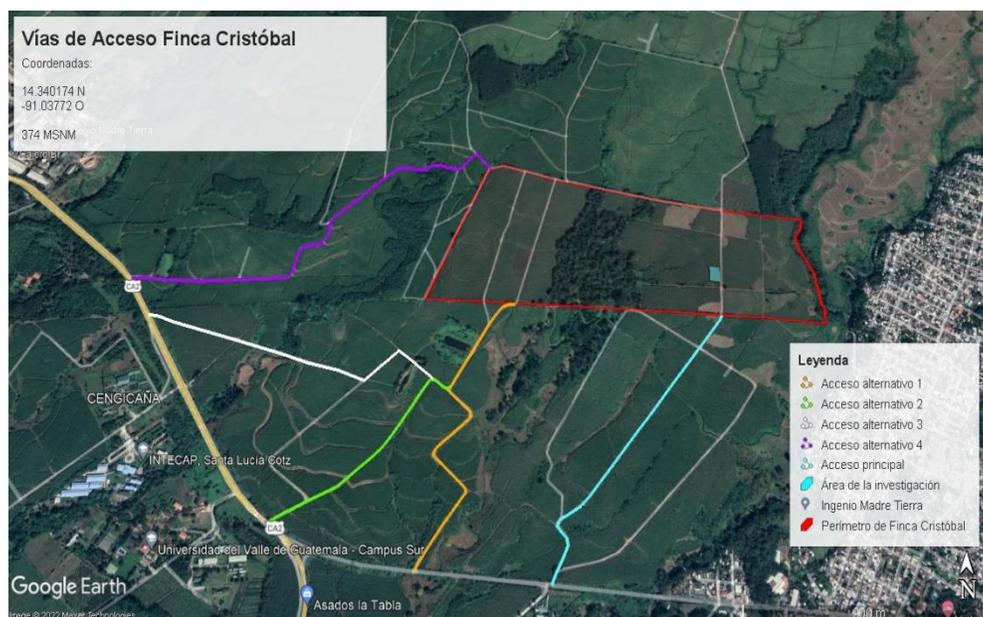
## 2. Marco referencial

### 2.1 Localización y ubicación geográfica de la finca Cristóbal

Finca Cristóbal está localizada en la Zona I, Ingenio Madre Tierra, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla en las coordenadas 14.340174 N, -91.037722 O, a una altura de 374 msnm, la investigación de campo se realizó en el lote 0160201 de Finca Cristóbal el cual posee un área total de 27.91 ha, el área que ocupó el experimento dentro del lote fue de 0.43 ha (ver figura 1).

### 2.2 Vías de acceso a la finca

La finca cuenta con cinco entradas las cuales cuatro de ellas son alternativas y tres se encuentran junto a la carretera CA-2, estas entradas se encuentran al norte entre el INTECAP de Santa Lucía Cotzumalguapa y el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña (CENGICANA), el acceso principal se encuentra frente a la residencial Camantulul ubicada a 950 metros de la intersección de Santa Lucía Cotzumalguapa como se puede observar a continuación:



**Figura 1. Mapa de ubicación y vías de acceso de Finca Cristóbal.**

Fuente: Google Earth, (2020).

La finca posee un área total de 55.58 ha y se encuentra dividida en dos lotes, el área de cada uno de los lotes se describe:

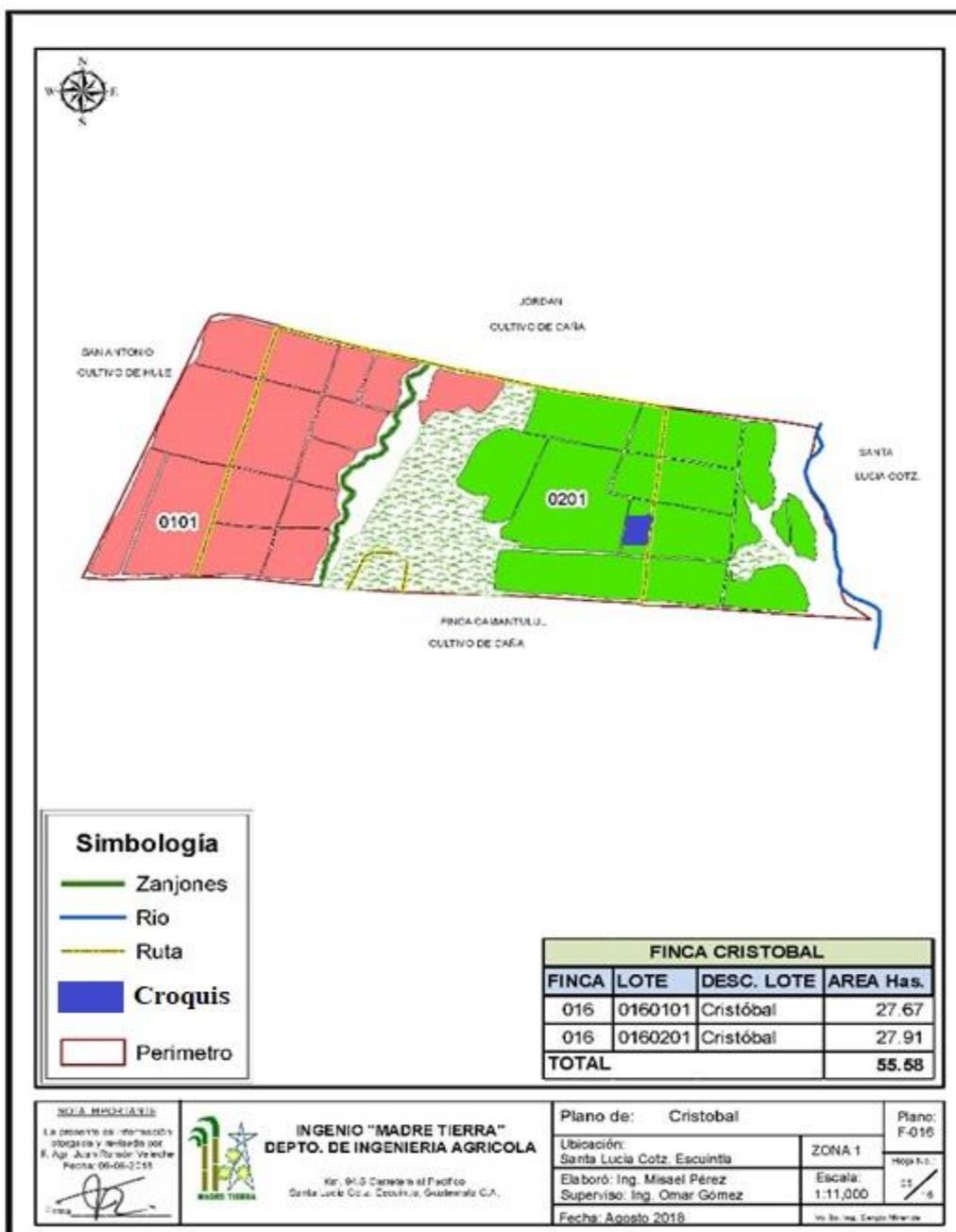
**Cuadro 3. Descripción de los lotes de Finca Cristóbal.**

<b>Finca Cristóbal</b>			
<b>Finca</b>	<b>Lote</b>	<b>Desc. Lote</b>	<b>Área Ha</b>
016	0160101	Cristóbal	27.67
016	0160201	Cristóbal	27.91
<b>Total</b>			<b>55.58</b>

Fuente: Maestro de lotes zafra 2018-2019, Ingenio Madre Tierra, (2018).

### 2.3 Mapa de Finca Cristóbal

Se presenta el mapa de Finca Cristóbal, en él se observa los diferentes lotes y la distribución de cada uno de ellos.



**Figura 2. Mapa de Finca Cristóbal y ubicación del experimento, Santa Lucía Cotz., Escuintla.**

Fuente: Maestro de lotes Depto., Ingenio Madre Tierra, (2018).

## **2.4 Tipo de suelo**

Según el mapa de texturas de la zona cañera de Guatemala de Cengicaña (2006) la textura con la que cuenta Finca Cristóbal es franco arenoso.

Los suelos son de orden andisoles, originados de cenizas volcánicas, cementadas de color claro, relieve ligeramente plano, drenaje interno moderado, café oscuro. La capacidad del suelo es tipo II, pertenece al periodo de los aluviones cuaternarios y es de la serie de suelos de Paxinamá.

## **2.5 Zona de vida y clima**

Según el mapa de zonas de Holdridge (1978) de la república de Guatemala Finca Cristóbal se encuentra en la zona de vida bmh-H(c) Bosque muy húmedo Subtropical (cálido). Tiene una temperatura máxima anual de 31.49 °C, una temperatura media anual de 24.84 °C y una temperatura mínima anual de 19.8 °C. La precipitación media anual es de 3577.77 mm.

## **2.6 Tipo de agua utilizada**

El agua utilizada para la evaluación fue tomada de un arroyo cercano a Finca Cristóbal, según el reporte de medición de durezas y pH en fuente para aplicaciones agrícolas el agua utilizada posee 105 ppm lo cual la clasifica en agua moderadamente dura ( $\leq 120$  ppm) y pH de 6.57 para evitar alguna interacción entre el agua utilizada y los productos utilizados se utilizó un gramo de corrector de dureza y pH Pentamins.

## **2.7 Investigaciones relacionadas a la investigación realizada**

Se han realizado distintas investigaciones en zona I, una de las cuales destaca es la realizada por Saucedo, E. (2015) quien evaluó la efectividad de opciones químicas para el control de malezas en la segunda aplicación en el cultivo de caña de azúcar en Finca Camantulul de zona I de Ingenio Madre Tierra.

La evaluación se realizó con 11 tratamientos y 3 repeticiones, el ensayo se distribuyó en un diseño bloques al azar, en el cual se evaluaron las siguientes moléculas: Diuron, Terbutrina, 2,4D, Paraquat-Diuron, MSMA, Ametrina y Glufosinato.

Los tratamientos que mostraron un mejor resultado según las conclusiones obtenidas en base a los días de control de las mezclas fueron las mezclas que poseían las moléculas de Diuron, Paraquat-Diuron, 2,4-D y Glufosinato, Terbutrina con un porcentaje de control > al 80%, alcanzando los 45 días de control requerido para un segundo control químico comparados con el testigo control manual con un control del 100%.

Otra investigación realizada en la región por Cojulun, V. (2015) consistente en la evaluación de cinco mezclas de herbicidas preemergentes para el control de *Cyperus rotundus* y *Rottboellia cochinchinensis*, que se realizó en un área de renovación de la plantación de caña de azúcar en Finca La Flora de la empresa Inversiones Agrícolas Febrero (INAFEB), ubicada en el municipio de Tiquisate, del departamento de Escuintla, realizando un diseño experimental completamente al azar, utilizando cuatro repeticiones; con unidades experimentales de 10 surcos de 10 metros de largo cada una con un borde de 1 surco, con un área de 150 m<sup>2</sup> para cada repetición. Las moléculas evaluadas fueron: Imazapik, Pendimentalina, 2,4-D, Acetochlor, Ametrina y Terbutrina.

En la evaluación se determinó que existen diferencias significativas en el control preemergente de los 5 tratamientos, pese a proporcionar todos los tratamientos 53 días control; siendo el testigo comercial con un costo día control de Q6.60 y una cobertura de malezas al final del ensayo de 9.5% el mejor tratamiento, sin embargo, esta cobertura es alrededor de 80% más que los cuatro tratamientos con la molécula de Imazapik, y un 50% menor control preemergente de *Cyperus rotundus*, por lo cual debido a la naturaleza de la investigación, se recomienda la

implementación del tratamiento 3 que con un costo día control de Q8.95 que es la mejor opción para el control preemergente de las malezas caminadora y coyolillo.

CE, Allan (2015) realizó en el ingenio Pantaleón una investigación de moléculas de herbicida como resultado de la problemática con la futura restricción del 2,4-D a nivel mundial, por lo tanto este sirvió de base para plantearla, en la cual se evaluaron diferentes moléculas de herbicidas, Las aplicaciones químicas utilizadas por el Ingenio Pantaleón para el manejo de malezas de hoja ancha incluye en la mezcla el herbicida 2,4-D, herbicida que por restricciones tiende a desaparecer. Por esta razón se justifica la realización de la investigación, que tenga como fin el poder encontrar una alternativa que pueda sustituir al 2,4-D, o en su efecto sea similar en el manejo de malezas de hoja ancha; dicha molécula no debe tener problemas con la residualidad y así evitar problemas de certificación.

Se evaluaron eficiencias en el manejo de malezas de hoja ancha con las moléculas Saflufenazil, Metsulfuron Metil, Carfenrazone Ethil, Picloram 8% + Fluroxipir 8% se utilizó para ello el diseño de bloques al azar con 9 Tratamientos y 3 repeticiones, cada unidad experimental fue de 112.5 m<sup>2</sup>, el área total del experimento fue de 3,037.50 m<sup>2</sup>. La molécula más efectiva para el control de maleza dicotiledónea en el cultivo de caña de azúcar fue Saflufenazil, a una dosis de 35 gr/ha, con mezcla comercial, teniendo 30 días control y un menor costo

### III. OBJETIVOS

#### 1. Objetivo general

Evaluar seis mezclas de herbicidas para el control de malezas de hoja angosta y malezas de hoja ancha en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L., Poaceae, en Finca Cristóbal, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

#### 2. Objetivos específicos

2.1 Determinar el porcentaje de control sobre las malezas de las diferentes mezclas de herbicida evaluadas como tratamientos en la investigación.

2.2 Determinar los días de control para cada mezcla de herbicida (tratamientos) utilizando el modelo de regresión polinomial.

2.3 Determinar el efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar.

2.4 Determinar el efecto de los tratamientos sobre los costos de producción (días control y costo total de los tratamientos).

## IV. HIPÓTESIS

### Hipótesis nulas

**Ho1:** Todas las mezclas de herbicidas evaluadas producirán el mismo efecto sobre la variable de respuesta porcentaje de control sobre las malezas.

**Ho2:** Todas las mezclas de herbicidas evaluadas producirán el mismo efecto sobre la variable de respuesta días control de malezas.

**Ho3:** Todas las mezclas de herbicidas evaluadas tendrán el mismo efecto sobre la variable días control.

### Hipótesis alternativas

**Ha1:** Al menos una de las mezclas de herbicidas evaluadas producirá un efecto diferente sobre la variable de respuesta porcentaje de control sobre las malezas.

**Ha2:** Por lo menos una de las mezclas de herbicidas evaluadas producirá un efecto distinto sobre la variable de respuesta días control de malezas.

**Ha3:** Por lo menos una de las mezclas de herbicidas evaluadas tendrá un efecto diferente sobre la variable días control.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Porcentaje de control sobre las malezas de las diferentes mezclas de herbicida evaluadas

#### 1.1 Metodología

El material experimental utilizado fue el cultivo de caña de azúcar, la variedad establecida era la CR-87339, la cual tiene muy buena apariencia, de hábito de crecimiento semi-erecto, de cierre temprano, buen macollamiento y de floración temprana, tiende a acamarse y deshoja con mucha facilidad.

La evaluación de las mezclas de herbicidas (tratamientos) se realizó en un área con una alta densidad de malezas, ideal para ejecutar la investigación. Los resultados se tomaron en un intervalo de 7 días, haciendo un total de cuatro lecturas después de la lectura inicial; cabe mencionar y aclarar que las lecturas se habían programado hasta los 60 días después de la aplicación de los tratamientos, sin embargo, debido a la densidad y altura de la maleza presente no fue posible llegar al punto

#### 1.2 Variables de estudio

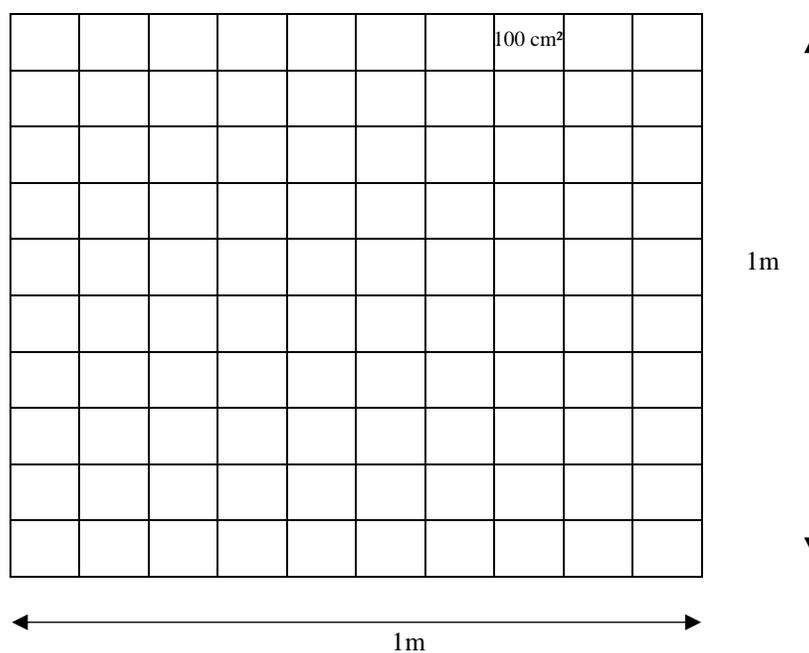
##### 1.2.1 Porcentaje de cobertura de malezas

Esta variable se determinó con base a un área determinada (1 m<sup>2</sup>), dentro de la unidad experimental, que estuvo ocupada por la totalidad de especies de malezas presentes, la que permite estimar exactamente la eficacia de control del tratamiento herbicida sobre la totalidad de especies presentes.

Para calcular esta variable se estimó el porcentaje de cobertura de malezas presentes en los tratamientos, utilizando el método del relevé del metro cuadrado (m<sup>2</sup>) que consiste en colocar un marco de madera de 1 metro por lado con 100 divisiones de 100 cm<sup>2</sup> cada uno tal y como se muestra en el cuadro seis, debido a que este método es utilizado en gran escala ya que su practicidad supera sus limitaciones, cada cuadro representa un 1% de cobertura de malezas, si se encuentra maleza presente dentro de este

cuadro y se fueron sumando hasta cuantificar el porcentaje total de malezas presentes. (ver cuadros 20 y 21, en Anexos)

**Cuadro 4. Escala del método del metro cuadrado para la determinación del valor de importancia de las malezas.**



En la siguiente figura se puede observar la aplicación del método del metro cuadrado utilizado en campo para determinar el porcentaje de cobertura y la densidad de malezas presente en el cultivo.



**Figura 3. Método del metro cuadrado.**

Con base al porcentaje de cobertura se evaluó la eficacia del control de malezas. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula para el análisis de la información:

$$\text{Eficacia \%} = 1 - \left( \frac{\% \text{ cobertura de plantas final}}{\% \text{ cobertura de plantas inicial}} \right) * 100$$

La eficacia del control sobre las malezas se determinó por medio de la escala propuesta por la European Weeds Research Society (EWRS), que a continuación se presenta:

**Cuadro 5. Eficacia de control de malezas.**

% control	
<50	Deficiente
51 - 69	Bajo
70 - 84	Bueno
85 - 94	Muy bueno
>95	Excelente

Fuente: European Weeds Research Society (2012).

### 1.3 Análisis de la información

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por cada tratamiento evaluado.

## **2. Días de control para cada mezcla de herbicida utilizando el modelo de regresión polinomial**

### **2.1 Metodología**

Para el cálculo de los días control se utilizaron medias de % de cobertura para cada una de las malezas de herbicidas según la época de muestreo. Se utilizó una regresión polinómica donde, en el eje "X" se ingresaron las épocas de muestreo y para el eje "Y" los porcentajes de cobertura, luego se obtuvo una ecuación de cada tratamiento evaluado para calcular los días control.

### **2.2 Variables de estudio**

#### **2.2.1 Días de control de los tratamientos evaluados**

Los días de control son aquellos que indican el tiempo en días que fue efectivo el control de las malezas, en este caso la efectividad de control de cada una de las mezclas de herbicidas (tratamientos) evaluados.

### **2.3 Análisis de la información**

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por cada tratamiento evaluado.

### 3. Efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar

#### 3.1 Metodología

Esta variable permitió determinar si las mezclas ocasionaron daños al cultivo de caña de azúcar. Se midió con apoyo de una escala visual a los 7,14, 21 y 28 días después de la aplicación (dda) de acuerdo a la escala de medición visual de la Asociación Latino Americana de Malezas propuesta en 1974 (ALAM) la cual se presenta a continuación:

**Cuadro 6. Escala de fitotoxicidad de herbicidas.**

Índice (%)	Denominación/descripción del daño
0-1	De ningún a muy poco daño, o igual al testigo limpio
1-2	Ligero Daño: Se observa clorosis o cierto retraso en el desarrollo
2-3	Daño Moderado: Clorosis generalizada y retraso en el desarrollo. El cultivo se recupera con ligero efecto negativo sobre el rendimiento.
3-4	Daño Severo: Muerte de la planta, con significativa reducción del rendimiento.
4-5	Daño muy Severo: no tolerable con significativa reducción del rendimiento.
5-7	Daño Grave: Muerte de la planta.
7-10	Daño muy Grave: muerte de plantas que puede ocasionar la destrucción total del cultivo.

Fuente: ALAM (2008).

#### 3.2 Variables de estudio

##### 3.2.1 Fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar

La variable a estudiar fue el efecto de fitotoxicidad que es el efecto toxico producido por un compuesto químico, para este caso son los diferentes tratamientos de herbicidas evaluados durante la investigación.

### 3.3 Análisis de la información

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por cada tratamiento evaluado.

## 4. Efecto de los tratamientos sobre los costos de producción

### 4.1 Metodología

Los costos por día control se establecen con el propósito de determinar la relación entre los días controlados de malezas de cada tratamiento con su costo según la dosis utilizada, esta variable se obtiene con la siguiente formula:

$$CDC = \sum \frac{[Cuh (\$)] * Dha}{Dc}$$

Dónde:

CDC = Costo Día Control

Cuh = Sumatoria en \$ de los costos unitarios de los herbicidas

Dha = Dosis por hectárea

Dc = Días control

### 4.2 Variables de estudio

#### 4.2.1 Costo por día control

El costo por día control es la variable que indica el costo de cada uno de los tratamientos respecto a los días de control de maleza que ofrece cada uno, esta variable es de gran importancia al momento de elegir un método de control ya que los costos están implícitamente relacionados con los costos de producción del cultivo los cuales se tratan de mantener lo más bajos posible.

### 4.3 Análisis de la información

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos por cada tratamiento evaluado.

## 5. Metodología general de la investigación

### 5.1 Análisis estadístico

#### 5.1.1 Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, con 15 grados de libertad (GL).

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

Donde:

GL= grados de libertad

t = tratamientos

r = repeticiones

$$GL = (6-1) (4-1)$$

$$GL = 15$$

#### 5.1.2 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ij}$  = valor de la variable de respuesta observada o media en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

$\mu$  = efecto de la media general de la variable de respuesta.  $\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque o repetición.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a ij-ésima unidad experimental.

### **5.1.3 Unidad experimental**

El tamaño de la unidad experimental para la parcela bruta es de 180 m<sup>2</sup>, 6 surcos distanciados a 1.5 metros y 20 metros de longitud, se dejó un surco a cada lado y dos metros de cabecera, la parcela neta fue de 4 surcos localizados al centro y 16 metros de longitud, esto se realiza con la finalidad de contrarrestar el efecto de bordes y cabeceras haciendo la parcela neta de 95 m<sup>2</sup>, el área total en la cual se realizó el experimento es de 0.432 ha (4320 m<sup>2</sup>).

### 5.1.4 Tratamientos y dosis evaluadas

Se describen los tratamientos evaluados:

**Cuadro 7. Descripción de los tratamientos y dosis evaluadas.**

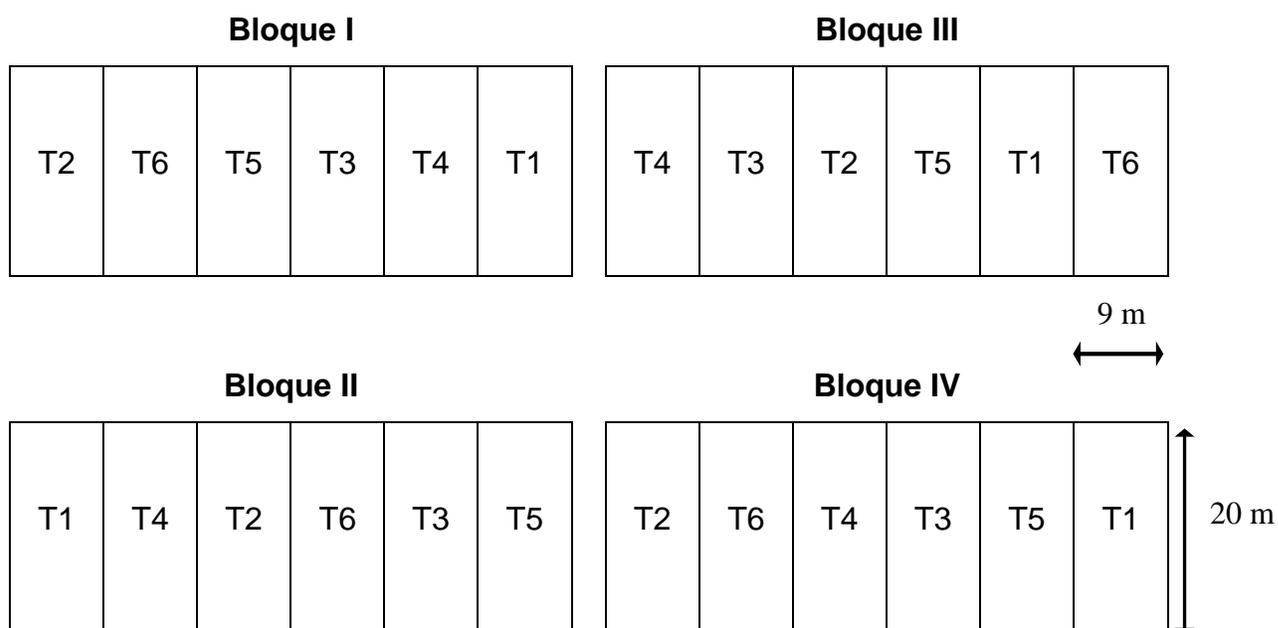
Trat.	I.A.	Nombre comercial	Dosis l/ha
1	Paraquat-Diuron + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Angluron 30 SL + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	1 L + 1.29 Lb + 0.70 L
2	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Pendimetalina 50 EC + Ametrina 50 SC + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	3 L+ 2 L + 0.50 Lb + 0.70 L
3	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Pendimetalina 50 EC + Ametrina 50 SC + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	3 L+ 2 L + 0.75 Lb + 0.70 L
4	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Pendimetalina 50 EC + Ametrina 50 SC + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	3 L+ 2 L + 1 Lb + 0.70 L
5	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Pendimetalina 50 EC + Ametrina 50 SC + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	3 L+ 2 L + 1.25 Lb + 0.70 L
6	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	Pendimetalina 50 EC + Ametrina 50 SC + Hexacto 75 WP + Dimaster 46.5 SL	3 L+ 1 L + 0.59 Lb + 0.75 L <b>(Testigo)</b>

Los herbicidas evaluados tienen un modo de acción post-emergente por lo tanto están dirigidos y enfocados a malezas ya emergidas con un tamaño no mayor a 0.2 m. Sin embargo, el área asignada para realizar el ensayo de campo se encontraban malezas que superaban los 0.35 m, por lo tanto, fue de interés del Depto. de Malezas y Herbicidas evaluar las mezclas descritas en el cuadro cuatro bajo las condiciones de la finca Cristóbal.

### 5.1.5 Croquis de campo del experimento y aleatorización de los tratamientos

En el croquis del experimento de campo se detalla la distribución de los tratamientos en campo y su aleatorización, tal y como se presenta en el cuadro:

**Cuadro 8. Croquis del experimento en campo con los tratamientos evaluados y su aleatorización.**



## **5.2 Análisis económico**

Se realizó el análisis económico con base a los costos de los productos, costos de mano de obra y costos de maquinaria (depreciación), los costos se realizaron para una hectárea.

## **5.3 Manejo del experimento**

### **5.3.1 Delimitación de los tratamientos evaluados**

Se realizó con estacas de bambú, se dejó una estaca en cada una de las esquinas que conforman los tratamientos y se colocó una al frente del tratamiento con su debida identificación.

### **5.3.2 Equipo de aplicación**

El equipo de aplicación fueron bombas de mochila marca Matabi con capacidad de 16 litros, con boquillas TQ 15008 (ver en anexos, figura 19), se utilizaron instrumentos de medición como probetas para calcular la cantidad de producto con mayor precisión, también cubetas con capacidad de 20 litros para realizar las pre-mezclas y mezclas de los herbicidas utilizados.

### **5.3.3 Calibración del equipo y personal de aplicación**

La calibración de la bomba de mochila o de espalda consiste en ajustar el instrumento de medida a fin de tener la precisión deseada. Estimar el volumen adecuado del producto a descargar para un efectivo control químico de malezas, mismo que depende de la cantidad exacta de herbicida por unidad de superficie.

- Se determinó la descarga de la boquilla según su nomenclatura accionando la descarga por un minuto en una probeta graduada, si el

caudal de la boquilla es menor o mayor al especificado en un 10% se recomienda cambiarla.

- Se delimitó un área de 20 metros por 1.5 metros, lo cual equivale a 30 m<sup>2</sup>.
- Se determinó la velocidad constante del aplicador, para eso el aplicador recorrió un tramo de 50 m y se midió el tiempo en el cual realizaba el trayecto. Para obtener la velocidad de aplicación se dividió el largo del recorrido entre el tiempo promedio del recorrido.

$$\text{Velocidad de aplicación} = \frac{\text{Distancia recorrida (m)}}{\text{Tiempo promedio (minutos)}}$$

- Se llenó la bomba con un volumen conocido.
- Volumen inicial (VI), 2 litros.
- Se accionó la bomba a una presión y velocidad constante, y se aplicó el agua sobre el área seleccionada a un paso normal de trabajo.
- Luego de aplicar en el área marcada, se midió la cantidad de agua sobrante en la bomba de mochila con una probeta.
- Este dato se anotó en la libreta para realizar los cálculos correspondientes.
- Se repitieron los pasos anteriores tres veces más y se procedió a calcular el promedio de volumen aplicado con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen Aplicado} = \text{Volumen Inicial} - \text{Volumen Final}$$

$$VA = VI - VF$$

$$VA = 2 \text{ lts} - 1.27 \text{ lts}$$

$$VA = 0.73 \text{ lts}$$

- Se determinó el consumo de agua por hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Volumen}}{\text{ha}} = \frac{10,000 \text{ m}^2 * VA (0.73\text{lt})}{AC (30\text{m}^2)}$$

$$\frac{\text{Volumen}}{\text{ha}} = 243.33 \text{ lts}$$

- El volumen por hectárea no sobrepasó el volumen deseado (250 litros) por lo tanto se concluyó que el equipo está correctamente calibrado.
- En la figura se puede observar el momento en el cual se calibra la descarga de la boquilla.



**Figura 4. Calibración del equipo de aplicación previo al momento de aplicar los tratamientos evaluados.**

#### **5.3.4 Preparación de las mezclas de herbicidas evaluados**

Fueron preparadas según las dosis establecidas para cada tratamiento, para los productos en forma líquida se midieron por medio de probetas plásticas de 1 lt y para los productos en forma de sólidos (polvos) se utilizó una balanza semianalítica, ambos equipos de mediciones se utilizaron para calcular la dosis exacta de los herbicidas. Para todas las mezclas se utilizó adherente y un corrector de pH a dosis de 1 gramo por litro de agua utilizado, el corrector de pH se agregó primero al agua. Se hizo una premezcla para los productos en forma de sólidos, para finalmente ser agregado con los productos líquidos, por último, se agregó el adherente.

### 5.3.5 Aplicación de los tratamientos evaluados

Se realizó 70 días después del corte, fue una aplicación única y se realizó un muestreo con la finalidad de cuantificar e identificar las malezas de mayor importancia.

El personal que tuvo contacto con los herbicidas se les proporcionó todo el equipo de protección personal (EPPs) con el objetivo que se evitara intoxicaciones por inhalación o contacto del mismo, luego se le impartió una inducción al personal para explicarles cada uno de los pasos y recomendaciones para la ejecución del ensayo.

En la figura se puede observar a uno de los aplicadores realizando la ejecución de la aplicación de los tratamientos evaluados.



**Figura 5. Aplicación de los diferentes tratamientos evaluados con bomba de mochila.**

### 5.3.6 Condiciones ambientales para la aplicación de los tratamientos

Para realizar la aplicación de los herbicidas se tomaron en cuenta los factores como el viento, este no debe soplar fuerte para evitar la pérdida de la dosis por arrastre del viento (deriva), horario de aplicación, la aplicación se realizó en horas de la mañana de 6:30 am a 8:30 am. Se utilizó un volumen de 250 litros de agua por hectárea y con base a este volumen se calcularon la dosis de cada uno de los productos según el área de cada

parcela bruta. La altura a la cual trabajó el aplicador fue de 0.7 metros de altura de la lanza.

En la figura se puede observar el regulador de presión que se utilizó para reducir la variabilidad de los tratamientos por efecto de la presión de la bomba.



**Figura 6. Regulador de presión utilizado para evitar variabilidad por presión.**

## VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 1. Determinación del porcentaje de control sobre las malezas de las diferentes mezclas de herbicidas evaluadas como tratamientos en la investigación

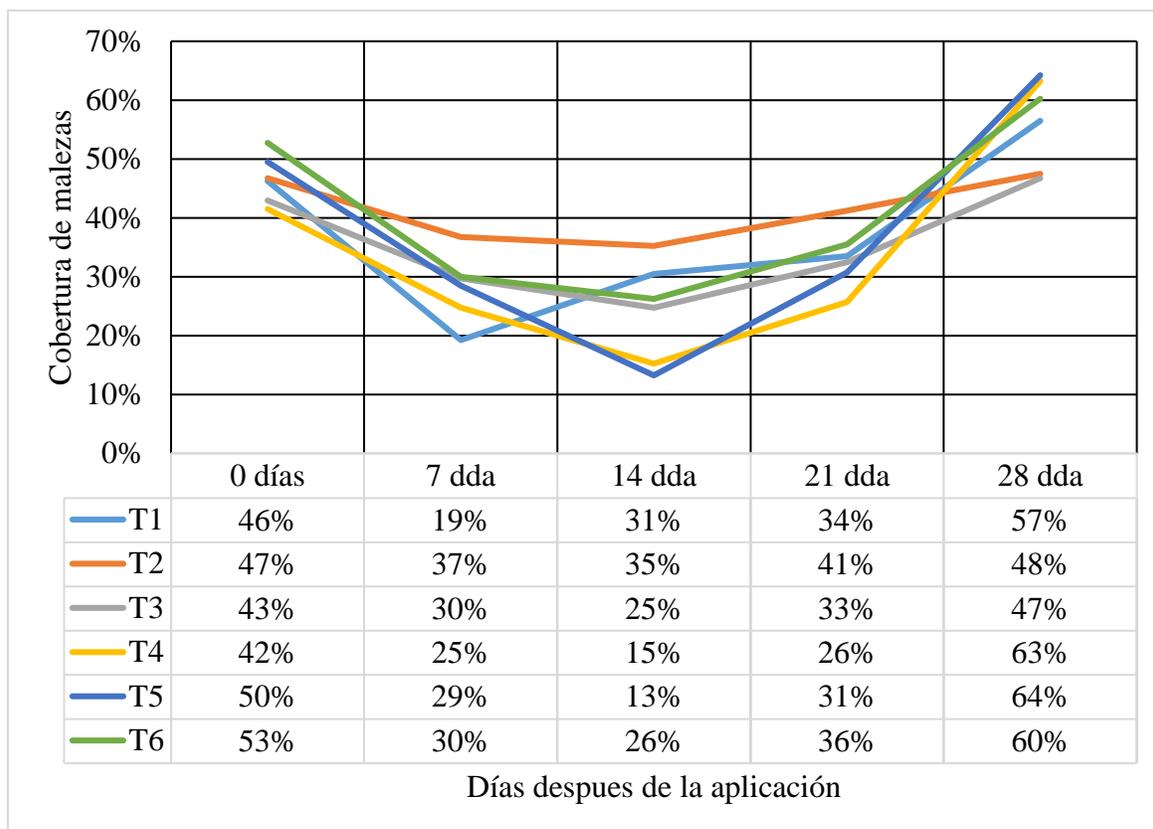
#### 1.1 Porcentaje de cobertura de malezas

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

**Cuadro 9. Promedio en porcentaje de cobertura de malezas presente en los diferentes tratamientos de la evaluación.**

Trat.	0 días	7 dda	14 dda	21 dda	28 dda
T1	46.25	19.25	30.5	33.5	56.5
T2	46.75	36.75	35.25	41.25	47.5
T3	43	29.75	24.75	32.5	46.75
T4	41.5	24.75	15.25	25.75	63.25
T5	49.5	28.5	13.25	30.75	64.25
T6	52.75	30	26.25	35.5	60.25

Se pueden observar los porcentajes de cobertura de malezas presentes en cada uno de los tratamientos evaluados, se observan las cinco lecturas realizadas semanalmente, para su mejor comprensión se presenta una gráfica de barras en la siguiente figura:



**Figura 7. Gráfica de líneas de la cobertura de malezas presente en los diferentes tratamientos evaluados.**

Se puede observar el porcentaje de cobertura presente en los diferentes tratamientos, la lectura inicial y las siguientes cuatro lecturas. Así como una disminución en el porcentaje de cobertura a partir de la primera lectura, esto quiere decir que el efecto de los herbicidas realizó un control sobre un porcentaje de malezas, no llegando a controlar la en su totalidad, es debido a eso que en las próximas lecturas la cobertura vuelve a aumentar, como resultado hubo un control corto y bajo de las malezas.

Los resultados del porcentaje de cobertura de malezas se utilizaron para determinar el porcentaje de eficiencia de las mezclas de herbicidas utilizados (tratamientos).

Los resultados de la eficiencia de las mezclas de los herbicidas utilizados (tratamientos) se presentan:

**Cuadro 10. Porcentaje de eficiencia de control de malezas de los diferentes tratamientos.**

Trat.	7 dda	14 dda	21 dda	28 dda
T1	63%	31%	30%	-23%
T2	24%	22%	10%	-2%
T3	29%	41%	24%	-13%
T4	40%	62%	38%	-51%
T5	53%	75%	45%	-40%
T6	47%	55%	38%	-24%

Se pueden observar los resultados de la eficiencia de cada uno de los tratamientos evaluados (ver cuadro 22, en Anexos), estos resultados se clasifican según la escala de EWRS que se presenta en el cuadro 11; los números negativos en el cuadro 10 indican que la maleza sobrepasó la cobertura inicial.

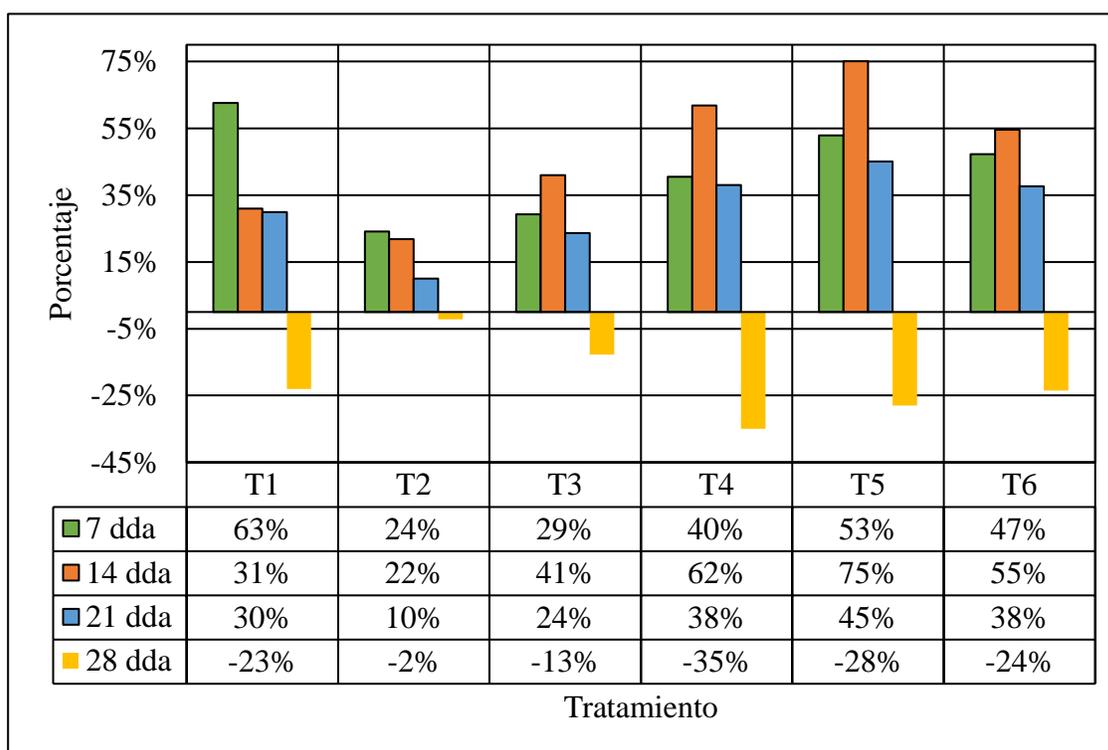
**Cuadro 11. Escala de eficacia del control de malezas producido por las mezclas de herbicidas.**

% control	
<50	Deficiente
51 - 69	Bajo
70 - 84	Bueno
85 - 94	Muy bueno
>95	Excelente

Fuente: EWRS, (2012).

Según la escala de la EWRS presentada en el cuadro 11 los tratamientos evaluados en la primera lectura muestran un porcentaje de control bajo y deficiente. Para la segunda lectura a los 14 días después de la aplicación el tratamiento T5 muestra un buen control, los tratamientos T4 y T6 muestran un porcentaje de control bajo y el resto de tratamiento un control deficiente. Para la tercera y cuarta lectura todos los tratamientos muestran un porcentaje de control deficiente.

Para interpretar mejor los resultados del cuadro 10 se presenta la siguiente figura:



**Figura 8. Porcentaje de eficiencia de los tratamientos evaluados.**

Se puede determinar que los tratamientos pasan de tener un control eficiente a los 7 dda, a los 14 dda pierden eficiencia en el caso del tratamiento T1 y T2, aumentando la eficiencia para los tratamientos T3, T4, T5, y T6, pero precipitándose a los 21 dda, a los 28 dda la eficiencia de todos los tratamientos resulta ser un negativo lo cual indica que los tratamientos ya no son efectivos, es decir que la maleza superó la cobertura inicial.

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las lecturas para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, para analizar la información fue necesario transformar los resultados en porcentajes con ayuda de la fórmula arcoseno (ver cuadro 32, en Anexos), en el cuadro se presentan los resultados del ANDEVA para los datos de la lectura a los siete días después de la aplicación.

**Cuadro 12. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los siete dda.**

FV	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	5	0.51579	0.10316	2.23	0.104
Bloque	3	0.35165	0.11722	2.54	0.096
Error	15	0.69238	0.04616		
Total	23				

CV= 17.93%

El análisis indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos siete días después de la aplicación de los tratamientos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa.

Se presentan los resultados del análisis de varianza para los datos de la lectura a los 14 días después de la aplicación:

**Cuadro 13. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los 14 dda.**

F.V.	GI	SC	CM	F	P
Tratamiento	5	0.75353	0.14706	5.2239	0.006
Bloque	3	0.0766	0.0255	0.9077	
Error	15	0.4222	0.002815		
Total	23	1.2342			

CV= 18.45%

En el cuadro 13 se puede observar que en la variable de respuesta porcentaje de eficacia en el control de malezas a los 14 dda existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por lo tanto se aceptó la hipótesis alternativa y se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey al 95% de confianza para determinar el mejor tratamiento. Se presentan los resultados de la prueba de medias:

**Cuadro 14. Prueba de media Tukey aplicada a los resultados obtenidos a los 14 dda.**

Tratamientos	Medias				
T5	75.1	A			
T4	61.8	A	B		
T6	54.6	A	B	C	
T3	40.9	A	B	C	
T1	31		B	C	
T2	21.9			C	

En el cuadro 14 se puede observar los resultados de la prueba de medias Tukey con un nivel de confianza del 95%. Se observa que los tratamientos T5 y T4 son los mejores, los tratamientos T6 y T3 son los siguientes en eficiencia por último los tratamientos T1 y T2 que presentan poca eficiencia.

Se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de eficacia de control a los 21 días después de la aplicación:

**Cuadro 15. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia en el control de malezas a los 21 dda.**

F.V.	GI	SC	CM	F	P
Tratamiento	5	0.48840	0.09768	3.297	0.03
Bloque	3	0.31398	0.10466	3.533	
Error	15	0.4443	0.02962		
Total	23	1.2466			

CV= 20.6%

Se puede observar que existen diferencias significativas en los tratamientos evaluados, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, se procedió a realizar una prueba de media de Tukey para determinar los mejores tratamientos, en el cuadro 16 se presentan los resultados de la prueba:

**Cuadro 16. Prueba de medias de los resultados obtenidos a los 21 dda.**

Tratamientos	Medias			
T5	45.02	A		
T4	38.03	A	B	
T6	37.6	A	B	
T1	29.9	A	B	C
T3	23.6	A	B	C
T2	9.8			C

Se puede observar los resultados de la prueba de medias Tukey con un nivel de confianza del 95%. En los tratamientos evaluados, el T5 es el mejor tratamiento, seguido de los tratamientos T4 y T6, los tratamientos T1 y T3 ocupan la tercera posición y por último el tratamiento 2 el cual fue el que presenta menor eficiencia de control.

Debido a que los resultados obtenidos a los 28 días después de la aplicación fueron negativos no fue posible aplicar la prueba múltiple de medias en este muestreo.

## 2. Determinación de los días control para cada mezcla de herbicida (tratamientos utilizando el modelo de regresión polinomial).

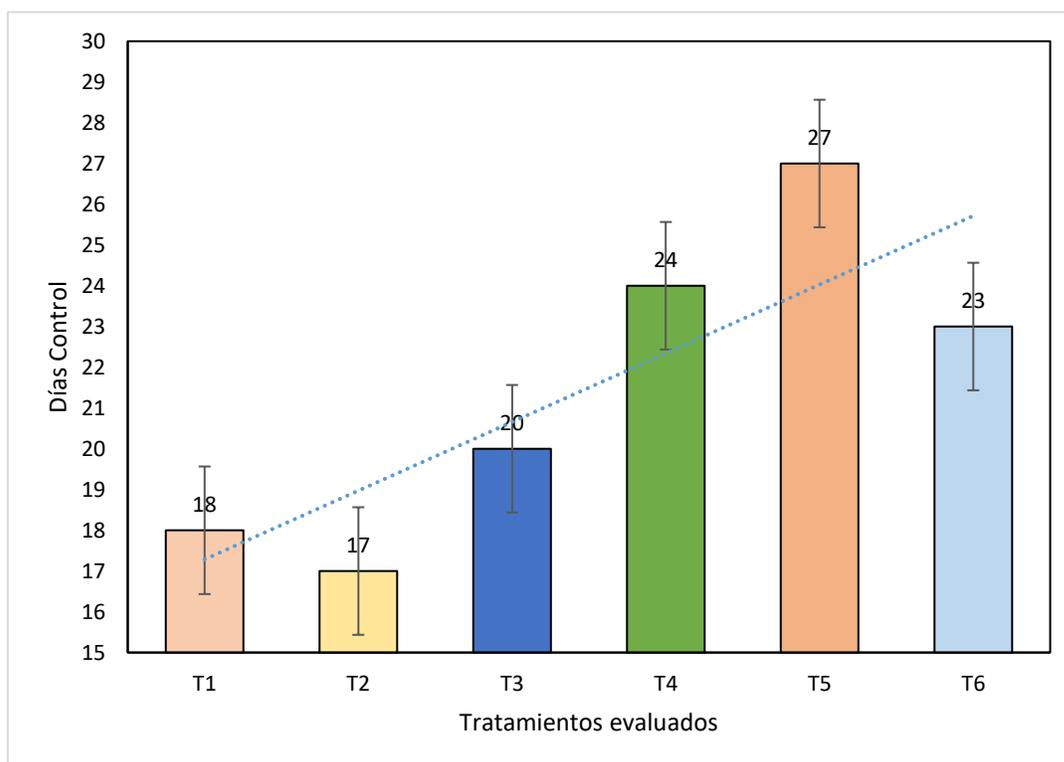
### 2.1 Días a control de cada uno de los tratamientos

Para determinar los días control se utilizó la fórmula para cada uno de los tratamientos derivada de interpolar los resultados de cobertura de malezas y las épocas de muestreo, se presentan las ecuaciones polinómicas:

**Cuadro 17. Ecuaciones polinómicas para determinar los días control de cada uno de los tratamientos.**

Trat.	Descripción	Dosis/ha	Ecuación
1	Diuron + Hexazinone + Dicamba 2-4D	1 L + 1.29 Lb + 0.70 L + 0.2 L	$y = -0.017x^2 + 2.4315x + 11.706$
2	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L + 2 L + 0.50 Lb + 0.70 L + 0.2 L	$y = -0.0395x^2 + 3.297x + 4.2987$
3	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L + 2 L + 0.75 Lb + 0.70 L + 0.2 L	$y = 0.0522x^2 - 0.4336x + 27.742$
4	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L + 2 L + 1 Lb + 0.70 L + 0.2 L	$y = 0.1216x^2 - 2.918x + 39.062$
5	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L + 2 L + 1.25 Lb + 0.70 L + 0.2 L	$y = 0.0993x^2 - 2.6056x + 43.022$
6	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L + 1 L + 0.59 Lb + 0.75 L + 0.2 L	$y = 0.0602x^2 - 0.6854x + 24.893$

El parámetro para evaluar el potencial de control de cada uno de los tratamientos fue utilizar el 50% de cobertura, dato que se considera que un herbicida ya ha perdido su efecto de control llegado a este porcentaje de cobertura, para su ilustración se presentan los resultados de las ecuaciones polinómicas:



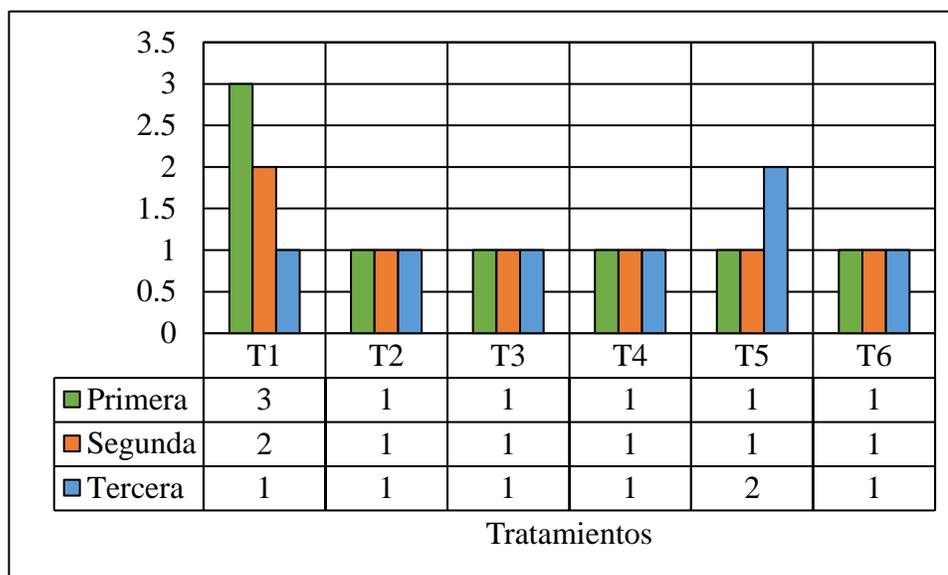
**Figura 9. Días control de los diferentes tratamientos evaluados.**

Se puede observar que el tratamiento con mayor días control fue el tratamiento T5 obteniendo 27 días control, seguido por los tratamientos T4 y T6 que tuvieron 24 y 23 días control, en tercer lugar, con 20 días control se encuentra el tratamiento tres y por último los tratamientos uno y dos con 18 días y 17 días de control respectivamente.

### 3. Determinación del efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar

#### 3.1 Fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar

Los resultados de los muestreos visuales según la escala de ALAM se presentan:



**Figura10. Fitotoxicidad provocada por los tratamientos evaluados al cultivo de caña de azúcar.**

Se puede determinar que los herbicidas evaluados generan muy poco daño al cultivo de caña de azúcar, los resultados no presentan diferencia estadística, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula y no se procede a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey.

#### 4. Determinación del efecto de los tratamientos sobre los costos de producción

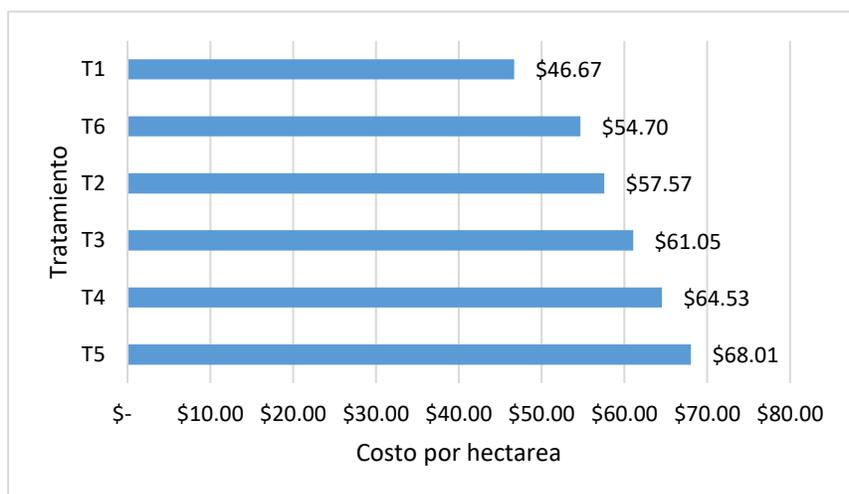
##### 4.1 Costos por día control

Los costos de aplicación por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 18:

**Cuadro 18. Costos de aplicación por hectárea de los tratamientos evaluados.**

Trat	I.A.	Dosis/ha	Herbicida	M. O.	Equipo	Costo Total*ha
<b>T1</b>	Diuron + Hexazinone + Dicamba 2-4D	1 L + 1.29 Lb + 0.70 L + 0.2 L	\$ 27.19	\$19.46	\$ 0.02	\$ 46.67
<b>T2</b>	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L+ 2 L + 0.50 Lb + 0.70 L + 0.2 L	\$ 38.10	\$19.46	\$ 0.02	\$ 57.57
<b>T3</b>	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L+ 2 L + 0.75 Lb + 0.70 L + 0.2 L	\$ 41.58	\$19.46	\$ 0.02	\$ 61.05
<b>T4</b>	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L+ 2 L + 1 Lb + 0.70 L + 0.2 L	\$ 45.06	\$19.46	\$ 0.02	\$ 64.53
<b>T5</b>	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L+ 2 L + 1.25 Lb + 0.70 L + 0.2 L	\$ 48.54	\$19.46	\$ 0.02	\$ 68.01
<b>T6</b>	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	3 L+ 1 L + 0.59 Lb + 0.75 L + 0.2 L	\$ 35.22	\$19.46	\$ 0.02	\$ 54.70

Se puede observar el costo de los herbicidas, mano de obra y el costo del equipo de aplicación, con base a estos costos se puede determinar el costo por día control para poder realizar un análisis más preciso y concluir cuál de los tratamientos es mejor se presenta la figura 11.



**Figura11. Costos por hectárea de los tratamientos evaluados.**

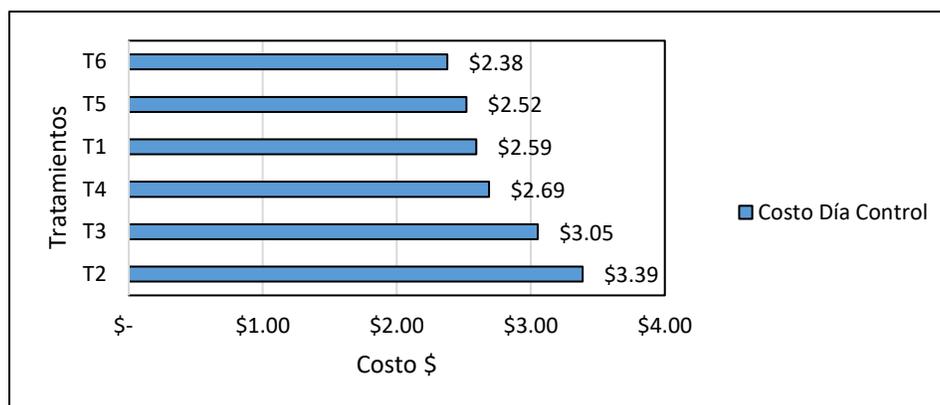
En la figura se puede observar que el tratamiento uno es el más económico y el tratamiento de mayor costo es el tratamiento T5.

Los costos por día control se presentan:

**Cuadro 19. Costos por día control de los tratamientos evaluados.**

<b>Trat.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total*ha</b>	<b>Días Control</b>	<b>Costo Día Control</b>
1	Diuron + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 46.67	18	\$ 2.59
2	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 57.57	17	\$ 3.39
3	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 61.05	20	\$ 3.05
4	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 64.53	24	\$ 2.69
5	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 68.01	27	\$ 2.52
6	Pendimethalin + Ametrina + Hexazinone + Dicamba 2-4D	\$ 54.70	23	\$ 2.38

Se puede observar el costo por día control de los herbicidas evaluados, para realizar un análisis más preciso y concluir cuál de los tratamientos es mejor se presenta la siguiente figura:



**Figura 12. Costo por día control.**

Se puede observar que el tratamiento T6 es el más económico teniendo un costo de control por día de \$2.38 y el más costoso es el tratamiento T2 con un precio de día control de \$ 3.39, sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento T6 solo obtuvo 23 días de control comparado con el tratamiento T5 cuyo costo fue de \$2.52 y obtuvo la cantidad de 27 días control, la diferencia con el tratamiento T6 es de \$0.14 lo cual no es significativo por lo tanto el tratamiento más beneficioso es el tratamiento T5.

## VII. CONCLUSIONES

1. Según la prueba de medias de Tukey al 95% de confianza para el control de malezas el mejor tratamiento fue el T5 teniendo una media 45.02% de control a los 21 dda, a diferencia del resto de tratamiento que están por debajo del 40% por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.
2. Para la variable días control se determinó que el mejor tratamiento fue el tratamiento T5 (Pendimethalin 3 lt/ha + Ametrina 2 lt/ha + Hexazinone 1.25 lb/ha + Dicamba 2-4D 0.70 lt/ha) obteniendo el mayor días control de los tratamientos con 27 días control, seguido del tratamiento T4 (Pendimethalin 3 lt/ha + Ametrina 2 lt/ha + Hexazinone 1 lb/ha + Dicamba 2-4D 0.70 lt/ha) con 24 días control. El tratamiento que menos días control obtuvo fue el tratamiento T2 (Pendimethalin 3 lt/ha + Ametrina 2 lt/ha + Hexazinone 0.5 lb/ha + Dicamba 2-4D 0.70 lt/ha) esto se debe a la menor dosis de Hexazinone presente en la mezcla, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.
3. El efecto de fitotoxicidad de los herbicidas sobre el cultivo de caña de azúcar da como resultado según la escala de ALAM; que el daño generado es muy poco ya que no presentan lesiones en las hojas ni amarillamiento debido a la exposición de los herbicidas utilizados, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.
4. El análisis del costo por día control indica que el tratamiento más económico fue el tratamiento T6 teniendo un costo de \$2.33 al día; seguido del tratamiento T5 con \$2.47 por día, los tratamientos más costosos fueron los tratamientos T1 Y T2, ambos superando los \$3.00 por día de control, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Para las condiciones de la finca Cristóbal utilizar el tratamiento T5 (Pendimethalin 3 lt/ha+ Ametrina 2 lt/ha + Hexazinone 1.25 lb/ha + Dicamba 2-4D 0.70 lt/ha) para realizar el control químico de malezas ya que fue el tratamiento con mayor porcentaje de control de malezas, es el tratamiento que tiene más días control y un costo bajo por día control siendo de \$2.52 y obteniendo hasta 27 días control.
2. Validar las mismas moléculas de esta investigación bajo diferentes condiciones y velar que se haga bajo un diseño experimental para obtener buenos y confiables resultados de campo.
3. La segunda mejor alternativa según el costo por hectárea (\$2.38) es utilizar el tratamiento T6; (Pendimethalin 3 lt/ha + Ametrina 1lt/ha + Hexazinone 0.59 lb/ha + Dicamba 2-4D 0.75 lt/ha) ya que es el que posee menor costo por día de control y el tercer tratamiento con mayores días de control.
4. Realizar el control de malezas en la época correspondiente para evitar aplicaciones fuera de tiempo cuando la maleza sobrepasa la altura recomendada ( $\leq 0.2\text{m}$ ) ya que el control que ejercerán los herbicidas se verá disminuido por la densidad y la altura de las malezas.
5. Continuar con las evaluaciones con nuevas formulaciones de herbicidas disponibles en el mercado, aprobadas por la FDA y la EPA con el objetivo de encontrar y poner en práctica las mejores alternativas de control de las malezas a un menor costo.

## IX. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

AgroCentro. (2019). *Angluron 30 SL*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://agrocentro.com/producto/angluron-30-sl/>

ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas) (2008). *Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas*. recuperado el 04 de abril de 2019, de <http://www.iwss.info/download/alam-2005.pdf>

Calosa. (2019). *Hexacto 75 WP*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <https://calosa.com.do/producto/hexacto-75-wg-2/#:~:text=Es%20un%20herbicida%20no%20selectivo,cultivo%20de%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar.>

Cardona, A. (2015). *Evaluación de diferentes moléculas de herbicidas en el manejo de maleza de hoja ancha al momento de precierre del cultivo de caña de azúcar, Diagnostico y servicios ejecutados en la Finca Pantaleón, Siquinalá Escuintla, Guatemala, C.A.* Guatemala. (Trabajo de Graduación Agronomía) Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 15 de marzo de 2021, <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/dZxVysdurMPaVpJFKexTPrHROzVeSISx>

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Recuperado el 02 de mayo de 2019, de <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (2013). *Manual de Malezas y Catálogo de Herbicidas Para el Cultivo de la*

*Caña de Azúcar en Guatemala*. Recuperado el 02 de mayo de 2019, de <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (2006). *Textura de la zona cañera de Guatemala (VD001)*. Recuperado el 02 de mayo de 2019, de <https://cengicana.org/mapasdezonascaneras>

CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Caña de Azúcar de Colombia) (1995). *El cultivo de la caña en la zona Azucarera de Colombia*. Recuperado el 06 de mayo de 2019, de [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/documentos\\_no\\_seridados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p3-394.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p3-394.pdf)

Chaves, Solera, M., A. (1986). *Conceptos prácticos de importancia sobre el uso de herbicidas en caña de azúcar*. Recuperado el 04 de mayo de 2019, de <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/dZxVysdurMPaVpJFKexTPrHROzVeSISx#:~:text=Pre%2Demergente%3A%20se%20aplican%20despu%C3%A9s,la%20mal%20hierba%20o%20ambos>.

Cojulun, V. (2015). *Evaluación de cinco mezclas de herbicidas para el control preemergente de caminadora (Rottboellia cochinchinensis L.) Y coyolillo (Cyperus rotundus L.) En el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) finca La Flora*. Guatemala. (Trabajo de Graduación Agronomía) Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 05 de noviembre de 2019 de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4990/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACION%20Inicio%20Esa%3%BA%20Cojulun%20Samayoa.pdf>

- De León, O. (2009). *Propuesta de manejo de secuencias de labores para el cultivo de caña plantía, en la costa sur de Guatemala*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10642/1/Ovidio%20Benigno%20De%20Le%C3%B3n%20Gir%C3%B3n.pdf>
- Díaz, J., & Labrada, R. (s.f.). *Manejo de malezas en cultivos industriales*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.fao.org/3/T1147S/t1147s0m.htm>
- Diez, P. (2013). *Modo de acción de los herbicidas*. Argentina. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de [https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual\\_Rem\\_Herbicidas.pdf](https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf)
- European Weeds Research Society (EWRS) (2012). *Medición de la eficacia del control de malezas*. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de <https://www.ewrs.org/en/info/weed-measurement-scale>
- Foragro. (2019). *Ametrina 50 SC*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de [www.foragro.com/producto/index/1/178/ametrina\\_50\\_sc](http://www.foragro.com/producto/index/1/178/ametrina_50_sc)
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Costa Rica. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>
- Maestro de lotes (2018). *Maestro de lotes zafra 208-2019, Ingenio Madre Tierra, Departamento de Ingeniería Agrícola*. Santa Lucía Cotz., Guatemala.
- Manual de Plaguicidas de Centroamérica. (2019). *Plaguicidas de Centroamérica*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/441-pendimetalina>

Patzán Boch, K. V. (2015). *Evaluación de la eficacia de siete mezclas de herbicidas para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) En la finca Camantulul; Diagnóstico y Servicios realizados en la zona uno de producción, del Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, c. A. Guatemala.* (Trabajo de Graduación Agronomía) Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2332/1/Keyla%20Vasti%20Patz%C3%A1n%20Boch%20200918215.pdf>

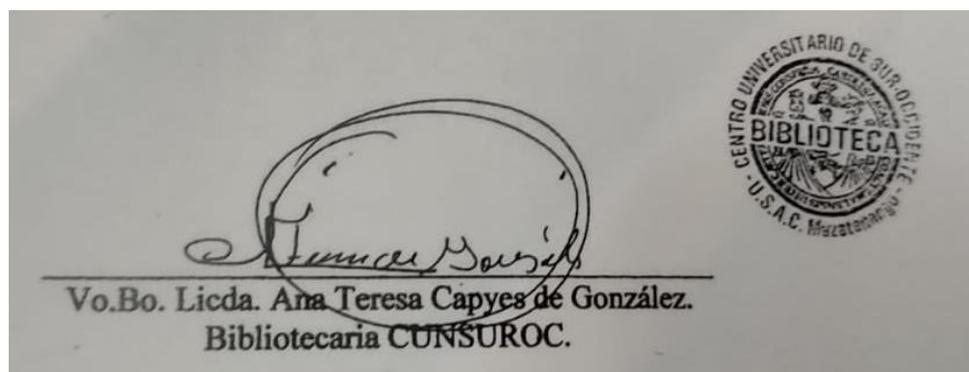
Saucedo, E. LL. (2015). *Evaluación de la efectividad de opciones químicas para el control de malezas en la segunda aplicación en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.), diagnóstico y servicios realizados en zona I Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, C.A. USAC.* Facultad de Agronomía. Área Integrada. Guatemala. (Trabajo de Graduación Agronomía) Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5940/1/Trabajo%20de%20Graduaci%C3%B3n.pdf>

Solórzano Herandéz, E. (2011). *Evaluación del efecto del herbicida preemergente indaziflam para el control de malezas en caña de azúcar Saccharum spp., plantía, en época de lluvia, diagnóstico y servicios realizados en la Finca La Flor, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala C.A.* Recuperado el 02 marzo de 2019, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2681.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2681.pdf)

Subirós Ruiz, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar.* Costa Rica. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de [https://books.google.com.gt/books?id=2wpC1j2AmkAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=2wpC1j2AmkAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Trópicos. (2019). *Saccharum officinarum* L (Caña de azúcar). Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://legacy.tropicos.org/Name/25512479>

Zerega, Méndez, L., O. (2018). *Técnica para la identificación de variedades y especies de caña de azúcar*. Recuperado el 04 de abril de 2019, de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/tecnica-identificacion-variedades-especies-t42077.htm>



## X. ANEXOS



Figura 10. Herbicida Pendimetalim  
(Pendimetalina 50 EC)



Figura 11. Herbicida  
Hexazinona (Hexacto 75 WP).



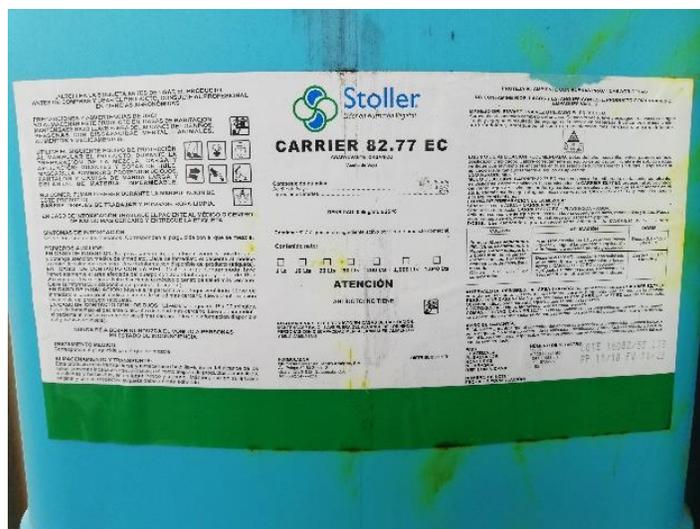
Figura 12. Paraquat-Diuron (Angluron 30 SL).



Figura 13. 2,4-D, Dicamba (Dimaster 46.5 SL).



Figura 14. Ametrina (Ametrina 50 SC).



**Figura 15. Aceite de soja (Carrier 82.77 EC).**



**Figura 16. Boquilla TQ 15008 utilizada para la aplicación de los tratamientos evaluados.**



**Figura 17. Cobertura de malezas a los 7 días después de la aplicación.**



**Figura 18. Cobertura de malezas a los 14 días después de la aplicación.**



**Figura 19. Cobertura de malezas a los 21 días después de la aplicación.**



**Figura 20. Cobertura de malezas a los 28 días después de la aplicación.**

**Cuadro 20. Cobertura, densidad y frecuencia de malezas encontradas en el lote 0160201 de Finca Cristóbal.**

<b>Nombre comun</b>	<b>Nombre científico</b>	<b><math>\Sigma D</math></b>	<b><math>\Sigma C</math></b>	<b>D Real</b>	<b>C Real</b>	<b>F Real</b>
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	384	319	79.4	62.8	102
Coyolillo	<i>Cyperus rotundus</i> L.	52	48	66.1	32.4	82
Falsa verdolaga	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	26	32	5.9	11.9	61
Culantrillo	<i>Mollugo verticillata</i> L.	10	8	11.3	8.1	41
Pascuilla	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	8	5	3.6	3.4	82
Ivantis	<i>Hybanthus attenuatus</i>	18	11	7.3	6.1	41
Tamarindillo	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	45	27	2.4	3.4	61
Verdolga de playa	<i>Kallstroemia maxima</i> L.	11	7	2.0	2.0	20
Zacate	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	24	9	2.8	1.0	20
Campanilla	<i>Ipomoea</i> spp.	1	1	2.6	1.0	20
Jaiba	<i>Momordica charantia</i> L.	2	4	0.4	0.6	20
Golondrina	<i>Euphorbia postrata</i>	1	1	0.4	0.6	20
Bledo	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	2	3	0.2	0.2	20
Papayita	<i>Croton lobatus</i> L.	2	2	0.2	0.2	20
<b>Sumatoria total</b>		<b>586</b>	<b>477</b>	<b>184.7</b>	<b>133.8</b>	<b>612</b>

**Cuadro 21. Valor de importancia (VI) de las malezas del lote 0160201 de Finca Cristóbal.**

Nombre común	Nombre científico	D Relativa	C Relativa	F Relativa	VI	%
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	42.98	46.91	16.67	106.56	36%
Coyolillo	<i>Cyperus rotundus</i> L.	35.8	24.2	13.33	73.33	24%
Falsa verdolaga	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	3.17	8.93	10.01	22.11	7%
Culantrillo	<i>Mollugo verticillata</i> L.	6.13	6.05	6.67	18.85	6%
Pascuilla	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	1.97	2.57	13.33	17.87	6%
Ivantis	<i>Hybanthus attenuatus</i>	3.94	4.54	6.67	15.15	5%
Tamarindillo	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	1.31	2.57	10.01	13.89	5%
Verdolga de playa	<i>Kallstroemia maxima</i> L.	1.09	1.51	3.33	5.93	2%
Zacate	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	1.53	0.76	3.33	5.62	2%
Campanilla	<i>Ipomoea</i> spp.	1.42	0.76	3.33	5.51	2%
Jaiba	<i>Momordica charantia</i> L.	0.22	0.45	3.33	4.01	1%
Golondrina	<i>Euphorbia postrata</i>	0.22	0.45	3.33	4.01	1%
Bledo	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	0.11	0.15	3.33	3.58	1%
Papayita	<i>Croton lobatus</i> L.	0.11	0.15	3.33	3.58	1%
<b>Sumatoria total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Cuadro 22. Resultados en porcentaje de la cobertura de malezas.**

Trat.	Lectura Inicial					7 días					14 dda					21 dda					28 dda				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T1	25	44	47	69	46.3	3	19	22	33	19.25	2	27	31	62	30.5	14	31	37	52	33.5	29	51	72	74	56.5
T2	21	33	89	44	46.8	15	21	73	38	36.75	16	25	58	42	35.3	20	28	74	43	41.25	23	26	87	54	47.5
T3	43	42	39	48	43	28	36	37	18	29.75	23	28	33	15	24.8	25	35	38	32	32.5	37	39	85	26	46.8
T4	35	40	48	43	41.5	25	14	32	28	24.75	21	12	10	18	15.3	22	21	29	31	25.75	42	58	78	75	63.3
T5	36	38	35	89	49.5	9	6	21	78	28.5	5	5	14	29	13.3	12	10	27	74	30.75	27	38	98	94	64.3
T6	19	54	56	82	52.8	7	19	43	51	30	6	15	35	49	26.3	10	19	42	71	35.5	34	35	72	100	60.3
<b>Promedio general</b>	46.63					28.17					24.21					33.21					56.42				

**Cuadro 23. Resultados en porcentaje del control de malezas de los herbicidas**

Trat.	7 dda					14 dda					21 dda					28 dda				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T1	88	57	53	52	63	40	39	34	10	31	44	30	21	25	30	-16	-16	-53	-7	-23
T2	29	36	18	14	24	24	24	35	5	22	5	15	17	2	10	-10	21	2	-23	-2
T3	35	14	5	63	29	47	33	15	69	41	42	17	3	33	24	14	7	-118	46	-13
T4	29	65	33	35	40	40	70	79	58	62	37	48	40	28	38	-20	-48	-63	-74	-51
T5	75	84	40	12	53	86	87	60	67	75	67	74	23	17	45	25	0	-180	-6	-40
T6	63	65	23	38	47	68	72	38	40	55	47	65	25	13	38	-79	35	-29	-22	-24
<b>Promedio general</b>	43					48					31					-25				

**Cuadro 24. Resultados del control de malezas transformados con la formula arcoseno.**

Trat.	7 dda					14 dda					21 dda				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T1	0.81	0.83	0.80	0.79	0.80	0.68	0.66	0.62	0.32	0.57	0.73	0.57	0.48	0.52	0.57
T2	0.56	0.64	0.44	0.38	0.50	0.51	0.51	0.63	0.21	0.46	0.22	0.40	0.42	0.15	0.30
T3	0.63	0.39	0.23	0.88	0.53	0.74	0.61	0.40	0.93	0.67	0.70	0.42	0.16	0.62	0.48
T4	0.56	0.90	0.61	0.63	0.67	0.68	0.94	1.01	0.84	0.87	0.66	0.76	0.68	0.56	0.66
T5	0.98	1.05	0.68	0.36	0.77	1.07	1.07	0.85	0.92	0.98	0.96	1.03	0.50	0.42	0.73
T6	0.88	0.89	0.50	0.65	0.73	0.92	0.96	0.65	0.68	0.80	0.76	0.94	0.52	0.37	0.65
<b>Promedio general</b>	0.67					0.73					0.56				



Mazatenango, 30 de enero de 2023.

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

Respetable Dr. Mynor Otzoy:

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

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación de seis mezclas de herbicidas para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum officinarum*, Poaceae, en finca Cristóbal, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.”**; presentado por el estudiante Jacobo Fernando Alvarado García quien se identifica con número de carné 201440667 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.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Atentamente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edgar Ruiz', is written over a horizontal line.

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos  
Profesor Asesor y Supervisor



Mazatenango, 17 de marzo de 2023.

M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director Centro Universitario del Suroccidente.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señor Director:

De manera atenta, me dirijo a usted para informar que el estudiante Jacobo Fernando Alvarado García, quien se identifica con número de carné 201440667 de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **“Evaluación de seis mezclas de herbicidas para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum officinarum*, Poaceae, en finca Cristóbal, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.”**; el cuál fue asesorado, revisado y con dictamen favorable del Ingeniero Agrónomo Edgar Guillermo Ruiz Recinos.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Jacobo Fernando Alvarado García, ha cumplido con el normativo de Trabajo de Graduación, razón por la que someto a consideración el documento presentado por el estudiante, para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera de Ingeniería Agronomía Tropical



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

**CUNSUROC/USAC-I-35-2023**

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, veintiocho de abril de dos mil veintitrés-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE  
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:  
“EVALUACIÓN DE SEIS MEZCLAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE  
MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum*, *Poaceae*, EN FINCA  
CRISTOBAL, INGENIO MADRE TIERRA, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA,  
ESCUINTLA”, del estudiante: TPA. **Jacobo Fernando Alvarado García**. Carné:  
201440667. CUI: 2922 76958 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director



/gris