

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE OPCIONES PARA EL MANEJO DE MALEZAS DE HOJA ANCHA CON ENFOQUE PREEMERGENTE EN LA FINCA SANTA ELISA, DEL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.**

**JULIO CÉSAR PANIAGUA BARILLAS**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE OPCIONES PARA EL MANEJO DE MALEZAS DE HOJA ANCHA CON ENFOQUE PREEMERGENTE EN LA FINCA SANTA ELISA, DEL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JULIO CÉSAR PANIAGUA BARILLAS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	DR. LAURIANO FIGUEROA QUIÑONEZ
VOCAL I	DR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ
VOCAL II	ING. AGR. M.Sc. MARINO BARRIENTOS GARCÍA
VOCAL III	ING. AGR. M.Sc. ERBERTO RAÚL ALFARO GARCIA
VOCAL IV	P. AGR. JOSUE BENJAMIN BOCHE LOPEZ
VOCAL V	BR. SERGIO ALEXSANDER SOTO ESTRADA
SECRETARIO	DR. MYNOR RAÚL OTZOY ROSALES

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

Guatemala, octubre de 2014

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: Evaluación de eficiencia de opciones para el manejo de malezas de hoja ancha con enfoque preemergente en la finca Santa Elisa, del Ingenio Magdalena, Guatemala, C.A, así como el diagnóstico y servicios realizados en el departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

---

Julio César Paniagua Barillas

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Mi creador quien siempre está a mi lado y ha llenado mi vida con múltiples bendiciones.

**MIS PADRES:** Julio César Paniagua Lemús y Rosa Angélica Barillas González, que han sido los mejores papas del mundo y que son mi fuente de fortaleza para afrontar cada uno de los obstáculos que se me presentan, este logro también es suyo, Los Amo.

**MIS HERMANOS Y PRIMOS** Alexis, Christian, Idania, Yesi y Brandon, les dedico dedicó este logro y así mismo quiero exhortarlos a que sueñen y que confíen en ustedes para lograr toda meta que se proponga en su vida.

**MIS MADRES** A Rosa Barillas que no solo es mi madre sino que también es una gran amiga, Hilda Campos que durante 10 años me ha brindado de su cariño convirtiéndose en una segunda madre y Carolina Moreno que me abrió las puertas de su hogar y me cuidó como a uno de sus hijos, las quiero demasiado les deseo lo mejor del mundo y que Dios derrame bendiciones sobre ustedes.

**MI NOVIA:** Yasmin Véliz porque tú eres mi mejor amiga, mi felicidad y mi apoyo Te amo.

## **MIS PROFESORES**

Porque durante mi estancia en la facultad me compartieron sus conocimientos tanto dentro como fuera de las aulas, les agradezco su amistad y confianza, gracias por todos los consejos, aventuras y charlas amenas.

## **MIS AMIGOS:**

A todos aquellos que Dios puso en mi camino y que compartieron conmigo tanto las buenas como las malas experiencias y que han sido de influencia durante esta hermosa parte de mi vida, especialmente: Ligia Monzón (Lichita), Sergio García (Chito), Miguel Muñoz (Tompson), Víctor Arévalo (Morza), Haroldo Yoc (Melón), Katherine De León (Chupe), Gabriela Guzmán (Gabyta), Sucely González (Susuky), Francisco Saavedra (Pancho), Jennifer Saavedra (Jenny), Alejandro Rueda (Panzón), Juan Pablo Monroy (Doc), Erick Pineda (Brahman), Kevin López (Kevo), Sergio Soto Estrada (Zanate), Fernando Barillas (Negro), José Franco (Colocho), Rodrigo Palma (Rorro), Wesly Ramírez, David Monzón (Wiro), Asdrubal Castillo (Chucho), Karina Desireé (China), Raisa Talgi, Mario Mejía (Marito), Luis Ángel Marroquín (Lucho), Adriana Albizurez (Bea), Abner Sagastume (Moje), Juan Carlos Dubón (Caliche), Allan Folgar (Lencho), Pedro Pablo Pinto (Pepa), Edelmira Santos ( la canche), y toda mi promoción 2008 que siempre compartimos aménamente todo tipo de reunión, lo único que me queda es agradecerles por su sincera amistad, les deseo muchos éxitos y que Dios me los bendiga.

## TESIS QUE DEDICO

**A:**

DIOS

MI FAMILIA,

MI HERMOSO MUNICIPIO DE AMATITLÁN, LA TIERRA DE LA PEPESCA.

MI PATRIA GUATEMALA,

FACULTAD DE AGRONOMÍA,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente al Ingenio Magdalena, específicamente a la División de investigación agrícola, a su gerente Ing. Agr. Edgar Solares porque abrió las puertas de dicha institución y me dio la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), déjeme decirle que es para mí un profesional que admiro y respeto, espero que su vida siempre esté llena de bendiciones.

Quiero agradecer a dos grandes personajes que me ayudaron a fortalecerme, tanto en el aspecto profesional como en lo personal: Al Ingeniero José Luis Tuchán le agradezco por brindarme su calor humano, sus consejos, su amistad, su apoyo y confianza durante el proceso de EPS y al Ingeniero Werner Cruz le agradezco por su paciencia, su apoyo incondicional, sus enseñanzas, su confianza pero en especial gracias por su amistad, que Dios me los bendiga a ambos.

Agradezco a mis amigos de los departamentos de variedades y SIG, a mis compañeros que estuvieron conmigo en EPS, al personal administrativo y de campo, les agradezco por su amistad, les deseo salud, sabiduría y éxito el resto de sus vidas.

También quiero agradecer a mi asesor el Ingeniero Manuel Martínez por la asesoría de la investigación, además quiero agradecerle su amistad, su tiempo y ayuda durante mi etapa de estudiante. Por último pero no menos importante a mi supervisor el Ingeniero José Luis Alvarado por su paciencia durante el proceso de EPS así como su dedicación, tiempo y ayuda en la elaboración de este documento, Que Dios me los bendiga a ambos y que derrame muchas bendiciones en sus hogares.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido.	Página
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 General .....	3
1.2.2 Específicos.....	3
<b>1.3 METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 RESULTADOS .....</b>	<b>4</b>
1.4.1 Historia .....	4
1.4.2 Ubicación geográfica .....	4
1.4.3 Estructura de la organización.....	5
1.4.4 Funcionamiento del departamento de investigación agrícola .....	7
1.4.5 Descripción del programa de malezas .....	8
1.4.5.1 Principales problemáticas identificadas en el programa de malezas .....	9
1.4.5.2 Priorización de problemas.....	10
<b>1.5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.2.1 Marco conceptual.....	16
2.2.1.1 Cultivo de la caña de azúcar.....	16
2.2.1.2 Clasificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar.....	17
2.2.1.3 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar .....	17
2.2.1.4 Variedad CP 73 -1547.....	20
2.2.1.5 Maleza .....	20
2.2.1.6 Clasificación de las malezas .....	21
2.2.1.7 Principales malezas de la zona cañera.....	22

	<b>Página</b>
2.2.1.8 Periodo crítico de competencia de la maleza en caña de azúcar .....	23
2.2.1.9 Manejo químico.....	24
2.2.1.10 Los herbicidas.....	24
2.2.1.10.1 Según su acción sobre las plantas: .....	25
2.2.1.10.2 Según su movilidad dentro de la planta: .....	25
2.2.1.10.3 Según el momento de aplicación:.....	25
2.2.1.11 Fitotoxicidad de herbicidas en caña de azúcar .....	26
2.2.2 Marco referencial .....	27
2.2.2.1 Localización .....	27
2.2.2.2 Clima y zona de vida.....	28
2.2.2.3 Suelos .....	29
2.2.2.4 Moléculas a evaluar como opciones de eficacia en preemergencia .....	29
<b>2.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>32</b>
2.3.1 Objetivos generales .....	32
2.3.2 Objetivos específicos .....	32
<b>2.4 HIPÓTESIS .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5 METODOLOGÍA .....</b>	<b>33</b>
2.5.1 Diseño experimental .....	33
2.5.2 Unidad experimental .....	34
2.5.3 Número de unidades experimentales .....	34
2.5.4 Tratamientos .....	35
2.5.5 Variabilidad .....	36
2.5.6 Variables a medir .....	37
2.5.6.1 Porcentaje de control de maleza.....	37
2.5.6.2 Días de control de cada tratamiento .....	37
2.5.6.3 Costo por día control.....	37
2.5.6.4 Toxicidad hacia el cultivo (Fitotoxicidad).....	38
2.5.7 Manejo del experimento.....	38
2.5.7.1 Aplicación de mezclas experimentales .....	38
2.5.7.2 Muestreos .....	38

<b>2.6 RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
2.6.1 Composición florística de malezas.....	40
2.6.2 Porcentaje de control y análisis de costos por día control .....	40
2.6.2.1 Quince días después de la aplicación (15 DDA).....	40
2.6.2.2 Treinta días después de la aplicación (30 DDA) .....	42
2.6.2.3. Cuarenta y cinco días después de la aplicación (45 DDA) .....	43
2.6.2.4. Sesenta días después de la aplicación (60 DDA) .....	45
2.6.3. Fitotoxicidad.....	50
2.6.3.1 Fitotoxicidad a los 30 días después de la aplicación (30 DDA).....	50
2.6.3.2. Fitotoxicidad a los 45 días después de la aplicación (45 DDA).....	54
2.6.3.3. Fitotoxicidad a los 60 días después de la aplicación (60 DDA).....	57
<b>2.7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>2.8 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>2.9 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2 ÁREA DE INFLUENCIA .....</b>	<b>67</b>
3.2.1 Localización .....	67
3.2.2 Clima y zonas de vida.....	67
<b>3.3 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>68</b>
<b>3.4 SERVICIOS PRESTADOS .....</b>	<b>68</b>
<b>3.4.1 Determinación del valor de importancia del coyolillo (Cyperus rotundus L.) en las fincas pertenecientes al Ingenio Magdalena que se encuentran en el estrato litoral y estrato bajo.....</b>	<b>68</b>
3.4.1.1 Introducción .....	68
3.4.1.2 Objetivos específicos .....	69
3.4.1.3 Metodología .....	69
3.4.1.4 Resultados .....	72
3.4.1.5 Conclusiones .....	77
3.4.1.6 Bibliografía .....	78

<b>3.4.2 Vademécum de herbicidas utilizados en el programa de malezas del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena. ....</b>	<b>79</b>
3.4.2.1 Definición del problema.....	79
3.4.2.2 Objetivos específicos .....	79
3.4.2.3 Metodología .....	80
3.4.2.4 Resultados .....	81
3.4.2.5 Conclusiones .....	106
3.4.2.6 Bibliografía .....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. Ubicación del departamento de investigación agrícola en el Ingenio Magdalena.....	5
figura 2. Organigrama del departamento agrícola .....	6
figura 3. Fases fenológicas de la caña de azúcar. ....	19
figura 4. Manejo de malezas en caña de azúcar. ....	27
figura 5. Mapa de las zonas de vida de la zona cañera de la Costa Sur de Guatemala.....	28
figura 6. Plano de finca Santa Elisa.....	33
figura 7. Croquis del experimento.....	34
figura 8. Gráfica de porcentaje de control a los 15 días después de la aplicación (15 DDA) .....	41
figura 9. Costos de mezclas de herbicidas después de 15 días de aplicación.....	41
figura 10. Gráfica de porcentaje de control a los 30 días después de la aplicación (30 DDA) .....	42
figura 11. Costos de mezclas de herbicidas después de 30 días de aplicación.....	43
figura 12. Gráfica de porcentaje de control a los 45 días después de la aplicación (45 DDA) .....	44
figura 13. Costos de herbicidas después de 45 días de aplicación.....	45

**Página**

figura 14. Gráfica de porcentaje de control a los 60 días después de la aplicación (60 DDA) .....	46
figura 15. Precipitación diaria promedio por mes en el año 2013.....	47
figura 16. Comportamiento de las moléculas de herbicidas durante 60 días. ....	47
figura 17. Gráfica de porcentaje de control a los 50 días después de la aplicación (50 DDA) .....	49
figura 18. Costos de herbicidas después de 50 días de aplicación.....	49
figura 19. Análisis de varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA) .....	50
figura 20. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA).....	51
figura 21. Análisis de varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA) .....	52
figura 22. Gráfica de medias de altura de tallos de azúcar por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA).....	52
figura 23. Análisis de varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA) .....	53
figura 24. Gráfica de medias de clorofila por tratamiento a los 30 días después de la aplicación (30 DDA).....	54
figura 25. Análisis de varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 45 días después de la aplicación (45 DDA) .....	55
figura 26. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 45 días después de la aplicación (45 DDA).....	55
figura 27. Análisis de varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 45 días después de la aplicación (45 DDA) .....	56
figura 28. Análisis de varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 45 días después de la aplicación (45 DDA) .....	56
figura 29. Análisis de varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA) .....	57

**Página**

figura 30. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA).....	58
figura 31. Análisis de varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA) .....	59
figura 32. Gráfica de medias de altura de tallos de azúcar por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA).....	59
figura 33. Análisis de varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA) .....	60
figura 34. Gráfica de medias de clorofila por tratamiento a los 60 días después de la aplicación (60 DDA).....	61

**ÍNDICE DE CUADROS**

cuadro 1. Priorización de problemas del programa de investigación en malezas. ....	10
cuadro 2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar .....	17
cuadro 3. Principales malezas, según su orden de importancia en la agroindustria azucarera. ....	23
cuadro 4. Períodos críticos de interferencia según el estrato altitudinal de la zona cañera. ....	24
cuadro 5. Herbicidas utilizados en el experimento. ....	35
cuadro 6. Tratamientos utilizados en la investigación. ....	36
cuadro 7. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 30 días después de la aplicación (30 DDA) .....	42
cuadro 8. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 45 días después de la aplicación (45 DDA) .....	44
cuadro 9. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 60 días después de la aplicación (60 DDA) .....	46
cuadro 10. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 50 días después de la aplicación (50 DDA) .....	48
cuadro 11. Niveles de infestación establecidos según su valor de importancia .....	72

**Página**

cuadro 12. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Ana Bella.....	72
cuadro 13. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Candelaria.....	73
cuadro 14. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca el Rosario. ....	73
cuadro 15. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Frisia. ....	73
cuadro 16. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Líbano. ....	73
cuadro 17. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Irene.....	74
cuadro 18. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Las Cuevas. ....	74
cuadro 19. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Manglares. ....	74
cuadro 20. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Nuevo San Carlos.....	74
cuadro 21. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca San Antonio El Valle.....	75
cuadro 22. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Rita. ....	75
cuadro 23. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Cristina.....	75
cuadro 24. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca San Patricio.....	76
cuadro 25. Nivel de infestación y valor de importancia promedio por finca.....	76
cuadro 26. Clasificación de la solubilidad de las moléculas en base a sus valores ppm.....	82
cuadro 27. Lipofilicidad de las moléculas según su kow. ....	82
cuadro 28. Adsorción del plaguicida al suelo según su valor de koc.....	83
cuadro 29. Características físicas y químicas de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas. ....	84
cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas. ....	90
cuadro 31. Descripción de malezas controladas por el 2-4 D. ....	95
cuadro 32. Descripción de malezas controladas por las cloroacetamidas. ....	96
cuadro 33. Descripción de malezas controladas por las imidazolinonas.....	96
cuadro 34. Descripción de malezas controladas por las triazinas. ....	97
cuadro 35. Descripción de malezas controladas por la pendimentalina.....	98
cuadro 36. Descripción de malezas controladas por las triazinonas. ....	98



**Página**

cuadro 37. Descripción de malezas controladas por las sulfonilureas. ....	99
cuadro 38. Descripción de malezas controladas por las triazolinonas. ....	99
cuadro 39. Descripción de malezas controladas por las ureas sustituidas. ....	100
cuadro 40. Descripción de malezas controladas por isoxaflutole. ....	100
cuadro 41. Descripción de malezas controladas por dicamba. ....	101
cuadro 42. Descripción de malezas controladas por el flumioxazin. ....	101
cuadro 43 Descripción de malezas controladas por los ácidos piridina carboxílicos..	102
cuadro 44. Descripción de malezas controladas por el glifosato. ....	102
cuadro 45. Descripción de malezas controladas por el topramezone. ....	103
cuadro 46. Descripción de malezas controladas por el indaziflam. ....	103
cuadro 47. Descripción de malezas controladas por el oxyfluorfen. ....	104
cuadro 48. Descripción de malezas controladas por el piraflufen etil. ....	104
cuadro 49. Descripción de malezas controladas por el clomazone. ....	105
cuadro 50. Descripción de malezas controladas por el saflufenacil. ....	105

## RESUMEN GENERAL

El capítulo I presenta un diagnóstico de la situación actual del Departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena, definiendo como tal su estructura organizacional y su funcionamiento; también se describe el funcionamiento del programa de malezas. Se lograron identificar las principales problemáticas que existen actualmente en dicho programa, las cuales fueron priorizadas categóricamente.

El capítulo II, es la elaboración de una evaluación experimental, utilizando mezclas de herbicidas como opciones de manejo para malezas de hoja ancha, aplicadas en momento pre emergente en caña de azúcar. Dicha evaluación se llevó a cabo en la finca Santa Elisa del Ingenio Magdalena; las aplicaciones se realizaron en la variedad CP 73 – 1547, tomando como variables de respuesta los días de control, el costo por día control y la fitotoxicidad. Después de 50 días de aplicación se determinó que las mezclas de herbicidas más eficaces eran la de Proponit con Dinamic y Harness con Dinamic ya que alcanzaron un control superior al 80% en este periodo de manejo.

El capítulo III está constituido por dos servicios. El primero fue la determinación de los niveles de infestación de *Cyperus rotundus* L. en fincas productoras pertenecientes al Ingenio Magdalena, que se encuentran localizadas en los estratos bajo y litoral, se utilizó como herramienta el valor de importancia, la cual nos permitió categorizar su infestación, tomando como base los valores de densidad, cobertura y frecuencia de dicha especie.

El segundo proyecto es un vademécum de moléculas de herbicidas, que en términos generales es una recapitulación que contiene información fundamental, como las propiedades físicas y químicas de herbicidas, su mecanismo de acción y su aplicación sobre las diferentes especies de malezas existentes en la región sur del país.



## **CAPÍTULO I**

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA ESCUINTLA.**

## **1.1 PRESENTACIÓN**

La introducción de tecnología e investigación en los últimos años de la agroindustria azucarera han sido factores positivos para producir azúcar, prueba de ello es que Guatemala es el país más productor de azúcar en la región centroamericana (Meneses, A. 2,013). El Ingenio Magdalena cuenta con un área de producción de aproximadamente 57,092.41 hectáreas (García, S. 2013) y por su extensa área existen diversidad de problemas que influyen en la producción.

Para contra restar esta diversidad de problemas que existen en la producción de la caña de azúcar, el Ingenio Magdalena creó la División de investigación y desarrollo, que integra el departamento de Investigación Agrícola, que a su vez cuenta con cuatro programas de investigación estos son: programa de riego, programa de suelos y fertilidad, programa de malezas y labores de cultivo y programa de productos. Dentro de estos programas el que más importancia ha tenido es el programa de malezas y labores de cultivo, que se encarga principalmente de recomendar diferentes estrategias para el control de malezas de hoja ancha, gramínea y cyperáceas. La función primordial de este programa es generar tecnologías para el control de maleza en las diferentes regiones del área cultivada al menor costo y con altos rendimientos de azúcar, tratando de no alterar el medio ambiente.

El presente diagnóstico se realizó en la División de investigación y desarrollo del Ingenio Magdalena S.A., en el municipio de la Democracia, Escuintla.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General**

- Diagnosticar la situación actual del departamento de investigación agrícola.

### **1.2.2 Específicos**

- Describir la organización y el funcionamiento del departamento de investigación agrícola.
- Describir el funcionamiento del programa de malezas
- Identificar y priorizar los principales problemas que existen en el programa de malezas.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 Información primaria**

#### **1.3.1.1 Entrevista**

Se realizó una entrevista con el jefe del departamento agrícola del Ingenio Magdalena, para conocer el funcionamiento del departamento de investigación agrícola y sus principales programas, se comentó sobre la misión y visión que tiene el departamento, además se hizo una presentación de cómo está estructurado el departamento de investigación agrícola.

#### **1.3.1.2 Observación**

Se realizó un recorrido por el ingenio, para conocer las instalaciones principales (oficinas y bodega), materiales y equipo que utilizan así como también el personal con el que cuenta el departamento de investigación en cada uno de sus programas.

### **1.3.2 Información secundaria**

La información primaria fue complementada con la información secundaria, se recolectó información de documentos y trabajos de investigación realizados por la facultad de agronomía y también se utilizó la página oficial del Ingenio Magdalena.

## **1.4 RESULTADOS**

### **1.4.1 Historia**

El departamento de investigación fue creado gracias a la labor del ingeniero Jorge Luis Juárez en el año de 1992, con la finalidad buscar opciones tecnológicas adaptables que incrementen los rendimientos en toneladas de caña y azúcar por hectárea (Hip, MA. 2013).

Durante los inicios se observó que la demanda de investigación se incrementaba en cada zafra y surgían problemas que ameritaban ser investigados, por lo que después de 17 años de haber sido creado el departamento de investigación, se decidió que la investigación debía ser más específica, por lo que en el año 2009 fueron creados 4 programas de investigación: suelos y fertilidad, productos, malezas y riegos. En la actualidad estos programas se encargan de desarrollar tecnologías en sus respectivas ramas (Hip, MA. 2013).

### **1.4.2 Ubicación geográfica**

Las oficinas del departamento de investigación se encuentran localizadas en el km 99.5 carretera a Sipacate, en el municipio de La Democracia, Escuintla, en el interior de la finca Bugarvilia en las oficinas administrativas 400 del Ingenio Magdalena, S.A. La finca está ubicada a 107 km aproximadamente de la ciudad de Guatemala. Colinda al Norte con finca Santa Marta y Los Amigos, al Sur con finca Santa Ricarda, al Este con Río Achíguate, y al Oeste con finca San Patricio (Corea, JM. 2008). Las coordenadas correspondientes a estas oficinas son W 90°56'4.28" y N 14°7'14.37".



Figura 1. Ubicación del Departamento de investigación agrícola en el Ingenio Magdalena. Fuente: Google Earth 2014.

### 1.4.3 Estructura de la organización

Según Tuchán, J. (2013) la división de Investigación y desarrollo agrícola cuenta con una estructura organizacional de orden jerárquico, el cual está liderado por un gerente que administra los recursos y da respaldo a las investigaciones. En la división se encuentran cinco departamentos que cumplen diferentes funciones, uno de ellos es el departamento de investigación agrícola que se encarga de planificar, coordinar y aprobar las investigaciones, además analiza resultados, asesora evaluaciones establecidas en campo y entrega informes a gerencia (García, S. 2013).

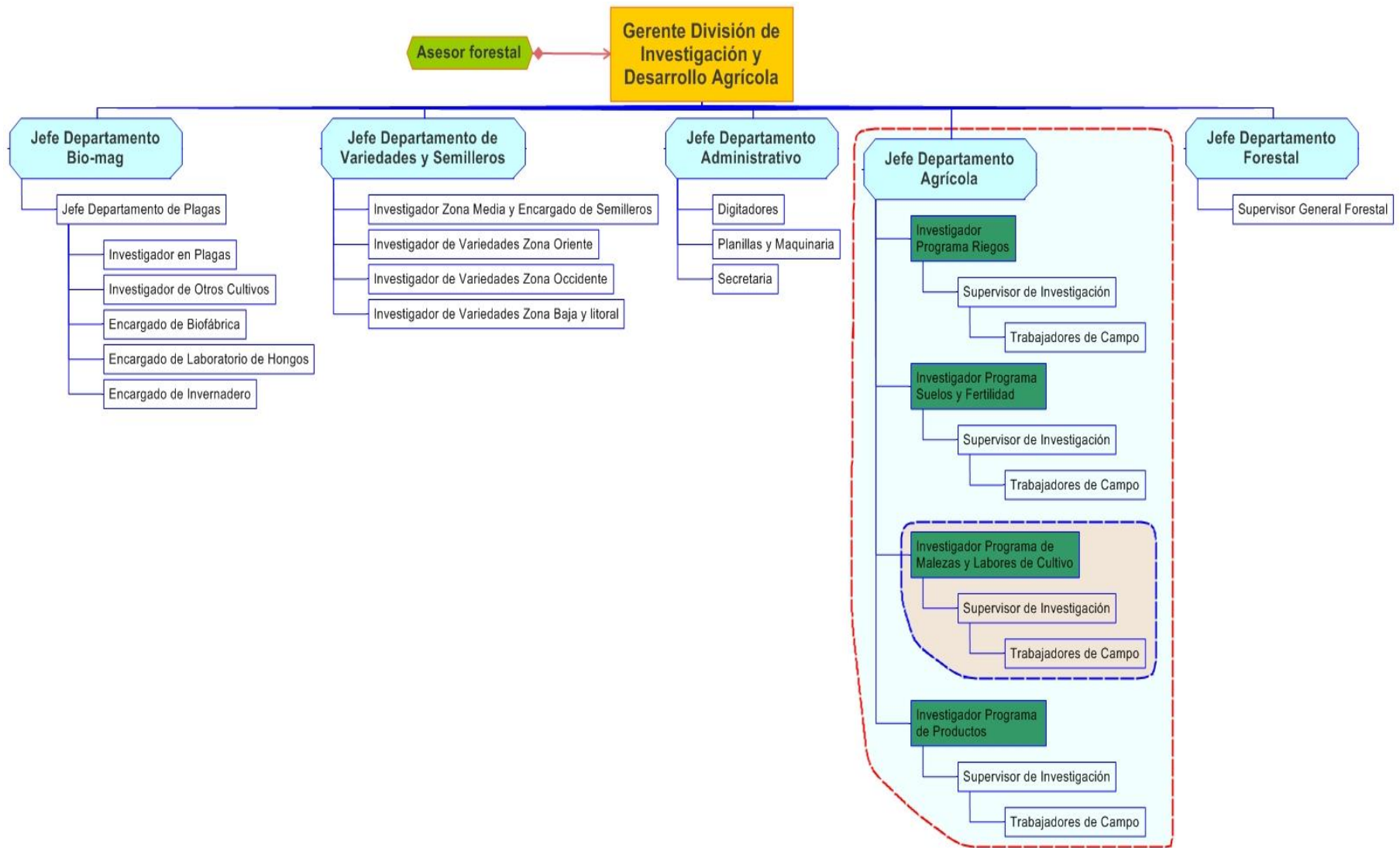


Figura 2. Organigrama del departamento agrícola, Fuente: IMSA S.A.



#### **1.4.4 Funcionamiento del departamento de investigación agrícola**

La función del departamento de investigación es la generación y aplicación de alternativas tecnológicas para tener una mejora constante en la producción del cultivo de caña de azúcar y todos sus derivados. Para realizar este trabajo se realizan las siguientes actividades:

- a) **Diagnóstico:** Los investigadores se relacionan e interactúan con el personal de las diferentes áreas que trabajan en los procesos productivos de caña y sus derivados. Los investigadores observan, entrevistan y analizan tanto bases de datos como hechos ocurridos, para conocer las situaciones y tendencias actuales de cada área relacionada con la producción.
- b) **Planificación y coordinación:** Los investigadores planifican las metodologías a realizar, para llevar a cabo investigaciones así como la coordinación de las personas implicadas y actividades a realizar durante cada proceso investigativo.
- c) **Experimentación:** Esta se lleva a cabo cuando hay que solucionar un problema ó una nueva tecnología.
- d) **Evaluación:** Si una nueva tecnología genera resultados satisfactorios, esta es evaluada en parcelas de prueba o también llamadas pruebas semi comerciales, en estas parcelas la tecnología aún se encuentra en evaluación debido a que se desea observar su comportamiento en un volumen productivo mayor al de una parcela experimental.
- e) **Recomendación:** Cuando una tecnología obtiene resultados prometedores en el proceso de experimentación y evaluación, todos los datos analizados son integrados por los investigadores, los cuales son presentados ante la gerencia y el personal de campo, cada tecnología es referenciada en su dominio de recomendación o las condiciones en las cuales debe ser aplicada.
- f) **Asesoría:** El departamento de investigación agrícola ofrece asesoría a toda persona que utilice las tecnologías que fueron aprobadas y recomendadas por el departamento de investigación.

### 1.4.5 Descripción del programa de malezas

Según Cruz, W. (2013), el programa de malezas se encarga de evaluar diversas estrategias de control, en especial el uso de moléculas de herbicidas que sean eficientes en el control de malezas de hoja ancha, gramíneas y cyperaceas sin causar fitotoxicidad al cultivo, la función primordial de este programa es innovar en tecnología adaptable para el control de maleza en las diferentes regiones del área cultivada al menor costo y con altos rendimientos de azúcar, tratando de no alterar el medio ambiente, así como también tiene a su cargo otro tipo de evaluaciones como tipos de surqueo, tipos de siembra, estimación de pérdidas en cosecha, daños en cosecha, labores de cultivo, y otros. El programa cuenta con un investigador de experiencia en el cultivo de la caña de azúcar y en el manejo de malezas, esta persona tiene la responsabilidad de coordinar una serie de actividades las cuales son:

- Experimentación agrícola
- Ubicar las investigaciones aprobadas en el campo
- Realizar monitoreos y muestreos de las investigaciones
- Entregar las boletas de muestreo al digitalizador
- Realizar análisis y discusión de resultados
- Dar recomendaciones después de analizar los resultados
- Divulgar la información con otros departamentos interesados

El programa de malezas cuenta con los siguientes recursos:

Físicos:

- 1 vehículo tipo pick up diesel
- Combustible
- 1 computadora
- 1 Impresora
- 1 oficina

- Internet
- bodega de herbicidas
- 4 Bombas de mochila
- Boquillas para asperjar TF 2.5
- Productos herbicida (32 moléculas diferentes)
- Adherentes y surfactantes
- Equipo de protección

#### Humanos

- 1 investigador de malezas
- 1 digitalizador de información
- 1 supervisor de investigación
- 8 trabajadores de campo

#### **1.4.5.1 Principales problemáticas identificadas en el programa de malezas**

- El ingenio cuenta con 57,092.41 hectáreas de área cultivada y los problemas principales son: La heterogeneidad que existe en los suelos, el clima, la radiación solar, la precipitación, población de maleza, etc.
- El 2-4D es uno de los principales herbicidas que se utiliza en las mezclas de control de maleza, pero según boletín publicado en el año 2013 por la RAS (red de agricultura sostenible), ésta molécula se encuentra sujeta a un período de eliminación progresivo de 3 años por IARC (Todas las sustancias con probable riesgo de cáncer), por lo que se necesita evaluar moléculas que garanticen un control óptimo en malezas de hoja ancha.
- El banco de semillas de maleza sigue en constante crecimiento por lo que se necesitan medidas de control.
- Las altas poblaciones y variedades de especies de malezas que existen hacen que las administraciones aumenten sus costos en sus mezclas comerciales para controlar maleza.

- Actualmente no existen evaluaciones de impacto ambiental para reducir la contaminación por pesticidas.
- El cultivo de la caña tiene un manejo intensivo y varias labores, es por esta razón que se necesita evaluar cada labor.

#### 1.4.5.2 Priorización de problemas

Luego de identificar los principales problemas que existen en el programa de malezas se realizó una priorización de los mismos, tomando en cuenta las diferentes problemáticas y la relación que existe entre un problema con otro, ver cuadro 1.

Cuadro 1. Priorización de problemas del programa de investigación en malezas.

NIVEL	PROBLEMA
<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ante la pronta prohibición del uso de 2-4D según boletín publicado por la RAS (Red de Agricultura Sostenible) en el año 2013, se necesita evaluar moléculas para el control de malezas de hoja ancha.</li> <li>• El banco de semillas de maleza sigue en constante crecimiento por lo que se necesitan medidas de control.</li> <li>• Las altas poblaciones y variedad de especies de malezas que existen hacen de que las administraciones aumenten sus costos en sus mezclas comerciales para controlar maleza.</li> </ul>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El ingenio cuenta con 57,092.41 hectáreas de terreno cultivado, por lo que uno de los problemas es la heterogeneidad de suelo, de clima, radiación solar, precipitación, población de maleza, y otros factores existentes en la zona.</li> <li>• Actualmente no existen evaluaciones de impacto ambiental para reducir la contaminación por pesticidas.</li> </ul>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cultivo de la caña necesita de mucho manejo de cultivo por lo que se necesita evaluar la secuencia de labores de cultivo.</li> </ul>

En el cuadro 1, se observa la priorización de los problemas, que se dividen en 3 bloques y se categorizan con las letras A, B y C. Para categorizar cada problema se utilizaron los criterios del impacto económico del problema, así como la premura con la que se desean resolver dentro del programa de malezas. Los problemas que pertenecen al bloque “A” son problemas que se desean atender en el corto plazo por lo que poseen el nivel jerárquico más alto. Tal y como se puede observar en el cuadro 1, los problemas de categoría A guardan cierta relación debido a que se necesita trabajar en alternativas tecnológicas que puedan ser utilizadas como sustitutos del 2-4D y que sean de mucha utilidad para el manejo de las diferentes especies de malezas que existen en las zonas productivas del Ingenio Magdalena. Los problemas de categoría B son problemas que tienen influencia sobre la producción pero debido a que se necesita realizar inversiones económicas se desean atender en el mediano plazo o bien pueden ser para el largo plazo. Los problemas de categoría C son también de importancia pero no son tan prioritarios como los antes mencionados, estos pueden ser realizados en el largo plazo.

## **1.5 CONCLUSIONES**

- El departamento de investigación para hacer más eficiente su funcionamiento está organizado en cuatro programas: Programa de Riegos, Programa Suelos y Fertilidad, Programa de maleza y Programa de Productos.
- La función principal del programa de malezas es innovar tecnología adaptable para el control de maleza en las diferentes regiones del área cultivada, al menor costo y con altos rendimientos de azúcar tratando de no alterar el medio ambiente.
- Los principales problemas identificados y priorizados en el programa de malezas fueron: El banco de semillas de maleza sigue en constante crecimiento por lo que se necesitan medidas de control. Las altas poblaciones y variedad de especies de malezas, hacen que las administraciones aumenten sus costos en las mezclas comerciales para controlarlas y ante la prohibición del uso de 2-4D se necesita como prioridad evaluar moléculas para el control de malezas de hoja ancha.

## 1.6 RECOMENDACIONES

- Realizar investigación para observar el comportamiento de diferentes moléculas que sean opciones químicas para el manejo de malezas de hoja ancha que puedan sustituir el uso de 2-4D a corto plazo.
- Identificar las malezas de mayor importancia en los diferentes estratos, para poder definir una estrategia de control más directo y eficaz en las diferentes poblaciones arvenses.
- Determinar el valor de importancia de la especie de maleza con mayor presencia en las fincas del ingenio y que más afecte al desarrollo del cultivo.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Corea Ochoa, JM. 2,008. Manejo de las poblaciones de barrenadores del tallo y complejo de plagas del suelo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), finca Bugarvilia, La Democracia, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 3.
2. Cruz, W. 2,013. Programa de malezas (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
3. García, S. 2,013. Distribución de las especies de malezas existentes en las zonas agroecológicas de la administración central del ingenio Magdalena, diagnostico y servicios, Escuintla, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 9.
4. Hip, MA. 2013. Historia de la división de investigación (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
5. Meneses, A. 2013. Comparación de productividad de las agroindustrias azucareras de Centro América. *In* Presentación de resultados de investigación zafra 2012 – 2013 (2013, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, GT). Memoria CENGICAÑA. Eds. A.

- Meneses; M. Melgar; H. Orozco; P. López y K. Corado. Escuintla, Guatemala. v. 1, p. 387- 398.
6. RAS (Red de Agricultura Sostenible, US). 2013. Primer borrador para consulta pública: normas de agricultura sostenible para grupos de productores y fincas agrícolas y ganaderas (en línea). Estados Unidos de América. 73 p. Consultado 7 jul. 2013. Disponible en [http://publicconsultation.sanstandards.org/assets/images/uploads/files/RAS%20Normas%20para%20Agricultura%20Sostenible%20PRIMER%20BORRADOR%20Abril%202013\(2\).pdf](http://publicconsultation.sanstandards.org/assets/images/uploads/files/RAS%20Normas%20para%20Agricultura%20Sostenible%20PRIMER%20BORRADOR%20Abril%202013(2).pdf)
  7. Tuchán, JL. 2013. Estructura y funcionamiento del departamento de investigación (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.



**CAPÍTULO II**  
**EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE OPCIONES PARA EL MANEJO DE MALEZAS**  
**DE HOJA ANCHA CON ENFOQUE PREEMERGENTE EN LA FINCA SANTA ELISA,**  
**DEL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.**



## 2.1 INTRODUCCIÓN

La presencia de malezas es uno de los principales factores que reducen el rendimiento, tanto en caña como en otros cultivos, por lo que el manejo de malezas debe ser una de las actividades prioritarias. El manejo de la maleza en la agricultura es una de las prácticas más antiguas y costosas. Los métodos de manejo han venido evolucionando con el pasar de los años, desde tener un manejo manual o mecánico hasta manejo químico o manejo biológico.

La extensa presencia de malezas en las fincas productoras del Ingenio Magdalena ha puesto a trabajar fuerte al programa de investigación de malezas, pues el desarrollo inicial de la planta de caña es lento, por lo que si en esta época crítica no se eliminan las malezas, la población y la producción del cultivo pueden reducirse hasta en 40% (Portabella JR, 2008).

En caña de azúcar, el principal daño está en la competencia que ejercen las malezas al momento de la germinación y los cuatro meses que le sirven al cultivo para establecerse y desarrollarse, cuando el crecimiento es lento y el follaje del cultivo no logra cubrir completamente la superficie cultivada entonces es allí cuando las malezas aprovechan para proliferarse.

El método sobre el cual se basa el manejo de las malezas de hoja ancha del presente documento es el manejo químico a través de herbicidas utilizados con un enfoque de preemergencia. Generalmente la presencia de las malezas representa una amenaza cuando el cultivo se encuentra en la etapa inicial, por lo que se utilizan agroquímicos como método de manejo de malezas, es decir aplicación de herbicidas, en las primeras etapas de desarrollo del cultivo es común el uso de herbicidas pre-emergentes, los cuales tienen como principal objetivo evitar o reducir la emergencia de malezas. El objetivo de esta investigación es evaluar cual es la mezcla de moléculas como opciones que garanticen mayor eficiencia para el manejo de emergencia de las malezas de hoja ancha. El ensayo se realizó en una finca del Ingenio Magdalena, seleccionando un lote en donde exista renovación de caña es decir caña en plantía utilizada para semillero.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Marco conceptual

#### 2.2.1.1 Cultivo de la caña de azúcar

Su centro de origen es Nueva Guinea y esta fue llevada hacia islas cercanas, China y la India. En Guatemala la caña de azúcar comenzó a cultivarse en 1536, los primeros trapiches se fundaron durante el siglo XVI. La caña de azúcar es una gramínea del género *Saccharum*, es una especie que se caracteriza por el desarrollo de su sistema vegetativo subterráneo del cual nace gran número de tallos y a los cuales en conjunto se le llama “cepa”. Las cepas están formadas por el conjunto de tallos que inicialmente se originan de las yemas de los nuevos brotes subterráneos. En su madurez tiene la mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares. Potencialmente la caña puede producir alrededor de 45 t de masa seca año ha<sup>-1</sup>, al considerar la parte aérea puede producir 22 t azúcar año ha<sup>-1</sup>. (SIPOVE, 2,014).

**2.2.1.1.a Sistema radicular:** Existen de dos tipos los cuales pueden ser primordios radiculares que tienen un período de vida de 30 a 40 días, y las raíces perennes, que brotan de los macollos, que se forman a partir de los esquejes (Martínez JC. 2,007).

**2.2.1.1.b El tallo:** Es la parte morfológica que presenta mayor valor económico, debido a que allí se almacena sacarosa (azúcares), el tallo está formado por una serie de nudos que es donde se localizan las yemas, separados por los entrenudos que pueden ser de 7 a 45 dependiendo la variedad. Se pueden presentar de 10 a 18 tallos por metro lineal, lo cual puede dar una población de 60 a 70 mil tallos por hectárea (Martínez JC. 2,007).

**2.2.1.1.c Las hojas:** El origen de las hojas parte de los nudos, generalmente están distribuidas de forma alterna en el tallo, la hoja está formada por la lamina foliar y por la vaina, la unión de ambas se llama lígula. En los extremos existe una aurícula pubescente (Martínez JC. 2,007).

**2.2.1.1.d La inflorescencia:** es una espigada paniculada sedosa, constituida por un eje principal donde se insertan las espiguillas, dispuestas por pares en cada articulación, donde se encuentra la flor, la cual es hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas (Martínez JC. 2,007).

### 2.2.1.2 Clasificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar

De acuerdo con el sistema de clasificación del sistema filogenético, la sistemática de la caña de azúcar es la siguiente:

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

<b>REINO</b>	Plantae
<b>SUBREINO</b>	Embryobionta
<b>DIVISION</b>	Magnoliophyta
<b>CLASE</b>	Liliopsida
<b>SUBCLASE</b>	Commelinidae
<b>ORDEN</b>	Cyperales
<b>FAMILIA</b>	Poaceae
<b>TRIBU</b>	<i>Androgoponeae</i>
<b>GENERO</b>	<i>Saccharum</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Saccharum officinarum</i> L.

### 2.2.1.3 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar es un cultivo que posee cuatro fases de crecimiento:

#### 2.2.1.3.a Fase de germinación y establecimiento (30 - 50 días).

En esta fase inicia la brotación a partir de las yemas presentes en los esquejes sembrados o de los que quedan en pie después de la cosecha del cultivo anterior. La disponibilidad adecuada de agua es importante ya que un déficit hídrico reduce la población de adultos debido a que tienen un sistema radicular pequeño y poco profundo impactando el rendimiento de azúcar, otro factor importante es el manejo de malezas para evitar que otras plantas compitan por agua, espacio o causen algún efecto alelopático (SIPOVE, 2,014).

La germinación de las yemas es influenciada por factores externos como la humedad, temperatura y aireación del suelo y por factores internos como sanidad de la semilla, humedad del esqueje, contenido de azúcar y estado nutricional del esqueje. Existe una mejor germinación en suelos abiertos, bien estructurados y porosos (SIPOVE 2,014).

#### **2.2.1.3.b Fase de amacollamiento (50 - 120 días).**

En esta etapa también inicia la ramificación subterránea llamada amacollamiento, que se origina a partir de los nudos del tallo primario proporcionándole al cultivo un número adecuado de hojas activas y tallos, comenzando a cerrar la plantación y permitiéndole obtener un buen rendimiento. En esta etapa su crecimiento y rendimiento es más exigente de agua. El tallo comienza una elongación inicialmente rápida y alcanza contenidos de fibra elevados mientras que los niveles de sacarosa son bajos. .

Los tallos que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados mientras que los formados más tarde mueren o se quedan cortos o inmaduros, los manejos culturales como el distanciamiento entre plantas, la fertilización, la disponibilidad de agua y el control de malezas afectan el amacollamiento (SIPOVE 2,014).

#### **2.2.1.3.c Fase de Crecimiento o elongación (120 - 220 días).**

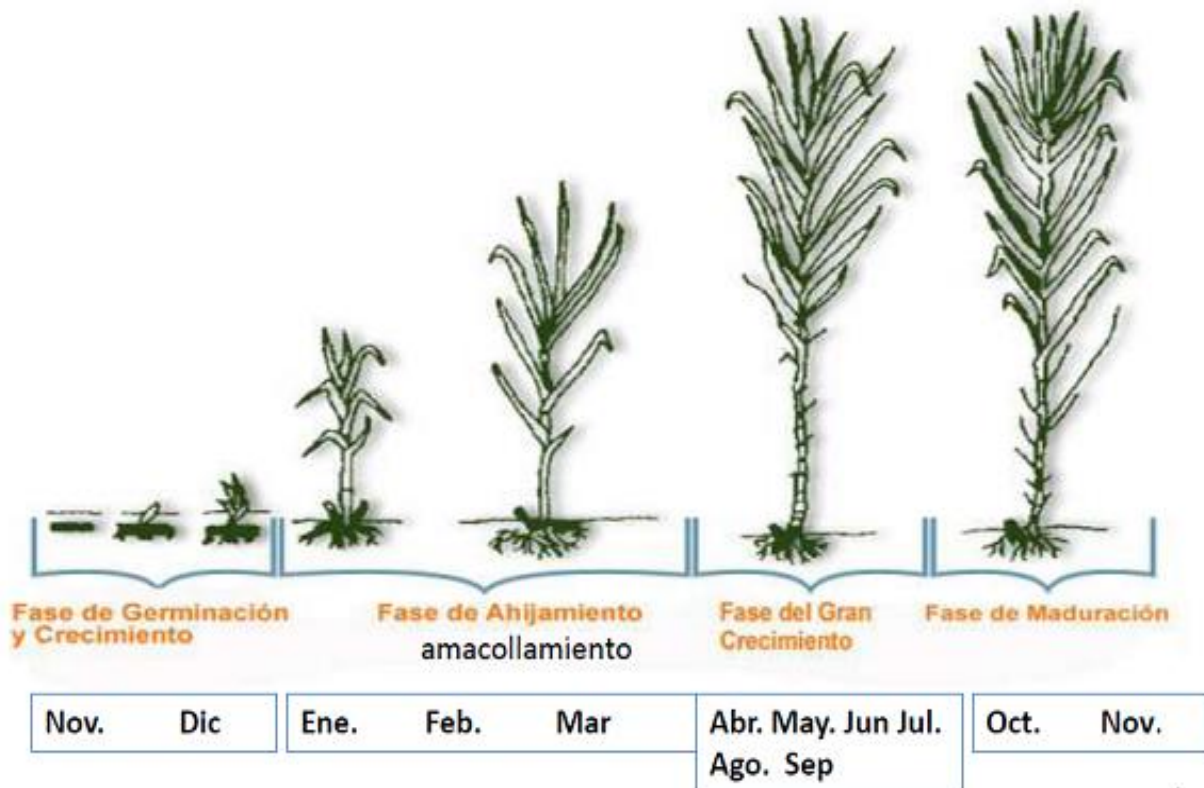
.Esta es la fase más importante del cultivo ya que se determina la formación y elongación de la caña y su rendimiento. En esta fase inicia el período de madurez de los tallos caracterizado por el aumento de biomasa y del número de tallos por área. La disponibilidad de agua es fundamental para que el sistema radicular se desarrolle y pueda absorber los nutrientes del suelo, si existiera un estrés hídrico la planta inicia su proceso de maduración y detendría la acumulación de sacarosa antes de su etapa óptima (SIPOVE 2,014).

Durante la primera etapa de esta fase ocurre una estabilización de los tallos, de todos los tallos germinados sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar tallos molederos. En esta fase existe un crecimiento rápido de los tallos con la formación de hasta 4 o 5 nudos por mes, así como un follaje frecuente y rápido (SIPOVE 2,014).

### 2.2.1.3.d Fase de Maduración y cosecha (60 – 140 días)

Esta fase inicia dos o tres meses antes de la cosecha, requiere un bajo contenido de humedad del suelo, por lo que las frecuencias de riego se van alargando hasta llevar a la planta a un estrés hídrico para que la caña detenga su crecimiento y comience a acumular carbohidratos para la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) y sean transformados a sacarosa. En esta fase la maduración ocurre desde la base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta (SIPOVE 2,014).

Figura 3. Fases fenológicas de la caña de azúcar.



#### **2.2.1.4 Variedad CP 73 -1547**

La variedad de caña de azúcar CP 73 -1547 fue cruzada en Canal Point Florida en el año 1,973 su número correlativo de selección es el 1547, esta variedad es el resultado de las variedades CP 66 – 1043 y CP 56 – 63.

##### **2.2.1.4.a. Características morfológicas**

Esta variedad posee un hábito de crecimiento de tallos semi-abierto con regular cantidad de follaje. El entrenudo es de color verde amarillento ceroso y con manchas negras, este tiene una forma de crecimiento en zigzag. El nudo crece en forma cilíndrica. Yema levemente redonda protuberante con alas. El anillo de crecimiento semi-liso. La vaina posee un desprendimiento intermedio de color verde con manchas rojizas. La lamina foliar es ancha con borde aserrado. Aurícula en forma lanceolada larga y corta en un lado y en el otro transicional inclinada. Lígula deltoide con rombo. El cuello es de color verde oscuro (Guía técnica de variedades de caña de azúcar Magdalena 2011).

##### **2.2.1.4.b Características agronómicas**

Esta variedad se adecua para el estrato medio y bajo, posee un porcentaje de floración del 52 por ciento para el estrato medio y un 40 por ciento para el estrato bajo, su contenido de corcho es de 14 por ciento para el estrato medio y 30 por ciento para el estrato bajo, su contenido de fibra es de 12.5 por ciento, posee una incidencia baja a escaldadura y carbón, Es muy susceptible a ataque de chinche de encaje (*leptodyctia* sp.) (Guía técnica de variedades de caña de azúcar Magdalena 2011).

##### **2.2.1.5 Maleza**

Por definición es cualquier especie vegetal que crece de manera silvestre, se desarrolla de forma agresiva e impide el desarrollo de otras plantas, es decir que es una planta indeseable que se ubica en una zona cultivada o controlada por el ser humano impidiendo el desarrollo normal de otras especies.

Las malezas hablando en el lenguaje agrícola son aquellas que interfieren en el desarrollo normal del un cultivo debido a que compiten por luz, agua, nutrientes y espacio e influyen negativamente en el rendimiento del cultivo por unidad de área rendimiento por unidad de área.

Las características principales son la abundante producción de semillas que puede tener, porcentaje de germinación de semillas, la facilidad de dispersión de la semilla, la latencia de las semillas y su crecimiento vegetativo por lo que es común encontrar diferentes especies en un solo lugar, aspecto que hace difícil su control y que facilita la adaptabilidad de este tipo de plantas.

### **2.2.1.6 Clasificación de las malezas**

Estas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- a) Según su ciclo de vida:
  - Anuales
  - Bianuales
  - perennes
  
- b) Según la forma de sus hojas:
  - Hoja angosta (monocotiledóneas)
  - Hoja ancha (dicotiledóneas)

**2.2.1.6.a Hoja angosta:** Pertencen al grupo de las bianuales y perennes porque la mayoría no muere en el primer año, resisten bajas temperaturas y producen grandes cantidades de semillas, aquí se encuentran las malezas más difíciles de manejar y las que más elevan los costos. Según Espinoza G. (2,013) entre las malezas de hoja angosta se encuentran:

- Cyperaceas
- Gramíneas (poaceae)
- Gramíneas que formas macoyas
- Gramíneas con inflorescencia en espiga simple
- Gramíneas con inflorescencia en espiga múltiple
- Gramíneas que formas estolones

**2.2.1.6.b. Hoja ancha:** Son plantas anuales, se reproducen por semilla, crecen con rapidez y no soportan las bajas temperaturas, sus semillas quedan en el suelo en estado de latencia hasta que llegue de nuevo la temporada de lluvia, son más fáciles de manejar y a un menor costo. Según Espinoza G. (2,013) entre las malezas de hoja ancha están:

- Malezas con roseta en la base
- Malezas que no forman roseta de hojas en la base
- Plantas con tallo postrado y trepador
- Postradas de hoja ancha
- Lianas (bejucos)
- Plantas con tallo erecto
- Plantas con hojas simples
- Plantas con hojas compuestas

### **2.2.1.7 Principales malezas de la zona cañera**

Las malezas son plantas que han evolucionado bajo presiones naturales del entorno y del hombre, interfieren con el desarrollo adecuado del cultivo de la caña de azúcar, su interferencia varía dependiendo el comportamiento y adaptabilidad de la especie, en la agroindustria azucarera existen por lo menos 14 especies de mayor importancia en las mermas de producción, las cuales se indican en el cuadro 3. Según su orden de importancia (Melgar, M. 2012).



Cuadro 3. Principales malezas, según su orden de importancia en la agroindustria azucarera.

No. Según importancia	Maleza	Nombre Técnico
	<b>Cyperacea</b>	
1	Coyolillo ó coquito	<i>Cyperus rotundus</i> L.
	<b>Gramíneas</b>	
2	Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour) Clayton
3	Plumilla ó pajilla	<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv
4	Pasto Johnson ó sorgo forrajero	<i>Sorghum halapense</i> (L.) Pers
5	Zacatón	<i>Panicum máximum</i> Jaqc
6	Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers
	<b>Hojas anchas</b>	
7	Bejuco peludo	<i>Merremia quinquefolia</i> (L.) Hallier F
8	Campanilla ó quiebracajetes	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth
9	Campanilla ó bejuco	<i>Ipomoea triloba</i> L.
10	Jaibilla ó melón amargo	<i>Momordica charantia</i> L.
11	Papayita ó manita	<i>Croton lobatus</i> L.
12	Falsa verdolaga	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.
13	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.
14	Verdolaga de playa	<i>Kallstroemia máxima</i> (L.) Torr & Gray

### 2.2.1.8 Periodo crítico de competencia de la maleza en caña de azúcar

El período crítico de competencia es aquel en el que el cultivo debe permanecer sin maleza con la mínima presencia de ellas para que no mermen el rendimiento de caña y sacarosa por unidad de área.

La velocidad de crecimiento de la caña es lenta al inicio del ciclo; por otro lado el crecimiento de la maleza es rápido y vigoroso, por lo que la caña tiene cierta desventaja en el inicio de su desarrollo. Cuando el cultivo ha permanecido libre maleza durante la fase inicial y la plantación se desarrolla lo suficiente, el cultivo se vuelve un competidor agresivo de la maleza y a veces ya no es necesario realizar prácticas de control.

El período crítico concluye cuando se logra que la planta de caña haya alcanzado una altura cercana a los 90 cm. y los tallos posean entre 8 y 12 hojas, que ofrezcan suficiente sombra y eviten la filtración de la luz, lo que impide o reduce el crecimiento de flora espontánea.

En Guatemala los periodos críticos varían según su estrato altitudinal pues las condiciones de luz, suelo y agua son diferentes en cada estrato y a menor altura mayor es la competencia de maleza (Melgar, M. 2012).

Cuadro 4. Periodos críticos de interferencia según el estrato altitudinal de la zona cañera.

<b>ESTRATO</b>	<b>MSNM</b>	<b>PERIODO CRITICO DE INTERFERENCIA (DÍAS)</b>
<b>ALTO</b>	<b>MAYOR A 300</b>	<b>63</b>
<b>MEDIO</b>	<b>100 – 300</b>	<b>57</b>
<b>BAJO</b>	<b>40 – 100</b>	<b>&lt; 40</b>
<b>LITORAL</b>	<b>MENOR DE 40</b>	<b>&lt; 40</b>

#### **2.2.1.9 Manejo químico**

Este método es utilizado para erradicar o al menos retrasar el crecimiento de la maleza durante el periodo crítico de competencia, sin producir un deterioro significativo en la planta de caña. Los mejores resultados se obtienen cuando el control se realiza oportunamente. En aplicaciones tardías es ineficiente y a veces es necesario emplear mayor cantidad de producto; además, el resultado que se obtiene es pobre. En algunos casos, es necesario combinarlo con el control manual, para eliminar malezas cuyo tamaño no permite el control químico o porque muestran mayor resistencia a esta clase de productos. Para el control químico se deben de tomar en cuenta varios factores como la humedad del suelo, estado de maleza, tipos de productos, dosis, etc.

#### **2.2.1.10 Los herbicidas**

Un herbicida es un producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas no deseadas dentro de nuestro cultivo. Algunos actúan inhibiendo el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas. Los herbicidas ofrecen una manera más efectiva y económica de control de malezas que el método mecanizado. Los herbicidas se clasifican

### **2.2.1.10.1 Según su acción sobre las plantas:**

**2.2.1.10.1.a Selectivos:** los herbicidas selectivos son aquellos que cuando se aplican tienen una acción dirigida para cierto tipo de maleza y no causa daño al cultivo.

**2.2.1.10.1.b No selectivos:** Los herbicidas no selectivos son aquellos que eliminan todo tipo de vegetación con el que entren en contacto.

### **2.2.1.10.2 Según su movilidad dentro de la planta:**

**2.2.1.10.2.a. Sistémico:** Son absorbidos por los diferentes órganos de la planta ya sea por las raíces o por la parte aérea de las plantas y circulan dentro del sistema de la planta por medio del floema hasta llegar a tejidos en los que están más distantes. La mayoría son de amplio espectro, son efectivas en las malezas perennes.

**2.2.1.10.2.b. Contacto:** Actúa sobre las partes de la planta a cuyas superficies se aplica el producto químico y son más efectivos contra plantas anuales, aquellas malezas que germinan de semillas, no son translocables.

### **2.2.1.10.3 Según el momento de aplicación:**

**2.2.1.10.3.a. Pre emergentes:** los herbicidas pre emergentes son aquellos que aplican posteriormente hecha la siembra o cosecha de la caña, pero antes de la emergencia de la maleza, de la caña o de ambas, se recomienda que después de la aplicación no se debe mecanizar el suelo para no romper el sello de los productos y tengan mayor persistencia.

**2.2.1.10.3.b. Post emergentes:** Los herbicidas post emergentes son aquellos que se aplican cuando ya se ha presentado la emergencia de maleza. Cuando la maleza ha emergido y alcanza una altura menor a los 10 cm, se dice que corresponde a una aplicación en post emergencia temprana, cuando la maleza tiene una longitud de 15 o 20 cm se dice que es una aplicación de post emergencia tardía.

### **2.2.1.11 Fitotoxicidad de herbicidas en caña de azúcar**

Los niveles de fitotoxicidad dependen mucho de la etapa fenológica en que se encuentra el cultivo (Figura 4), existen 4 estadios de susceptibilidad y tolerancia de la caña de azúcar a la aplicación de herbicidas:

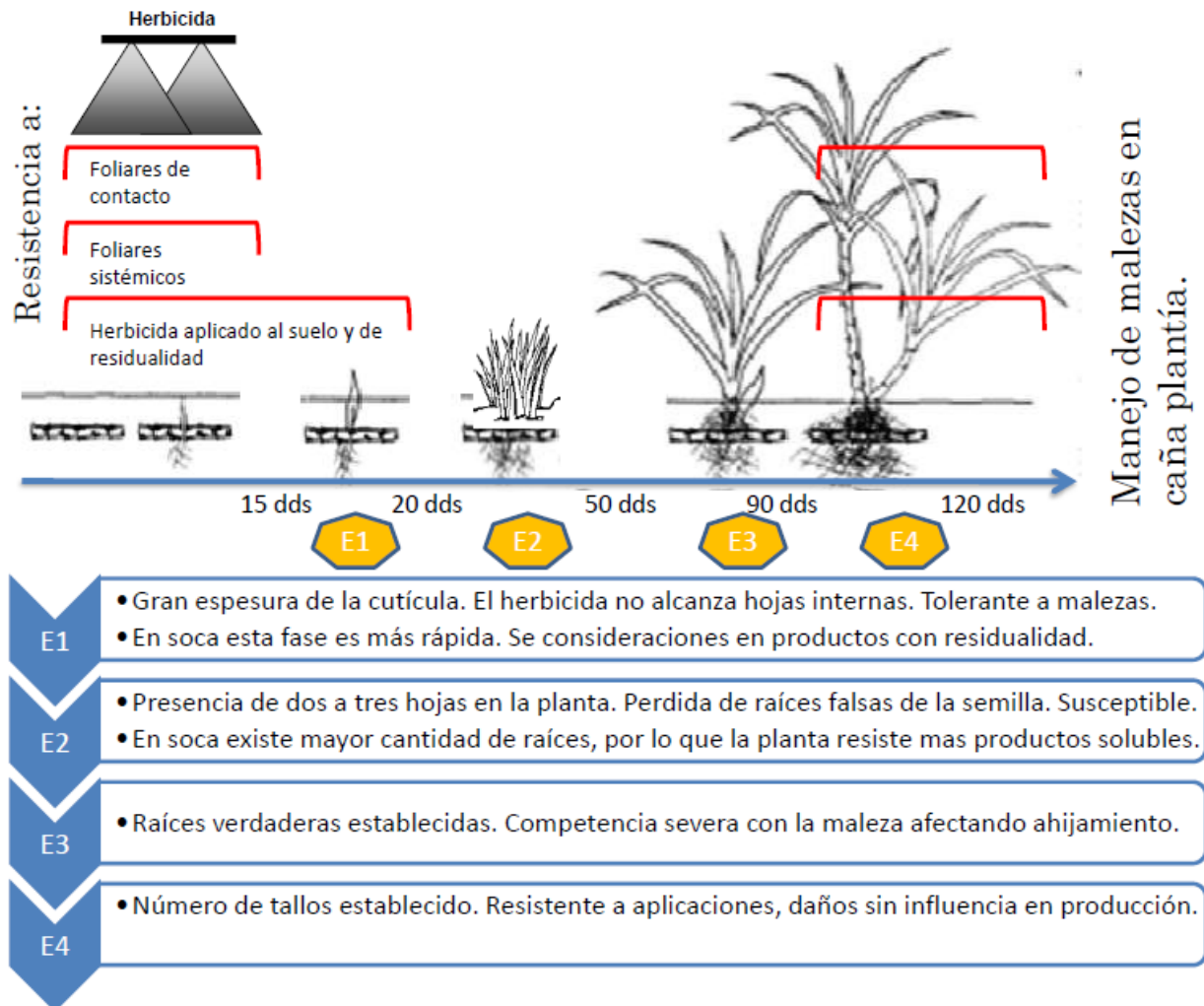
**a) Etapa 1:** Comprende un periodo desde la siembra a los 20 días, en esta etapa el herbicida no logra alcanzar las hojas internas las cuales presentan una cutícula más gruesa que brinda una protección a la planta, por lo tanto la planta se vuelve tolerante al herbicida y las malezas por lo que no se observa ningún nivel de toxicidad en la caña de azúcar (Melgar, M. 2012).

**b) Etapa 2:** Comprende desde los 20 a 50 días después de la siembra (DDS) en esta etapa el cultivo es susceptible a la aplicación de herbicidas debido a que ya existe follaje expuesto y no contiene un sistema radicular muy desarrollado, en caña soca el cultivo es más tolerante a la aplicación de herbicidas solubles ya que existe mayor presencia de raíces (Melgar, M. 2012).

**c) Etapa 3:** Comprende de 50 a 90 días después de la siembra (DDS), en esta etapa el cultivo ya cuenta con raíces verdaderas establecidas, durante este periodo existe severa competencia de la maleza y puede provocar ciertas complicaciones en el amacollamiento haciendo al cultivo más susceptible a la aplicación de herbicidas post emergentes (Melgar, M. 2012).

**d) Etapa 4:** Esta comprendida 120 días después de la siembra (DDS), también llamada cierre de cultivo, en esta fase el cultivo ya cuenta con tallos definidos y desarrollados por lo que es resistente a la aplicación de herbicida (Melgar, M. 2012).

Figura 4. Manejo de malezas en caña de azúcar.



## 2.2.2 Marco referencial

### 2.2.2.1 Localización

La finca Santa Elisa se encuentra en el municipio de La Democracia, Escuintla a aproximadamente unos 10 km de las oficinas administrativas 400 de la finca Buganvilla, al norte de la finca Santa Cristina y al este de la finca Santa Marta, El casco de Santa Elisa se localiza geográficamente en las coordenadas 14°10'8.03" latitud norte y 90°57'34.02" latitud oeste con una altitud de 90 metros sobre el nivel del mar (msnm).

### 2.2.2.2 Clima y zona de vida

Según el mapa de zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (CENGICAÑA 2,012) (figura 5), la finca de Santa Elisa se encuentra dentro de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical (cálido). Las condiciones climáticas registradas en el año 2013 por la estación meteorológica de la finca Bugarvilia son las siguientes:

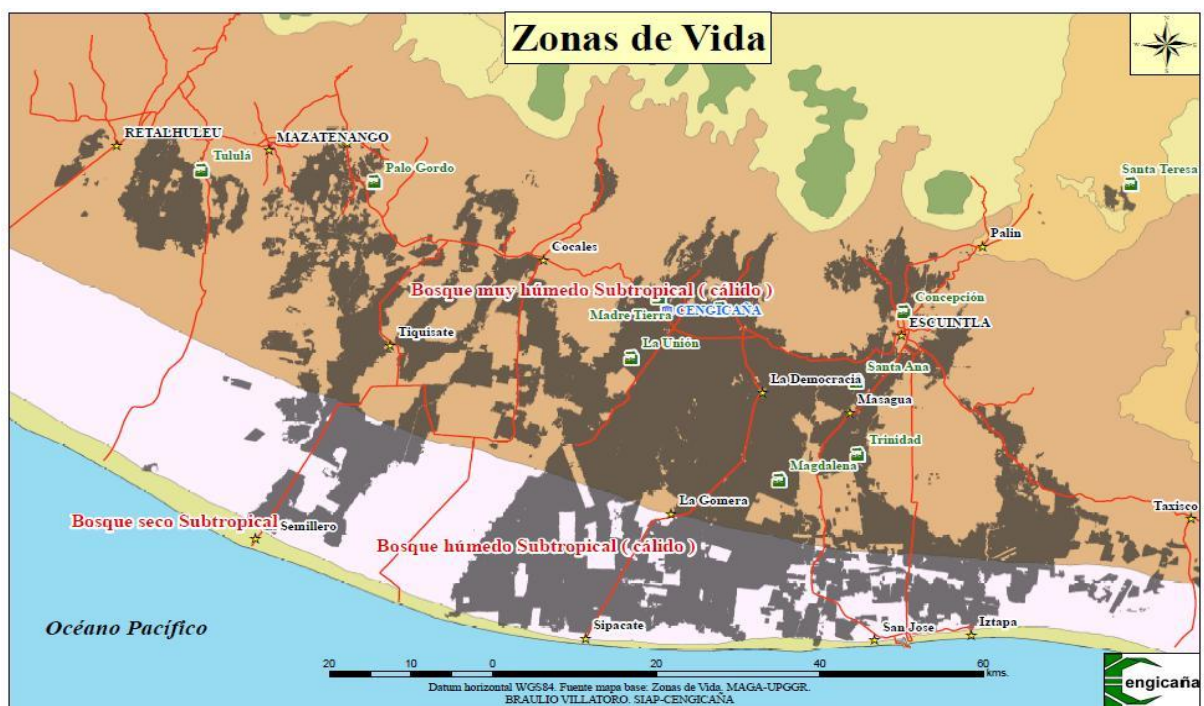
Precipitación en época húmeda 1,802.20 mm., distribuidos en 214 días, en los meses de mayo a noviembre y la precipitación en época seca 71.80 mm, distribuidos en 151 días en los meses de diciembre a abril.

Temperatura media anual: 26.69°C.

Humedad relativa (media): 78.5%

Radiación: 18692.02 W/m<sup>2</sup> en los meses de mayo a noviembre y 19264 W/m<sup>2</sup> en los meses de diciembre a abril.

Figura 5. Mapa de las zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala.



Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA).

### **2.2.2.3 Suelos**

Según el maestro de lotes del ingenio Magdalena (2,013) en la finca Santa Elisa predominan los suelos con textura de tipo franco arenoso del orden molisol. Los suelos molisoles ocupan el 40% del área cañera de Guatemala según Diplomado ingeniería cañera (2013), son suelos medianamente evolucionados de perfil ABC o AC, Presentan un horizonte "A" color oscuro, profundos, friables con contenidos medio y altos de materia orgánica, El Horizonte "C" es frecuentemente arenoso con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) alto y saturación de bases (SB) mayor al 50% en todos sus horizontes, su pH varia de ligeramente ácido a neutro (Vásquez 2006).

### **2.2.2.4 Moléculas a evaluar como opciones de eficacia en pre emergencia**

#### **2.2.2.4.1 Acetoclor**

Es herbicida selectivo sistémico de pre emergencia, utilizado para el manejo de malezas de hojas anchas y gramíneas, pertenece al grupo químico de las cloroacetamidas. Los síntomas que se observan en gramíneas son enrollamiento foliar sin poder desplegarse; en malezas de hoja ancha se observan arrugas. Su persistencia sobre las malezas puede durar hasta 60 días, dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones climáticas (Terralia, 2013).

**2.2.2.4.1.a Modo y mecanismo de acción:** Es absorbido por la radícula y secundariamente por las raíces. Se transloca acrópetalmente por toda la planta alcanzando concentraciones más altas en las partes vegetativas que en las reproductoras. Solamente afecta a las plantas en emergencia. Interfiere la absorción y el transporte de metabolitos así como la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y de otras moléculas relacionadas con el metabolismo de las giberelinas. Inhibe la mitosis y, en consecuencia, la división celular. Impide la biosíntesis de los ácidos grasos, de los lípidos (ceras epicuticulares) y de las antocianinas (Terralia, 2013).

#### **2.2.2.4.2 Indaziflam**

Es un herbicida pre emergente y post emergente utilizado para el manejo de malezas de hojas anchas y gramíneas, perteneciente al grupo químico de alquiltriazinas, posee un efecto residual de 90 días o más (Bayer cropsience, 2013).

**2.2.2.4.2.a. Modo y mecanismo de acción:** Es absorbido vía raíz, Interfiere en la formación de los meristemos iniciales y los embriones de las semillas de las malezas, bloqueando la formación de las pequeñas plántulas o inhibiendo la capacidad germinativa de las semillas de las malezas. El mecanismo de acción inhibe directamente la biosíntesis de celulosa (Espinoza, G. 2013).

#### **2.2.2.4.3 Propisoclor**

Es un herbicida pre emergente para utilizar en el manejo de malezas gramíneas y hoja ancha de semilla, pertenece al grupo químico de las cloroacetamidas. (Arysta Lifescience, 2013).

**2.2.2.4.3.a. Modo y mecanismo de acción:** Es absorbido por las raíces, inhibe los ácidos grasos de la cadena larga que son necesarios para la formación de componentes lípidos de las membranas y ceras epicuticulares. La falta de producción de ácidos grasos conduce rápidamente al desorden de las membranas, lo cual se refleja en el cese de la división celular y la necrosis del tejido meristemático (Espinoza, G. 2013).

#### **2.2.2.4.4 Flumioxazin**

Es un herbicida pre emergente y post emergente que elimina o maneja las gramíneas y malezas de hoja ancha, pertenece al grupo químico de Fenilftalimidias sus síntomas son necrosamiento foliares, se debe evitar aplicar en suelos arenosos o franco arenosos con menos del 1% de materia orgánica, tiene una residualidad de 45 a 60 días según sus las condiciones edafo climáticas del lugar (Brometan, 2013).



**2.2.2.4.4.a. Modo y mecanismo de acción:** Es absorbido por medio de las raíces y el follaje inhibe el protoporfirinógeno-IX-oxidasa (PPO) enzima esencial para la producción de clorofila, provoca la destrucción de la membrana celular (Brometan, 2013).

#### **2.2.2.4.5 Saflufenacil**

Es un herbicida post emergente que pertenece al grupo químico de las pirimidinadionas, específico para el manejo de malezas de hoja ancha, también es utilizado en ocasiones como herbicida pre emergente (Espinoza, G. 2013).

**2.2.4.5.a. Modo y mecanismo de acción:** Actúa como destructor de la membrana celular. Inhibe la protoporfirinógeno-IX-oxidasa (PPO), enzima responsable de la formación de clorofila. La presencia de luz es imprescindible para la actividad de este herbicida originando compuestos que provocan la destrucción de las membranas celulares y como consecuencia, de los tejidos. Actúa sobre los tejidos vegetales verdes, generando un rápido secado (Espinoza, G. 2013).

#### **2.2.2.4.6 Amicarbazone**

Es un herbicida pre emergente y post emergente sistémico que pertenece al grupo químico de las triazolinonas, es utilizado para el manejo de malezas de hojas anchas y gramíneas (Arysta Lifescience, 2,013).

**2.2.2.4.6.a. Modo y mecanismo de acción:** Principalmente es absorbido vía radical, impide la fotosíntesis inhibiendo el fotosistema II, también inhibe selectivamente la producción de aminoácidos esenciales para la división celular y desarrollo de la planta por lo cual también se clasifica como inhibidor de la enzima Acetolactato sintetasa (ALS) (Espinoza, G. 2013).

#### **2.2.2.4.7 Metsulfuron Metil**

Es un herbicida post emergente sistémico que pertenece al grupo químico de las sulfonilureas, específico para el manejo de maleza de hoja ancha los síntomas (amarillamiento) no serán apreciables hasta 1 a 3 semanas después de la aplicación

dependiendo las condiciones de crecimiento y susceptibilidad de las especies de maleza existentes (Dupont, 2013).

**2.2.2.4.7.a. Modo y mecanismo de acción:** Inhibe la enzima acetolactato sintetasa (ALS) precursora de los aminoácidos alifáticos de cadena ramificada, valina, leucina e isoleusina. Esta acción realiza una reacción en cadena que altera el metabolismo de las plantas al interrumpir la síntesis proteica que a su vez interfiere la síntesis de ADN por lo que detiene el crecimiento celular y vegetal (Espinoza, G. 2013).

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivos generales:**

- Determinar la eficacia de opciones de herbicidas utilizados con un enfoque pre emergente para el manejo de malezas de hoja ancha.

### **2.3.2 Objetivos específicos:**

- Determinar con qué mezclas de herbicidas se obtiene mayor cantidad de días de control después de la aplicación, con un manejo igual o mayor al 80%.
- Analizar qué mezcla de herbicida tiene el menor costo por día de control.
- Analizar el efecto de los tratamientos sobre las variables de producción del cultivo.

## **2.4 HIPÓTESIS**

- El uso de herbicidas con un enfoque pre emergente tiene un efecto positivo para controlar la germinación de semillas o inhibir el crecimiento de las malezas de hoja ancha.

## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1 Diseño experimental

La evaluación se realizó en la finca experimental Santa Elisa que pertenece a la administración Velásquez del Ingenio Magdalena, El experimento está ubicado en el pante 22 del lote 352108 en donde se sembró la variedad CP 73 - 1547 que está destinada para uso de semillero. El diseño fue de bloques completos al azar (DBCA) en donde el experimento está dividido en cuatro bloques o repeticiones, dentro de cada bloque se encuentran 14 tratamientos en donde existe un testigo comercial y un testigo absoluto, los tratamientos fueron distribuidos al azar.

Figura 6. Plano de finca Santa Elisa.



Fuente: Maestro de Lotes Ingenio Magdalena.

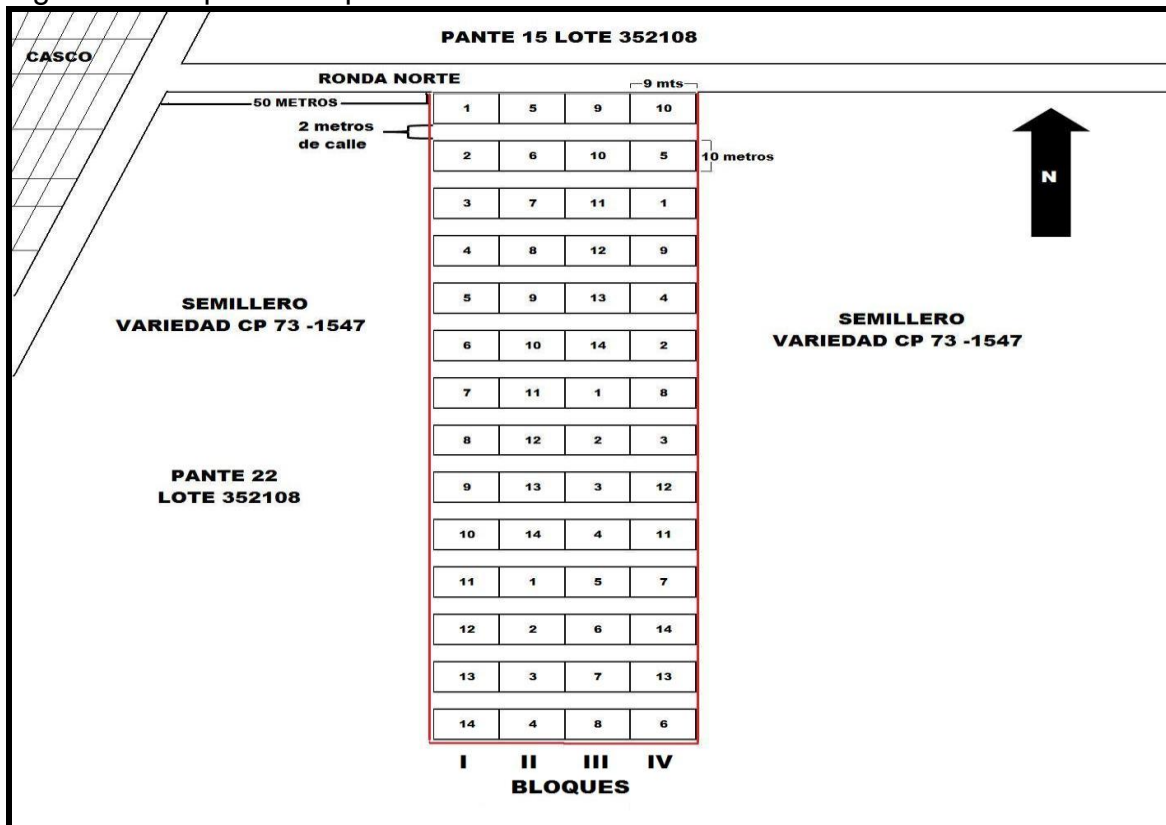
### 2.5.2 Unidad experimental

Para cada tratamiento se establecieron parcelas de 6 surcos de distanciamiento simple (1.5 metros), por 10 metros de largo de surco, es decir que cada parcela tiene un área experimental de 90 m<sup>2</sup> por parcela bruta (0.009 ha), entre parcelas existe una separación entre de 2 metros esto para poder diferenciar una parcela de otra. Para evitar el efecto de borde entre tratamientos se utilizó 4 surcos por 10 metros de largo esto es igual 60 m<sup>2</sup> de parcela neta.

### 2.5.3 Número de unidades experimentales

El número de unidades esta dado por el número de tratamientos y repeticiones que contiene el experimento, en donde son 4 repeticiones y 14 tratamientos por lo que hace un total de 56 unidades experimentales.

Figura 7. Croquis del experimento



Fuente: Julio César Paniagua Barillas.

### 2.5.4 Tratamientos

Para realizar la evaluación se utilizaron 14 tratamientos en donde existe un testigo comercial el cual es la mezcla convencional que utiliza la finca para el manejo de malezas en el lote 3520108, también existe un testigo absoluto el cual servirá como indicador de la presión y diversidad de maleza de hoja ancha existente en dicho lote. Los otros 12 tratamientos son mezclas experimentales de herbicida que se espera que tengan un efecto positivo en la supresión de malezas.

Para realizar las mezclas experimentales se utilizaron 7 productos fitosanitarios de 5 Casas comerciales diferentes, dentro de estas mezclas existen productos nuevos en la industria y otros que aún no han ingresado a la industria de la caña, como productos de aplicación comercial (cuadro 5).

Cuadro 5. Herbicidas utilizados en el experimento.

HERBICIDA	INGREDIENTE ACTIVO	CASA COMERCIAL	ESTADO DENTRO DEL INGENIO.
HARNESS 90 EC	ACETOCLOR	DUWEST	COMERCIAL
PLEDGE 70 WG	FLUMIOXAZIN	DUWEST	EXPERIMENTAL
ALLY 60 WG	METSULFURON METIL	DUWEST	COMERCIAL
DINAMIC 70 WG	AMICARBAZONE	ARYSTA LIFESCIENCE	EXPERIMENTAL
PROPONIT 72 EC	PROPISOCLOR	ARYSTA LIFESCIENCE	EXPERIMENTAL
ALION 50 SC	INDAZIFLAM	BAYER CROPSCIENCE	COMERCIAL
HEAT 70 WG	SAFLUFENACIL	BASF	EXPERIMENTAL

Fuente: Julio César Paniagua Barillas.

Los herbicidas del cuadro 5 son productos que se utilizan en caña de azúcar o que se quieren registrar para ser utilizados en el cultivo de caña de azúcar, en esta ocasión serán utilizados en mezcla en donde servirán de base el harness, alion y el proponit por su amplio espectro de control de malezas (60% gramíneas y 40% hoja ancha), estos tres productos serán mezclados con pledge, heat, dinamic y ally los cuales tienen un espectro más específico para el manejo de malezas de hoja ancha (cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos Utilizados en la investigación.

No. TRAT	TRATAMIENTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS EXPERIMENTAL
1	HARNESS + PLEDGE (HP)	ACETOCLOR + FLUMIOXAZIN	3 L/ha + 125 gr/ha
2	HARNESS + HEAT (HH)	ACETOCLOR + SAFLUFENACIL	3 L/ha + 50 gr/ha
3	HARNESS + DINAMIC (HD)	ACETOCLOR + AMICARBAZONE	3 L/ha + 1 kg/ha
4	HARNESS + ALLY (HA)	ACETOCLOR + METSULFURON METIL	3 L/ha + 15 gr/ha
5	ALION + PLEDGE (AP)	INDAZIFLAM + FLUMIOXAZIN	0.15 L/ha + 125 gr/ha
6	ALION + HEAT (AH)	INDAZIFLAM + SAFLUFENACIL	0.15 L/ha + 50 gr/ha
7	ALION + DINAMIC (AD)	INDAZIFLAM + AMICARBAZONE	0.15 L/ha + 1 kg/ha
8	ALION + ALLY (AA)	INDAZIFLAM + METSULFURON METIL	0.15 L/ha + 15 gr/ha
9	PROPONIT + PLEDGE (PP)	PROPISOCLOR + FLUMIOXAZIN	2.5 L/ha + 125 gr/ha
10	PROPONIT + HEAT (PH)	PROPISOCLOR + SAFLUFENACIL	2.5 L/ha + 50 gr/ha
11	PROPONIT + DINAMIC (PD)	PROPISOCLOR + AMICARBAZONE	2.5 L/ha + 1 kg/ha
12	PROPONIT + ALLY (PA)	PROPISOCLOR + METSULFURON METIL	2.5 L/ha + 15 gr/ha
13	TESTIGO COMERCIAL (Prowl H2O + Ametrina + Forza)	PENDIMENTALINA + AMETRINA + METSULFURON METIL	3.5 L/ha + 2.5 L/ha + 20 gr/ha
14	TESTIGO ABSOLUTO	SIN NINGÚN TRATAMIENTO	

Fuente: Julio César Paniagua Barillas.

### 2.5.5 Variabilidad

Dentro del área total del experimento se observó que no existía variabilidad en la textura del suelo ya que quedó en área de textura franco arenosa y que el terreno es relativamente plano, pero se observó que si existía variabilidad en la diversidad y distribución de las malezas.

### 2.5.6 Variables a medir

El análisis del experimento está basado en 4 variables de respuesta diferentes las cuales son:

#### 2.5.6.1 Porcentaje de control de maleza

Es el porcentaje que representa la supresión de la maleza en determinados días después de la aplicación del herbicida. Para conocer el porcentaje de control se deben realizar muestreos con cierta frecuencia de tiempo. Los resultados de los muestreos de cada unidad experimental aplicada con herbicida se deben comparar con su respectivo testigo absoluto, los porcentajes de 80% o más son considerados óptimos (Cruz W, 2013).

#### 2.5.6.2 Días de control de cada tratamiento

Es el total de días que el herbicida mantiene su efecto supresivo sobre las malezas con un porcentaje de control de 80% o más. Los días control están ligados a la residualidad del herbicida este puede variar dependiendo los factores edafo-climáticos en los que se encuentre principalmente por temperatura, precipitación, suelos (Cruz W, 2013).

#### 2.5.6.3 Costo por día control

El costo esta dado por el precio del herbicida y los días control que dure el efecto supresivo de este, su dimensional está dada en quetzales/día, entre más días control tenga el herbicida más se reduce su costo por día (Cruz W, 2013).

$$\text{Costo/Día Control} = \frac{\text{Costo Mezcla de herbicidas (Quetzales)}}{\text{Días Control}}$$

#### **2.5.6.4 Toxicidad hacia el cultivo (Fitotoxicidad)**

Hace referencia al efecto negativo que pueden causar las moléculas de herbicida utilizadas en el experimento, para poder observar este fenómeno se tomaron en cuenta algunas variables las cuales fueron población de caña, altura de la caña y clorofila. Para cada variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), observando si existe diferencia significativa utilizando la prueba de medias de LSD Fisher con un 95% de confiabilidad.

#### **2.5.7 Manejo del experimento**

La evaluación se llevó en el pante 22 del lote 352108 de la finca Santa Elisa, Se sembró la variedad CP 73 – 1547 durante el mes de agosto, con una precipitación promedio de 11.57 mm/día. El distanciamiento de siembra es de 1.5 metros. La fertilización se realizó 78 días después de la siembra (DDS), no se utilizó ningún tipo riego pues el ensayo se estableció durante la época de invierno.

##### **2.5.7.1 Aplicación de mezclas experimentales**

Las aplicaciones de tratamientos se realizaron de forma manual a los 10 días después de la siembra (DDS), se utilizaron dos bombas de mochila con capacidad de 16 lts y una boquilla TF 2.5 V.S. El volumen de la mezcla fue de 200 lt/ha. Se utilizó un coadyuvante antiespumante llamado sticker con una dosis de 0.3 lts/ha para homogenizar la mezcla. La aplicación se llevó a cabo en el rango de hora de 6:00 a 8:00 AM. A una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 95.7%.

##### **2.5.7.2 Muestreos**

Para poder obtener la información se realizaron 4 diferentes tipos de muestreos los cuales son:

###### **2.5.7.2.1 Malezas**

Se realizaron muestreos de población de maleza para observar el porcentaje de control que tienen los tratamientos sobre las especies de hoja ancha, para llevar a cabo este muestreo se colocaron 2 puntos de muestreo fijos dentro de la parcela neta. Estos puntos de muestreo se muestrearon a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación (DDA), para realizar el conteo se utilizó un cuadro artesanal de PVC de un metro cuadrado y así conocer las poblaciones en un metro cuadrado.



#### **2.5.7.2.2 Población**

Se realizaron muestreos de población de caña de azúcar, estos consisten en contar la población de tallos molederos vivos en 10 metros lineales de los dos surcos centrales de las parcelas netas de cada tratamiento. Estos se llevaron a cabo a los 30, 45 y 60 días después de la siembra (DDA).

#### **2.5.7.2.3 Altura de tallos**

Se realizaron muestreos de altura de tallos de caña de azúcar, estos consisten en medir la altura del tallo desde la base hasta la última lígula visible (TVD). Estas lecturas se realizaron en los dos surcos centrales de las parcelas netas de cada tratamiento. Los muestreos se llevaron a cabo a los 30, 45 y 60 días después de la siembra (DDA).

#### **2.5.7.2.4 Clorofila**

Se realizaron muestreos de clorofila, para este muestreo se utilizó la metodología del muestreo de las hojas con última lígula visible (Top visible dewlap, TVD) el cual consiste en identificar la última lígula visible que se encuentra en la parte superior del tallo, luego se selecciona una hoja al azar y se coloca el clorofilometro en el medio de la hoja el cual dicta porcentaje de valores relativos de clorofila, esta información es recolectada de los dos surcos centrales de las parcelas netas de cada tratamiento. Los muestreos se llevaron a cabo a los 30, 45 y 60 días después de la aplicación (DDA) (López B, 2013).

### **2.6 RESULTADOS**

Las malezas representan un problema serio para la industria cañera por lo que se procedió a evaluar la actividad y comportamiento de los herbicidas anteriormente planteados. Estos fueron utilizados de forma pre emergente para determinar su eficiencia de control después de ser aplicados.

### 2.6.1 Composición florística de malezas

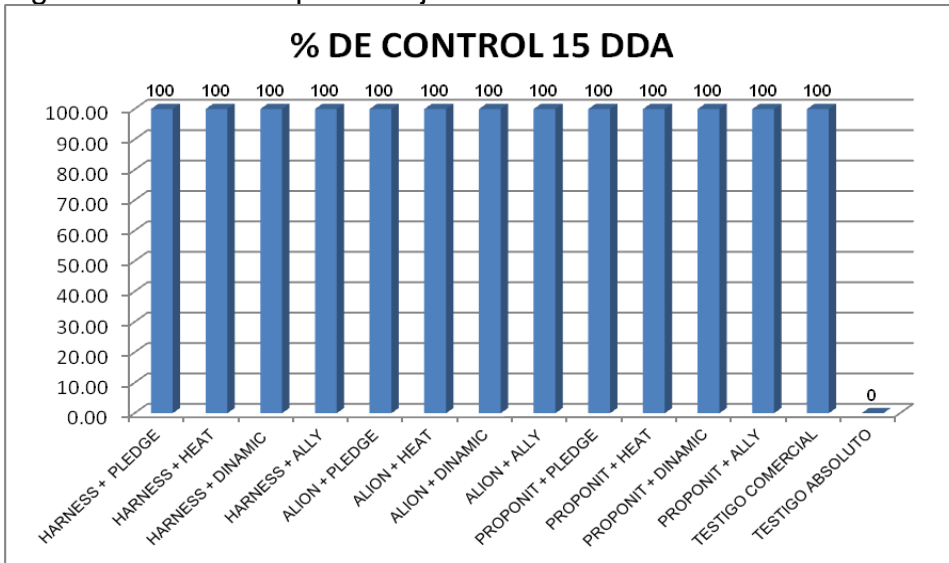
Al realizar la evaluación, en la toma de datos de los muestreos se encontraron, 3 especies de la familia poaceae o gramineae: *Cynodon dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *Rottboelia cochinchinensis*, las cuales no tenían mucha presencia dentro del lote y tampoco fueron tomadas en cuenta para esta evaluación; entre las especies representativas de malezas de hoja ancha se encontraron 5 especies que pertenecen a la familia Euphorbiaceae como (***Euphorbia hirta*, *Euphorbia hypericifolia*, *Euphorbia postrata*, *Croton lobatus*, *phyllanthus niruri***), 2 especies de la familia Amaranthaceae (***Amaranthus spinosus*, *Amaranthus viridis***), 2 especies de la familia Asteraceae (***Baltimora recta*, *melampoduim divaricatum***) y especies de diferentes familias como: ***Cleome viscosa*** (Capparaceae); ***Anagallis sp.*** (Primulaceae), ***Cucumis melo*** (Cucurbitaceae), ***Dioscorea carionis*** (Dioscoreaceae), ***Hybanthus attenuatus*** (Violaceae), ***Ipomoea triloba*** (Convolvulaceae), ***Kallstroemia máxima*** (Zygophyllaceae), ***Mollugo verticillata*** (Molluginaceae), ***Portulaca oleracea*** (Portulacaceae), ***Sida rhombifolia*** (Malvaceae), ***Solanum americanum*** (Solanaceae), ***Trianthema portulacastrum*** (Aizoaceae), ***Tripogandra disgrega*** (Commelinaceae), Además se encontró un ejemplar representativo de la familia de las Cyperaceas: ***Cyperus rotundus*** el cual tampoco fue tomado para dicha evaluación (CONABIO, 2,013).

### 2.6.2 Porcentaje de control y análisis de costos por día control

#### 2.6.2.1 Quince días después de la aplicación (15 DDA)

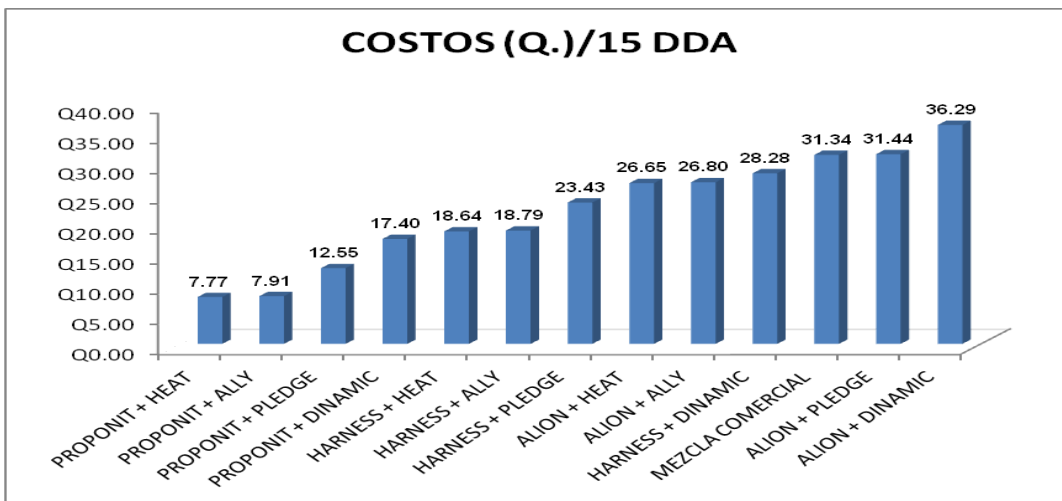
Como resultado el comportamiento de las parcelas nos demuestra que si existe un manejo eficiente de malezas de hoja ancha a los 15 días de aplicación por parte de todos los tratamientos ya que todos tenían un porcentaje de control del 100 % (Figura 8) a excepción del testigo absoluto en la cual se observó la germinación de varias especies de malezas como la *Trianthema portulacastrum*, *Tripogandra disgrega*, *Cleome viscosa*, Asteraceas y Euphorbiaceas, por lo que el porcentaje de control del tratamiento 14 siempre será de 0%. Esto nos indica que la aplicación de los herbicidas fue buena y que cada tratamiento está funcionando correctamente.

Figura 8. Gráfica de porcentaje de control a los 15 DDA.



La figura anterior nos demuestra que existe un control efectivo de todos los tratamientos y que están por encima del porcentaje óptimo anteriormente mencionado, por lo que realizando el análisis de costos se observa que a los 15 DDA entre las mezclas que tienen un costo elevado se encuentran el tratamiento AP y el tratamiento AD seguidos por el testigo comercial, contrariamente las mezclas de menor costo son los tratamientos PH y PA (figura 9).

Figura 9. Costos de mezclas de herbicidas después de 15 días de aplicación.



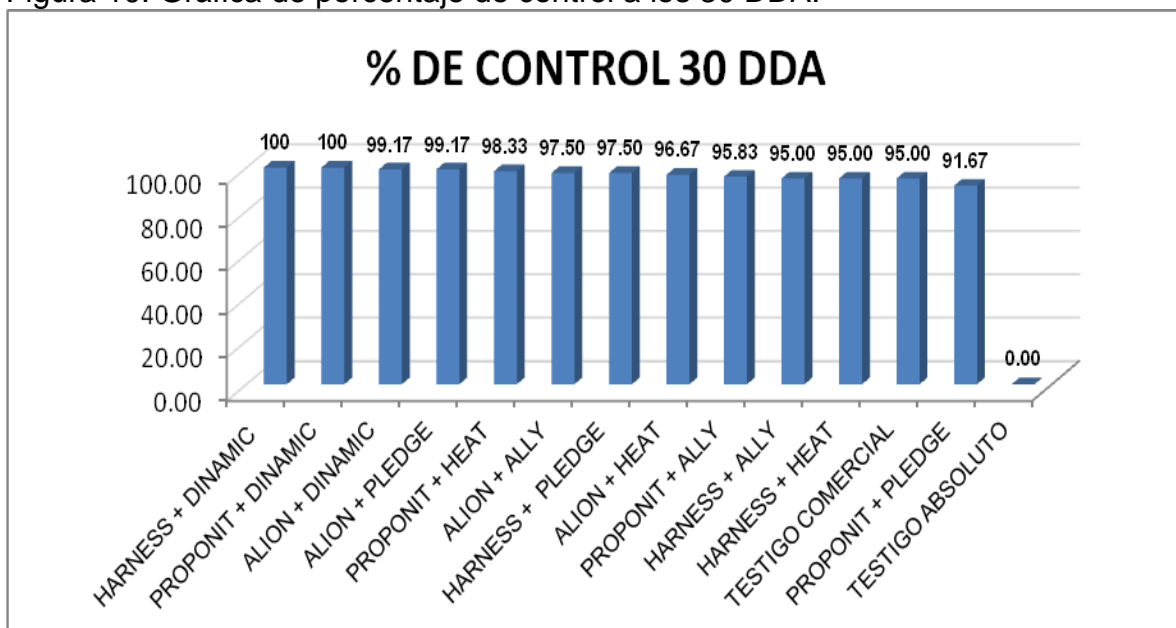
### 2.6.2.2 Treinta días después de la aplicación (30 DDA)

A los 30 días después de la aplicación se puede observar que ya existe una competencia entre tratamientos y algunos tratamientos empiezan a ceder en el control de maleza, siendo el tratamiento PP el de menos control con 8.33% menos que el tratamiento HD que aún continúa con un 100% de porcentaje de control (cuadro 7), sin embargo todos los tratamientos todavía se encuentran en el rango óptimo de manejo (figura 10).

Cuadro 7. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 30 DDA.

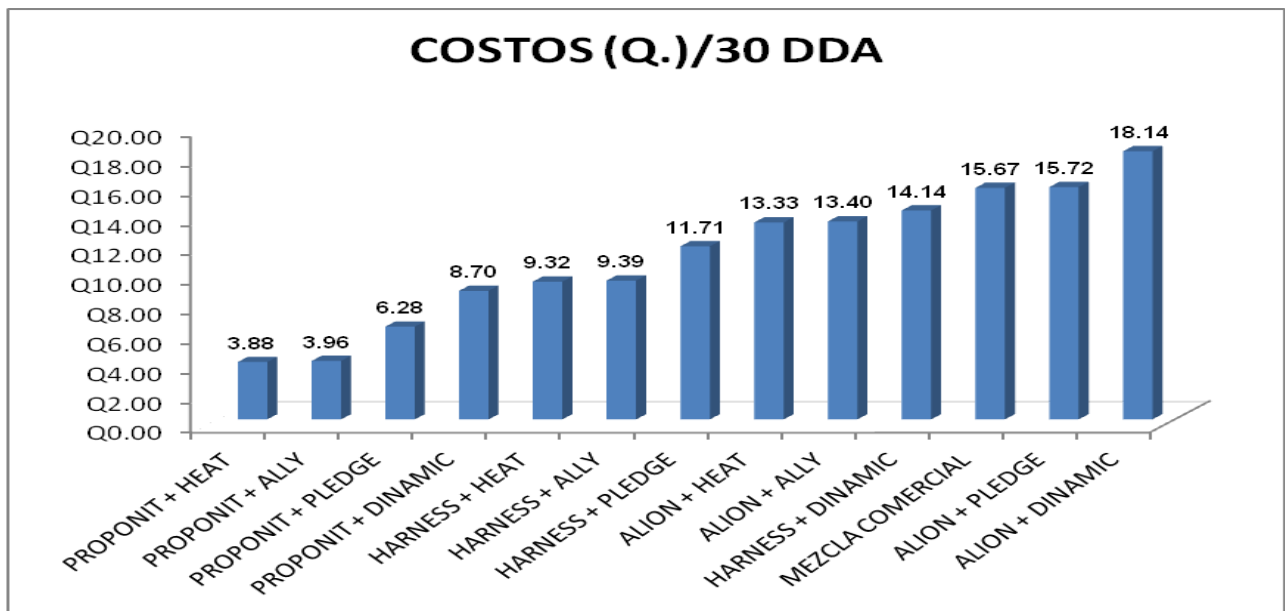
No. TRAT	TRATAMIENTO	% Control	% Diferencia
3	HARNESSESS + DINAMIC	100.00	0.00
11	PROPONIT + DINAMIC	100.00	0.00
7	ALION + DINAMIC	99.17	0.83
5	ALION + PLEDGE	99.17	0.83
10	PROPONIT + HEAT	98.33	1.67
8	ALION + ALLY	97.50	2.50
1	HARNESSESS + PLEDGE	97.50	2.50
6	ALION + HEAT	96.67	3.33
12	PROPONIT + ALLY	95.83	4.17
4	HARNESSESS + ALLY	95.00	5.00
2	HARNESSESS + HEAT	95.00	5.00
13	TESTIGO COMERCIAL	95.00	5.00
9	PROPONIT + PLEDGE	91.67	8.33
14	TESTIGO ABSOLUTO	0.00	100.00

Figura 10. Gráfica de porcentaje de control a los 30 DDA.



La figura anterior nos demuestra que aún existe un control efectivo de todos los tratamientos y que siguen por encima del 80% de control, por lo que realizando el análisis de costos se observa que a los 30 DDA el costo de todas las mezclas disminuye, sin embargo todavía los tratamientos que tienen los costos más elevados siguen siendo los tratamientos AP, AD y el testigo comercial (mezcla de la finca) y aún se expresan como las mezclas de menor costo los tratamientos PH y PA (figura 11).

Figura 11. Costos de mezclas de herbicidas después de 30 días de aplicación.



### 2.6.2.3. Cuarenta y cinco días después de la aplicación (45 DDA)

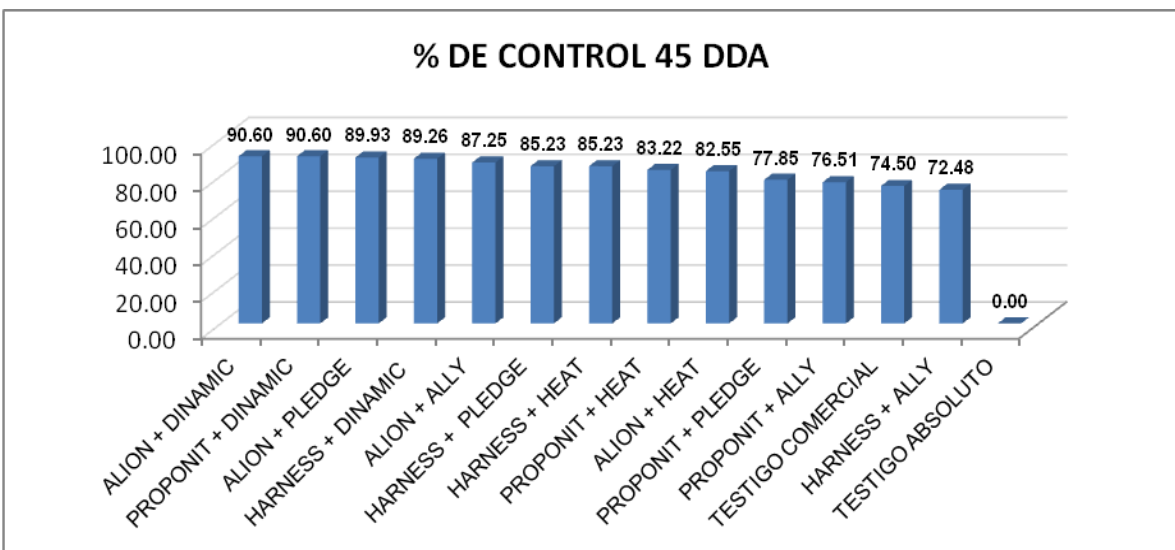
Según los resultados a los 45 DDA se observa que el tratamiento AD fue el de mejor control con un 90.60% y que el tratamiento HA fue el de menor control con un 18.12% menos de control que el mejor. También se observó que hubo un cambio brusco entre los porcentajes de control de algunos tratamientos como el caso del tratamiento HA que paso de tener un control del 95% a los 30DDA y 15 días después perdió 23.70% de control, los mismo sucedió con los tratamientos PA y testigo comercial que perdieron en 15 días un porcentaje de control de 20.16 y 21.58 respectivamente (cuadro 8).

Los resultados de los 45 DDA nos demuestra que de los tratamientos que todavía se encuentran en competencia aun están presentes los tres que están mezclados con Dinamic de los cuales dos están igualados con los más altos porcentajes y los tres que se encuentran mezclados con Heat están casi en el límite permitido de control, así como los tratamientos que se poseen Alion no han perdido control (figura 12).

Cuadro 8. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 45 DDA.

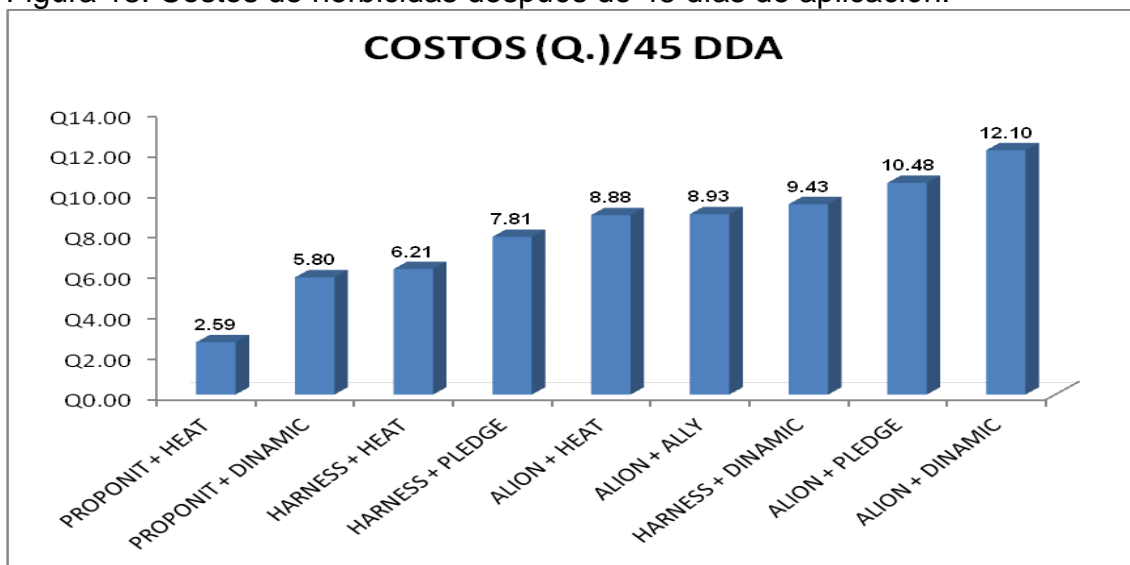
No. TRAT	TRATAMIENTO	% Control	% Diferencia entre Trat.	Pérdida de control/15 días (%)
7	ALION + DINAMIC	90.60	0.00	8.63
11	PROPONIT + DINAMIC	90.60	0.00	9.40
5	ALION + PLEDGE	89.93	0.67	9.31
3	HARNESS + DINAMIC	89.26	1.34	10.74
8	ALION + ALLY	87.25	3.36	10.51
1	HARNESS + PLEDGE	85.23	5.37	12.58
2	HARNESS + HEAT	85.23	5.37	10.28
10	PROPONIT + HEAT	83.22	7.38	15.37
6	ALION + HEAT	82.55	8.05	14.60
9	PROPONIT + PLEDGE	77.85	12.75	15.07
12	PROPONIT + ALLY	76.51	14.09	20.16
13	TESTIGO COMERCIAL	74.50	16.11	21.58
4	HARNESS + ALLY	72.48	18.12	23.70
14	TESTIGO ABSOLUTO	0.00	90.60	0.00

Figura 12. Gráfica de porcentaje de control a los 45 DDA.



Luego de 45 DDA se observó que los tratamientos HA, PP, PA y el testigo comercial perdieron el porcentaje de control óptimo (figura 12). Se puede observar que después de 45 días de la aplicación los costos de las mezclas que se mantienen con buen manejo de malezas de hoja ancha disminuyó, sin embargo como los tratamientos AP y AD no han perdido el manejo siguen siendo los tratamientos con el costo más alto por día control. También se puede observar que el tratamiento PH sigue siendo la mezcla de menor costo, seguido por el tratamiento Proponit-Dinamic (PD), (figura 13).

Figura 13. Costos de herbicidas después de 45 días de aplicación.



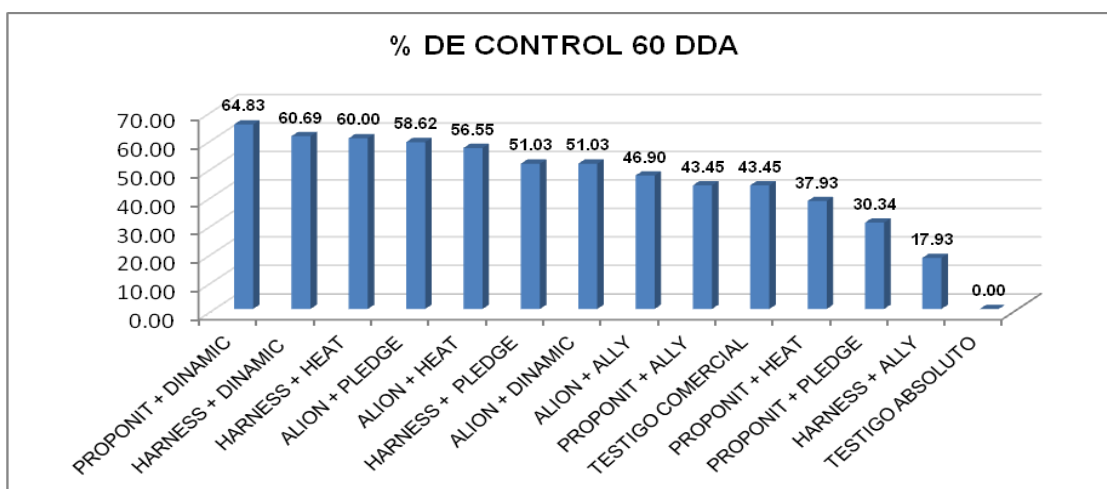
#### 2.6.2.4. Sesenta días después de la aplicación (60 DDA)

Después de 60 DDA se observó que ninguno de los tratamientos aplicados superó el porcentaje mínimo de control de maleza que se había establecido (figura 14). El muestreo a los 60 DDA nos presenta que continuaron las pérdidas del porcentaje de control y esta vez sucedió con todos los tratamientos. También se puede apreciar que las pérdidas de porcentaje de control en 15 días fueron más bruscos que en el muestreo anterior, ya que aumento el doble en todos los tratamientos, la pérdida más alta de porcentaje de control en 15 días es del tratamiento HA con un 66.98% (cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 60 DDA.

No. TRAT	TRATAMIENTO	% Control	% Diferencia entre Trat.	Pérdida de Control/15 días (%)
11	PROPONIT + DINAMIC	64.83	0.00	20.95
3	HARNESS + DINAMIC	60.69	4.14	24.73
2	HARNESS + HEAT	60.00	4.83	24.96
5	ALION + PLEDGE	58.62	6.21	25.84
6	ALION + HEAT	56.55	8.28	26.57
1	HARNESS + PLEDGE	51.03	13.79	30.88
7	ALION + DINAMIC	51.03	13.79	30.88
8	ALION + ALLY	46.90	17.93	34.05
12	PROPONIT + ALLY	43.45	21.38	37.50
13	TESTIGO COMERCIAL	43.45	21.38	34.55
10	PROPONIT + HEAT	37.93	26.90	40.41
9	PROPONIT + PLEDGE	30.34	34.48	49.24
4	HARNESS + ALLY	17.93	46.90	66.98
14	TESTIGO ABSOLUTO	0.00	64.83	0.00

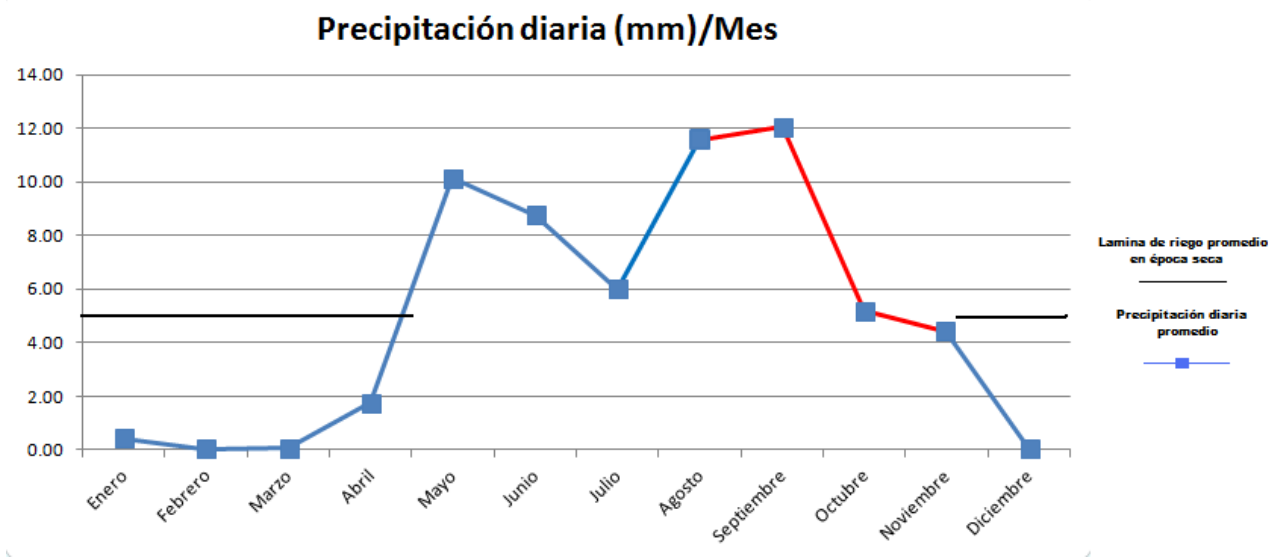
Figura 14. Gráfica de porcentaje de control a los 60 DDA.



El fenómeno anterior se debe a que el experimento se realizó 60 días durante la época lluviosa, en el cual existió una precipitación promedio de 8.44 ml/día durante toda la evaluación siendo incluso mayor que la lámina de riego que se aplica en época seca y teniendo en cuenta que estaba establecido en un tipo de suelo de textura franco arenosa es muy probable que el herbicida se lixiviese (figura 15).

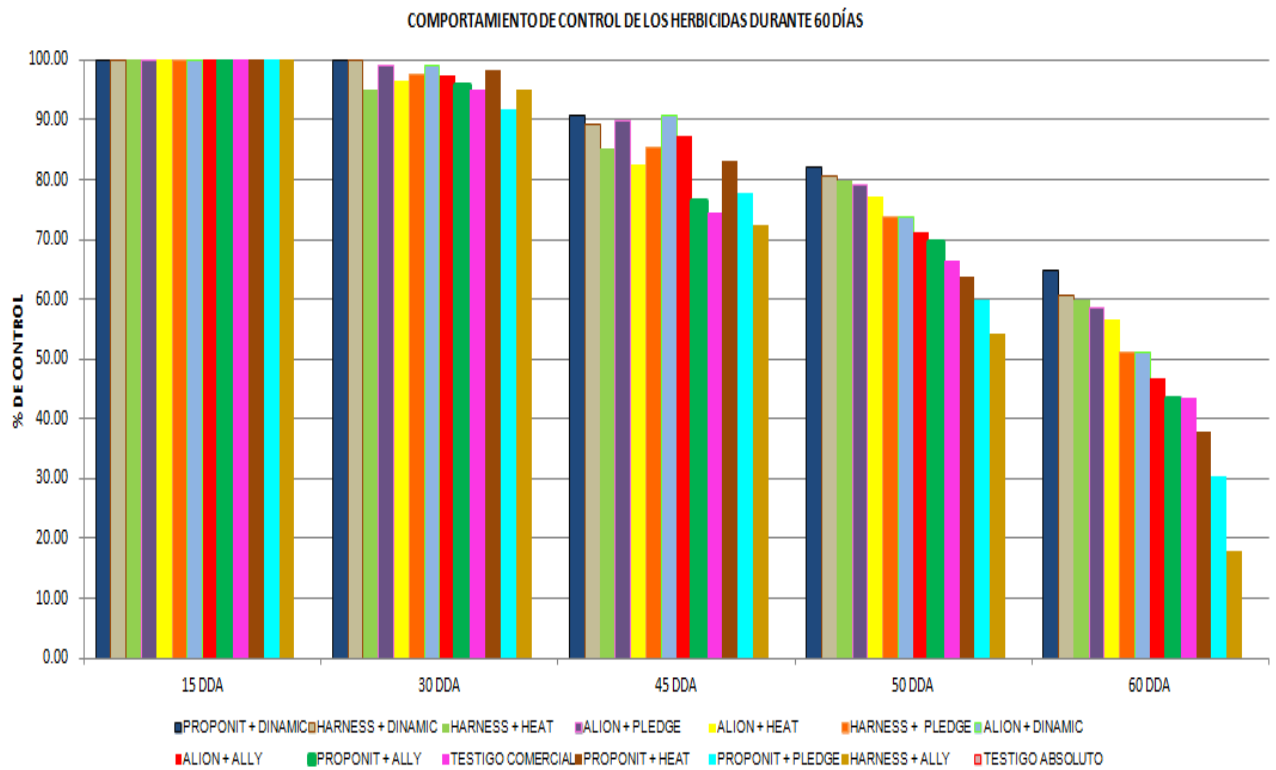


Figura 15. Precipitación diaria promedio por mes en el año 2,013.



Es muy importante tener en cuenta que las mezclas de herbicidas contenian diferentes solubilidades por lo que la residualidad de cada mezcla es variable, sin embargo el comportamiento fue similar en todos los tratamientos (figura 16).

Figura 16. Comportamiento de las moléculas de herbicidas durante 60 días.



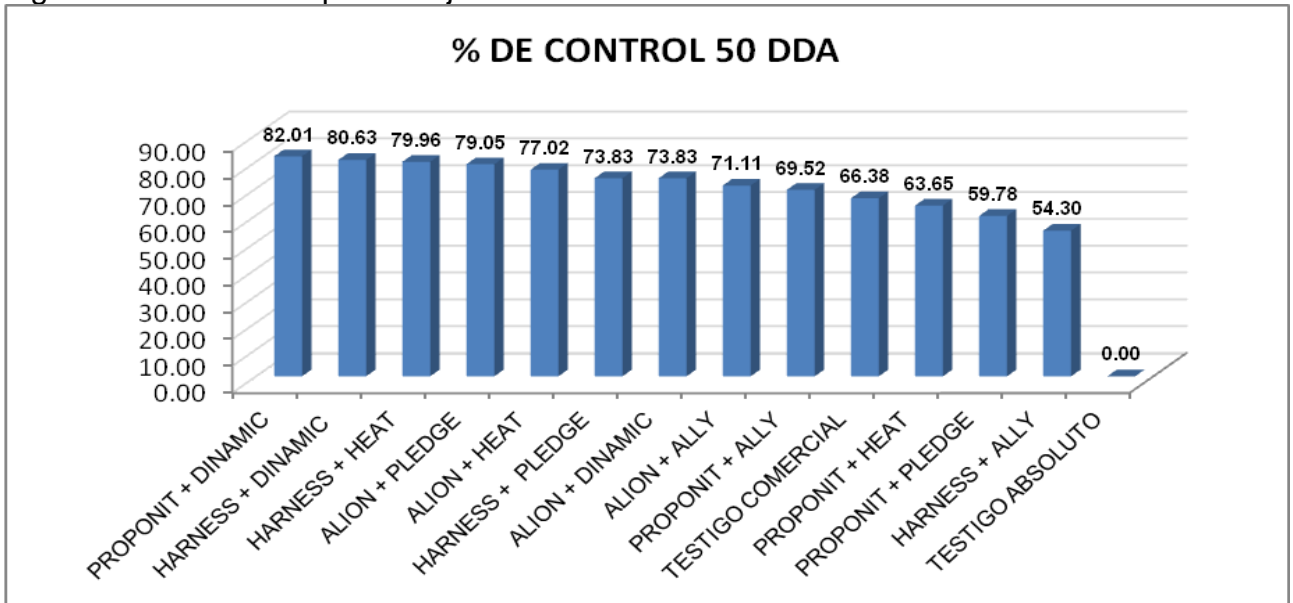
Debido a que ningún tratamiento alcanzó el porcentaje óptimo de control a los 60 DDA, no se realizó su respectivo análisis de costos, sin embargo se realizó una interpolación para conocer cuantos días después de los 45 DDA aún existía control de alguno de los tratamientos, por lo que se encontró que todavía a los 50 días estaban presentes dos tratamientos con los porcentajes de control óptimos los cuales eran los tratamientos PD y HD (figura 17).

También se observó que las pérdidas después de cinco días se empezaban a manifestar con porcentajes bastante altos, que podrían ser debido a las condiciones en las que estaba establecida la evaluación que pueden ser por factor suelo, clima o por las mismas propiedades físico químicas de cada molécula (cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de control y diferencia entre tratamientos a los 50 DDA.

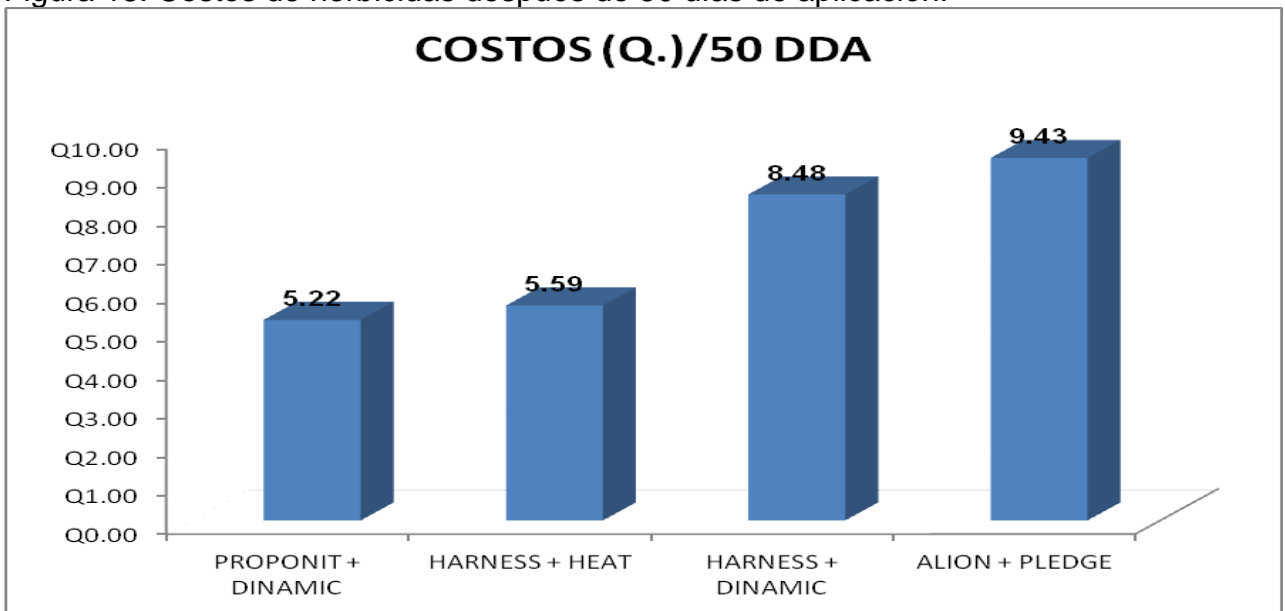
<b>No. TRAT</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>% Control</b>	<b>% Diferencia entre Trat.</b>	<b>Pérdida de Control/5 días (%)</b>
11	PROPONIT + DINAMIC	82.01	0.00	9.48
3	HARNESS + DINAMIC	80.63	1.38	9.67
2	HARNESS + HEAT	79.96	2.06	6.19
5	ALION + PLEDGE	79.05	2.96	12.10
6	ALION + HEAT	77.02	5.00	6.70
1	HARNESS + PLEDGE	73.83	8.18	13.37
7	ALION + DINAMIC	73.83	8.18	18.51
8	ALION + ALLY	71.11	10.90	18.49
12	PROPONIT + ALLY	69.52	12.50	9.14
13	TESTIGO COMERCIAL	66.38	15.63	10.89
10	PROPONIT + HEAT	63.65	18.36	23.52
9	PROPONIT + PLEDGE	59.78	22.23	23.21
4	HARNESS + ALLY	54.30	27.71	25.09
14	TESTIGO ABSOLUTO	0.00	82.01	0.00

Figura 17. Gráfica de porcentaje de control a los 50 DDA.



Según la interpolación calculada a los 50 DDA aún existía control de algunas mezclas como el de los tratamientos PD y HD, ya que su porcentaje de control en esta etapa todavía cumplían con el 80% de control, por lo que sus costos disminuyeron a Q.5.22 y Q.8.48 respectivamente por día control (Figura 18). También se podrían tomar como alternativas también los tratamientos HH y AP ya que su control es semejante al 80% (figura 17).

Figura 18. Costos de herbicidas después de 50 días de aplicación.



### 2.6.3. Fitotoxicidad

El desarrollo de la caña puede estar mermado por varios factores sin embargo uno de los factores principales es el daño ocasionado por las mezclas de herbicidas utilizadas. Para el análisis de fitotoxicidad se utilizaron 3 variables las cuales son: la población de tallos de caña, altura de los tallos y los valores relativos de clorofila obtenidos.

#### 2.6.3.1 Fitotoxicidad a los 30 días después de la aplicación (DDA)

Según el análisis de varianza realizado, se puede observar que si existe diferencia significativa y que se divide en cinco grupos estadísticos, en donde se puede observar que el tratamiento PD es el que posee la media más alta seguido del tratamiento HH. Visualizando de forma general se puede observar que los tratamientos que tiene en su mezcla proponit son los que están con mejores promedios de población, luego se logra apreciar que harness se encuentra en la zona media de la tabla y que los tratamientos que poseen alion son los que poseen las medias más bajas (figura 19).

Figura 19. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 30 DDA.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
POBLACION	56	0.74	0.63	8.70

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4362.52	16	272.66	6.90	<0.0001
TRATAMIENTO	3798.21	13	292.17	7.39	<0.0001
REPETICION	564.30	3	188.10	4.76	0.0064
Error	1541.82	39	39.53		
Total	5904.34	55			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.99289

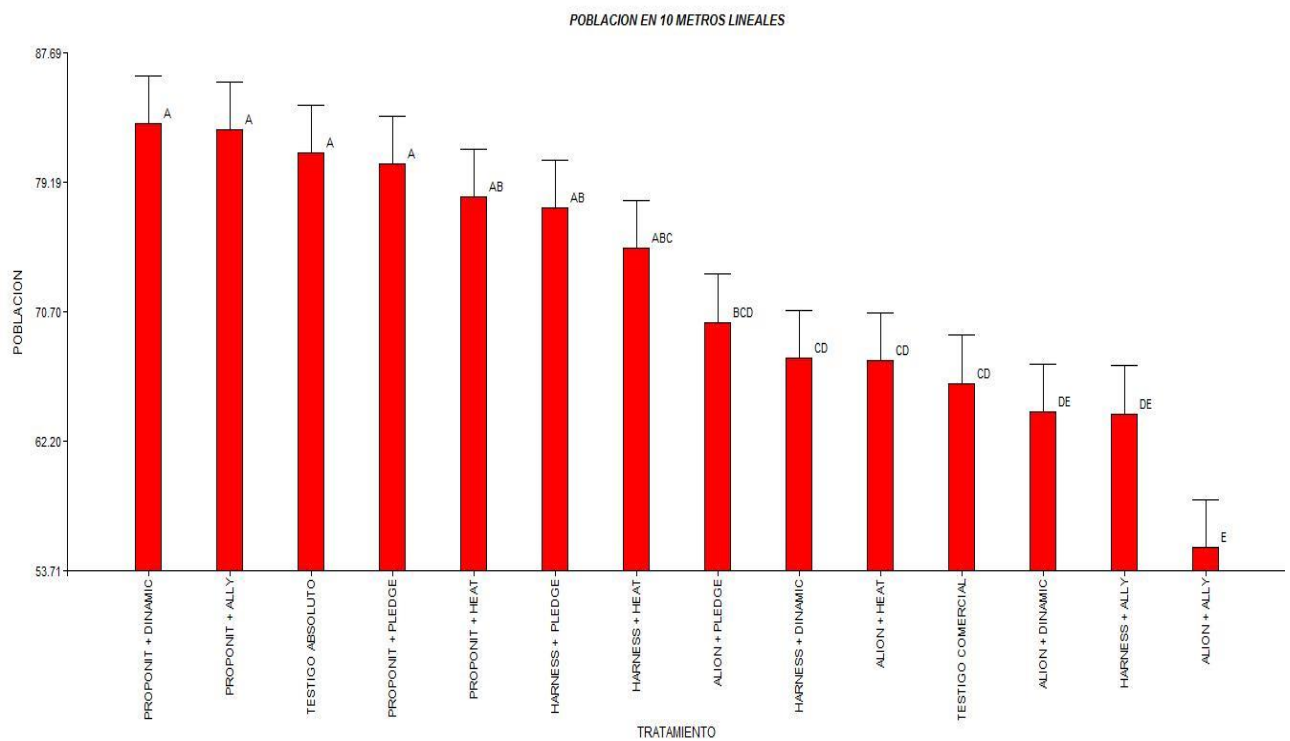
Error: 39.5339 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
PROPONIT + DINAMIC	83.00	4	3.14	A		
PROPONIT + ALLY	82.63	4	3.14	A		
TESTIGO ABSOLUTO	81.13	4	3.14	A		
PROPONIT + PLEDGE	80.38	4	3.14	A		
PROPONIT + HEAT	78.25	4	3.14	A	B	
HARNESS + PLEDGE	77.50	4	3.14	A	B	
HARNESS + HEAT	74.88	4	3.14	A	B	C
ALION + PLEDGE	70.00	4	3.14		B	C D
HARNESS + DINAMIC	67.63	4	3.14			C D
ALION + HEAT	67.50	4	3.14			C D
TESTIGO COMERCIAL	66.00	4	3.14			C D
ALION + DINAMIC	64.13	4	3.14			D E
HARNESS + ALLY	64.00	4	3.14			D E
ALION + ALLY	55.25	4	3.14			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

De forma gráfica se puede apreciar el comportamiento en la población. Se observa que algunos tratamientos tienen más población que otros (figura 20), esto es provocado por el efecto que poseen los herbicidas con espectro de control hacia las gramíneas, en este caso estaríamos hablando de los productos que utilizamos como base de la mezcla los cuales son Harness, Proponit y Alion.

Figura 20. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 30 DDA.



Después de haber observado la población podemos observar que si existe diferencia significativa y que el comportamiento del efecto de los herbicidas se vuelve a hacer presente en la altura aunque no precisamente con el mismo orden de tratamientos. Lo que sí es definitivo es que el uso de herbicidas tiene efecto sobre la altura de los tallos pues se observa que todos los tratamientos que tienen mezcla de herbicidas están por debajo del testigo absoluto (figura 21).

Figura 21. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 30 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	56	0.49	0.28	9.81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	81.93	16	5.12	2.33	0.0160
TRATAMIENTO	77.77	13	5.98	2.72	0.0079
REPETICION	4.16	3	1.39	0.63	0.6000
Error	85.82	39	2.20		
Total	167.75	55			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.12172

Error: 2.2006 gl: 39

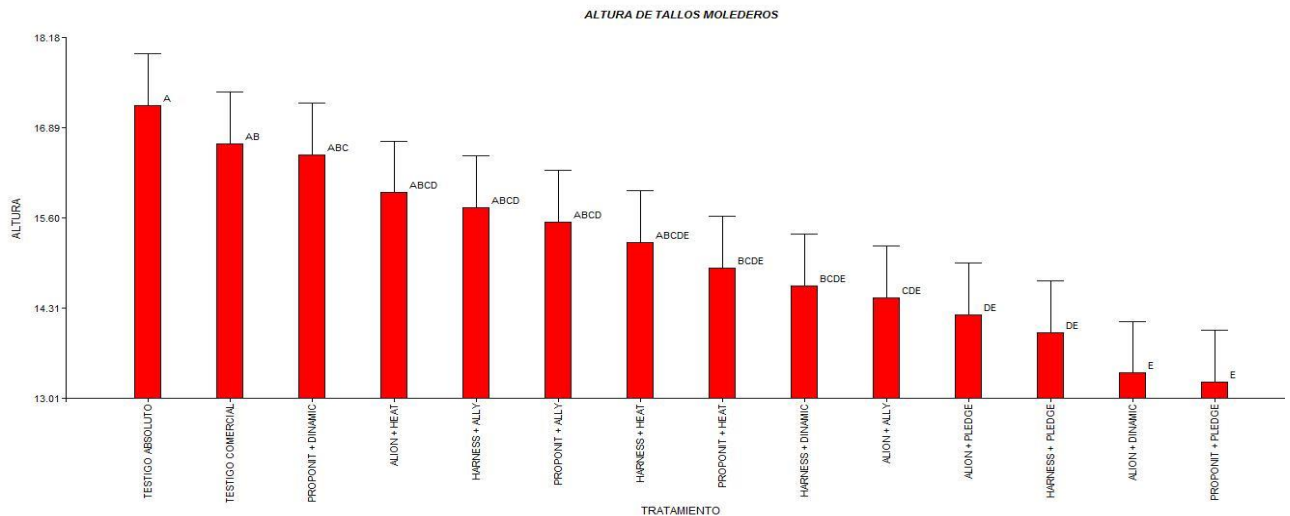
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.					
TESTIGO ABSOLUTO	17.21	4	0.74	A				
TESTIGO COMERCIAL	16.67	4	0.74	A	B			
PROPONIT + DINAMIC	16.50	4	0.74	A	B	C		
ALION + HEAT	15.96	4	0.74	A	B	C	D	
HARNES + ALLY	15.75	4	0.74	A	B	C	D	
PROPONIT + ALLY	15.54	4	0.74	A	B	C	D	
HARNES + HEAT	15.25	4	0.74	A	B	C	D	E
PROPONIT + HEAT	14.88	4	0.74		B	C	D	E
HARNES + DINAMIC	14.63	4	0.74		B	C	D	E
ALION + ALLY	14.46	4	0.74			C	D	E
ALION + PLEDGE	14.21	4	0.74				D	E
HARNES + PLEDGE	13.96	4	0.74				D	E
ALION + DINAMIC	13.37	4	0.74					E
PROPONIT + PLEDGE	13.25	4	0.74					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

En la gráfica de medias se puede observar nuevamente la tendencia que tiene el efecto de los herbicidas en desarrollo de los tallos, siendo el más dañino el tratamiento PP (figura 22), este tratamiento a pesar de que no afecta la población si puede causar efectos negativos en la altura de los tallos, esto hablando en la etapa de germinación y establecimiento de la caña.

Figura 22. Gráfica de medias de altura de tallos de azúcar por tratamiento a los 30 DDA.



La clorofila es importante para el desarrollo de la planta por lo que realizó un análisis de varianza de valores relativos obtenidos con el clorofilometro, los cuales se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, en donde se observa que el testigo absoluto es el tratamiento con más clorofila y que todos los tratamientos que tuvieron un manejo químico están por debajo de la media de este (figura 23).

Figura 23. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 30 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CLOROFILA	56	0.40	0.15	7.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	232.54	16	14.53	1.59	0.1168
TRATAMIENTO	135.35	13	10.41	1.14	0.3559
REPETICION	97.19	3	32.40	3.55	0.0229
Error	355.49	39	9.12		
Total	588.03	55			

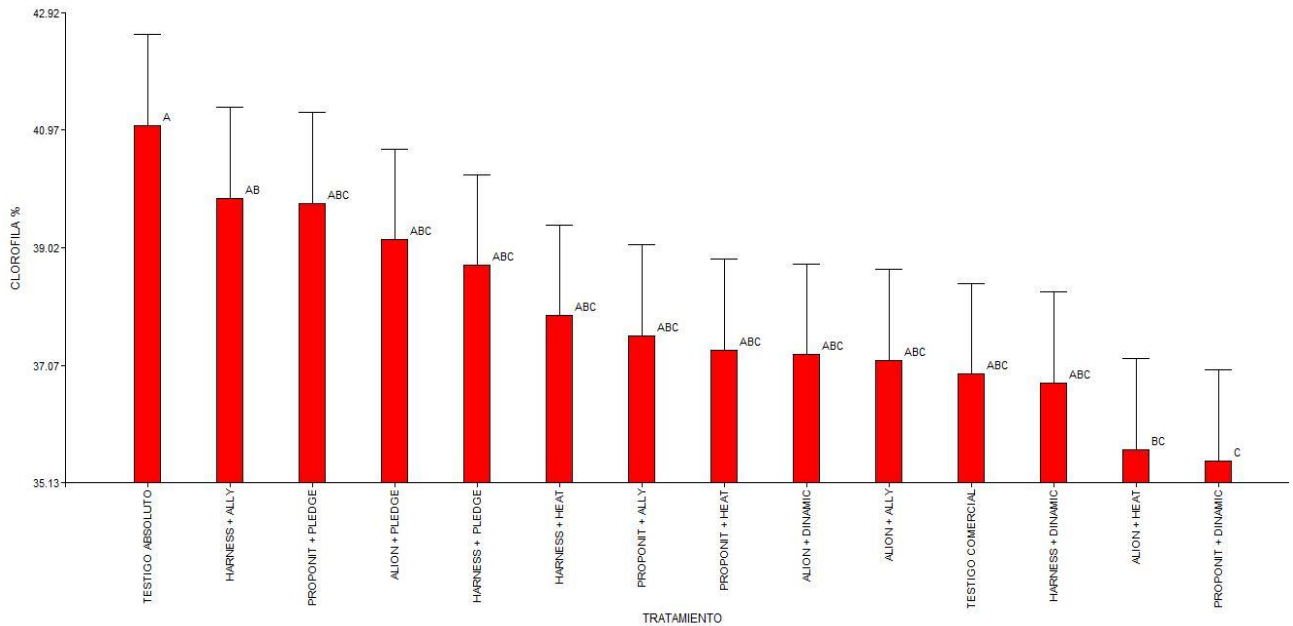
Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.31814  
 Error: 9.1152 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
TESTIGO ABSOLUTO	41.06	4	1.51 A
HARNES + ALLY	39.84	4	1.51 A B
PROPONIT + PLEDGE	39.76	4	1.51 A B C
ALION + PLEDGE	39.15	4	1.51 A B C
HARNES + PLEDGE	38.73	4	1.51 A B C
HARNES + HEAT	37.90	4	1.51 A B C
PROPONIT + ALLY	37.56	4	1.51 A B C
PROPONIT + HEAT	37.32	4	1.51 A B C
ALION + DINAMIC	37.25	4	1.51 A B C
ALION + ALLY	37.16	4	1.51 A B C
TESTIGO COMERCIAL	36.93	4	1.51 A B C
HARNES + DINAMIC	36.78	4	1.51 A B C
ALION + HEAT	35.68	4	1.51 B C
PROPONIT + DINAMIC	35.48	4	1.51 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Observando estos resultados llama la atención que los tratamientos que poseen los productos heat y pledge, los cuales son inhibidores de la protoporfirina oxidasa (PPO) enzima precursora de la clorofila no se encuentran dentro de los tratamientos con las medias más bajas a excepción del tratamiento AH, es decir si existe daño hacia la clorofila pero se puede observar que como grupo se encuentran en la parte media hacia arriba del análisis. Diferente es el caso de los tratamientos con dinamic que se podría decir que los tres tratamientos que contienen este producto recibieron cierto daño, esto es porque el mecanismo de acción del dinamic es inhibir el transporte de electrones en el fotosistema II que como consecuencia destruye la clorofila ,(figura 24).

Figura 24. Gráfica de medias de clorofila por tratamiento a los 30 DDA.



### 2.6.3.2. Fitotoxicidad a los 45 días después de la aplicación (45 DDA)

Los resultados obtenidos después de 45 DDA nos demuestran que existe diferencia significativa en el que se observa que hay una recuperación de población de algunos tratamientos como lo son los tratamientos HA, testigo comercial y PH seguidos por el tratamiento AP que en muestreo anterior reportaba una media de población baja comparada con los demás tratamientos. En este muestreo se observa que el tratamiento HA alcanzó su población normal ya que esta variedad presenta una población promedio de 11 tallos molederos por metro lineal, 90 días después de la siembra (Lima L. 2014), además se puede observar que los tres tratamientos que fueron mezclados con pledge son tratamientos que presentan unas buenas poblaciones después del testigo comercial y la mezcla PH, este fenómeno puede estar dado por la selectividad que posee la molécula hacia el cultivo. También se observa que los tratamientos que poseen Proponit y Harness son productos que mantienen poblaciones regulares a diferencia de los tratamientos que contienen Alion, los cuales poseen las medias de población más bajas a excepción de la mezcla AP. (figura 25).



Figura 25. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 45 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
POBLACION	56	0.57	0.39	12.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7515.89	16	469.74	3.22	0.0014
TRATAMIENTO	4320.20	13	332.32	2.28	0.0237
REPETICION	3195.69	3	1065.23	7.31	0.0005
Error	5686.50	39	145.81		
Total	13202.39	55			

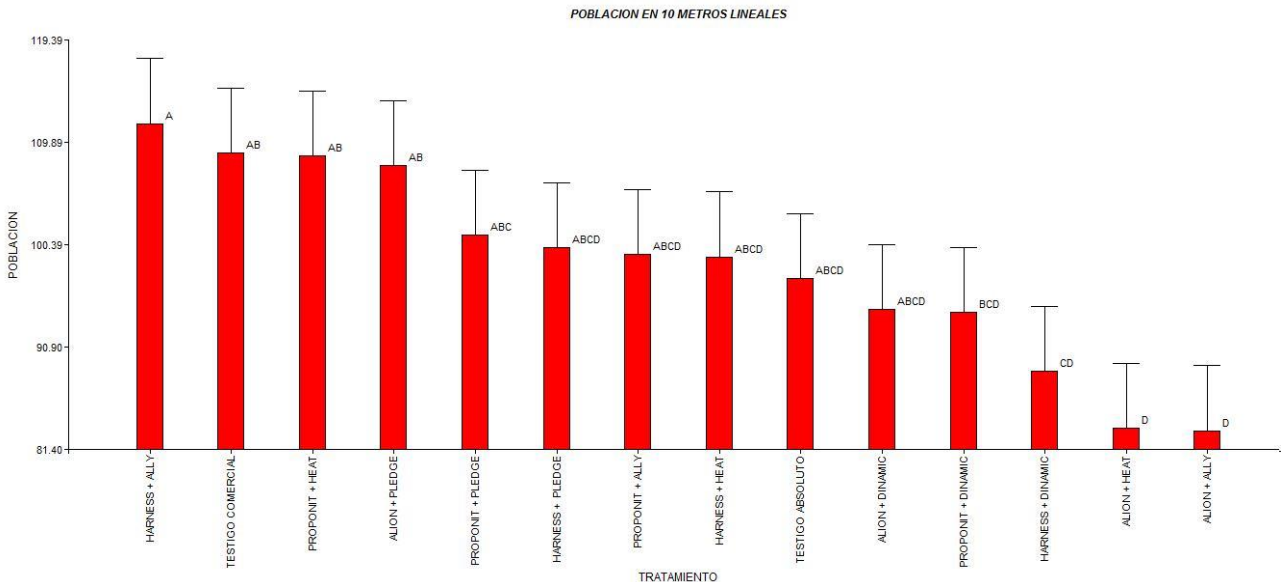
Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=17.27049  
 Error: 145.8076 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
HARNESSESS + ALLY	111.63	4	6.04	A
TESTIGO COMERCIAL	108.88	4	6.04	A B
PROPONIT + HEAT	108.63	4	6.04	A B
ALION + PLEDGE	107.75	4	6.04	A B
PROPONIT + PLEDGE	101.25	4	6.04	A B C
HARNESSESS + PLEDGE	100.13	4	6.04	A B C C D
PROPONIT + ALLY	99.50	4	6.04	A B C C D
HARNESSESS + HEAT	99.25	4	6.04	A B C C D
TESTIGO ABSOLUTO	97.25	4	6.04	A B C C D
ALION + DINAMIC	94.38	4	6.04	A B C C D
PROPONIT + DINAMIC	94.13	4	6.04	B C C D
HARNESSESS + DINAMIC	88.63	4	6.04	C C D
ALION + HEAT	83.38	4	6.04	D
ALION + ALLY	83.13	4	6.04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Gráficamente se puede observar que si existe una diferencia entre los tratamientos y que las diferencias se dividen en cuatro grupos (figura 26), en el primer grupo se encuentran los tratamientos con las mejores poblaciones los cuales son los tratamientos HA, testigo comercial, PH y AP. En el segundo grupo se encuentran los tratamientos de población regular los cuales son los tratamientos PP, HP, PA, HH, testigo absoluto, AD y PD, seguidamente se encuentran los de poblaciones más bajas entre los cuales se encuentran los tratamientos HD, AH y AA.

Figura 26. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 45 DDA.



En el análisis de altura de tallos podemos observar que no existe diferencia significativa entre tratamientos y que tampoco existe diferencia significativa entre bloques, se observa que el p-valor es mayor a 0.05 por lo que nos indica que no existen diferencias significativas. Esto se atribuye a que la planta en la fase final del establecimiento se está preparando para entrar en la fase inicial de la elongación por lo que la altura de las plantas va a ser muy parecido entre los tratamientos (figura 27).

Figura 27. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 45 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	56	0.38	0.12	7.94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	82.17	16	5.14	1.47	0.1603
TRATAMIENTO	53.59	13	4.12	1.18	0.3280
REPETICION	28.57	3	9.52	2.73	0.0568
Error	136.05	39	3.49		
Total	218.22	55			

Según el análisis de varianza se puede observar que no existen diferencias significativas, ya que se observa que la altura de los tratamientos es bastante parecida entre ellos por lo que se puede decir que todos tienen el mismo efecto en esta fase.

En los resultados de clorofila se observó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que el efecto fue el mismo entre bloques y los tratamientos (figura 28).

Figura 28. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 45 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CLOROFILA	56	0.39	0.14	15.37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1500.44	16	93.78	1.57	0.1260
TRATAMIENTO	1296.86	13	99.76	1.67	0.1087
REPETICION	203.59	3	67.86	1.13	0.3477
Error	2336.36	39	59.91		
Total	3836.80	55			

### 2.6.3.3. Fitotoxicidad a los 60 días después de la aplicación (60 DDA)

Después de los 60 DDA los resultados nuevamente demuestran que si existe diferencia significativa (figura 29) y se observa que existen buenos resultados de algunos tratamientos ya que si la variedad CP 73- 1547 tiene un promedio de 11 tallos por metro lineal es decir 111 tallos en 10 metros lineales (Lima L. 2014), los tratamientos con grupo estadístico "A" superan el promedio, siendo el tratamiento HP con el mejor promedio ganando 26 tallos más que el anterior muestreo, es decir que aumento casi 3 tallos por metro lineal.

También se observa que los tratamientos con grupo estadístico "AB" poseen buena población ya que alcanzaron un total de 111 tallos molederos en 10 metros lineales por lo que estos tratamientos se encuentran dentro de la población promedio. Por otro lado se encuentran tres tratamientos que obtuvieron una población por debajo del promedio permisible, ya que estos tienen un promedio de 10 a 9 tallos por metro lineal siendo estos los tratamientos que en su mezcla poseen Alion a excepción del tratamiento AP, esto es dado por el mecanismo de acción que inhibe la capacidad germinativa de la semilla de malezas y según los resultados también la capacidad geminativa del cultivo.

Figura 29. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la población de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 60 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
POBLACION	56	0.61	0.44	9.31

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6777.88	16	423.62	3.75	0.0004
TRATAMIENTO	4963.93	13	381.84	3.38	0.0016
REPETICION	1813.95	3	604.65	5.36	0.0035
Error	4401.68	39	112.86		
Total	11179.55	55			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=15.19467

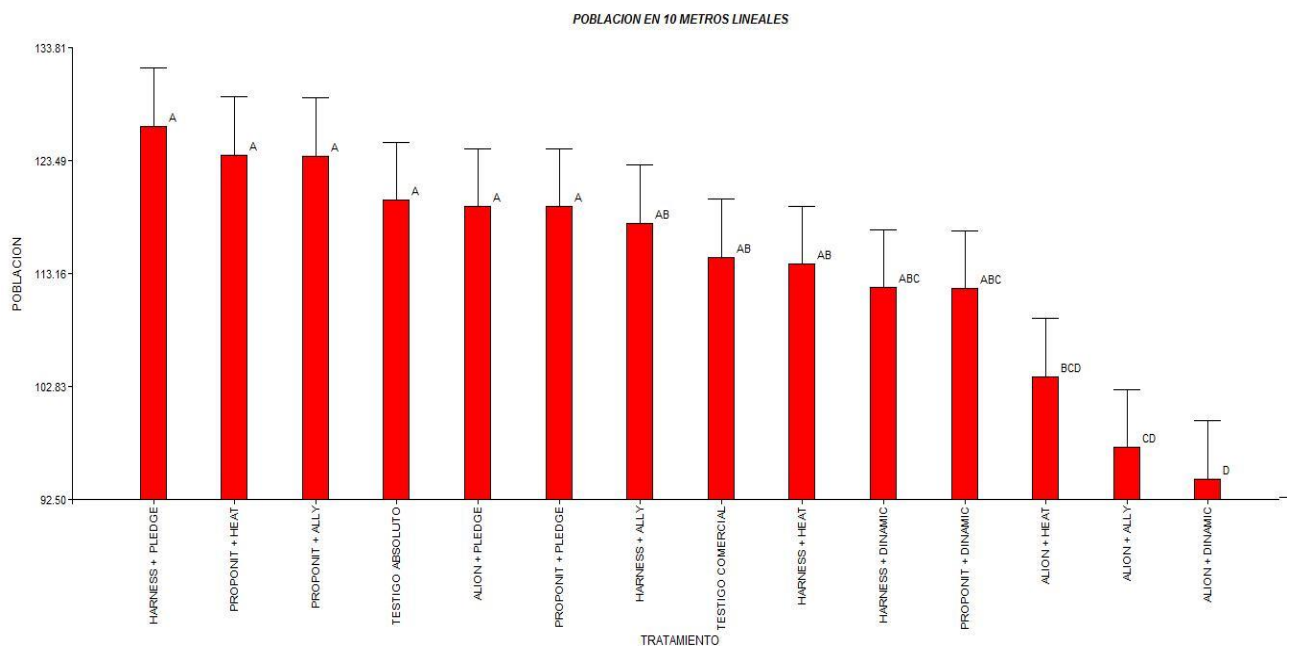
Error: 112.8636 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
HARNES + PLEDGE	126.63	4	5.31	A
PROPONIT + HEAT	124.00	4	5.31	A
PROPONIT + ALLY	123.88	4	5.31	A
TESTIGO ABSOLUTO	119.88	4	5.31	A
ALION + PLEDGE	119.25	4	5.31	A
PROPONIT + PLEDGE	119.25	4	5.31	A
HARNES + ALLY	117.75	4	5.31	A B
TESTIGO COMERCIAL	114.63	4	5.31	A B
HARNES + HEAT	114.00	4	5.31	A B
HARNES + DINAMIC	111.88	4	5.31	A B C
PROPONIT + DINAMIC	111.75	4	5.31	A B C
ALION + HEAT	103.75	4	5.31	B C D
ALION + ALLY	97.25	4	5.31	C D
ALION + DINAMIC	94.38	4	5.31	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

A los 60 DDA se puede observar ciertas diferencias, pero el comportamiento de las poblaciones entre los tratamientos se empieza a normalizar y sus medias no son tan diferentes como en el muestreo de 45 DDA. Analizando la gráfica se podría decir que los tratamientos con alion son los que más afectan la germinación de tallos y que los tratamientos con Harness o Proponit podrían ser una alternativa para evitar la pérdida de población (figura 30).

Figura 30. Gráfica de medias de población de tallos de azúcar por tratamiento a los 60 DDA.



Los resultados de los 60 DDA en la altura de tallos podemos observar que otra vez se observa una diferencia significativa y esta vez la variabilidad existente si se le atribuye a al efecto de los tratamientos por lo que se observan varios grupos estadísticos es decir que si hay una diferenciación entre los tratamientos. El testigo absoluto vuelve a tener la mejor altura con respecto al resto de los tratamientos obteniendo un crecimiento de 18 cm al igual que el tratamiento PD, en esta ocasión todos tuvieron crecimientos importantes por lo que la altura de los tallos puede estar relacionada al factor nutricional del suelo ya que este no es totalmente homogéneo (figura 31).

Figura 31. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la altura de tallos de caña de azúcar por tratamiento a los 60 DDA.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	56	0.64	0.49	7.36

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	516.18	16	32.26	4.34	0.0001
TRATAMIENTO	356.15	13	27.40	3.68	0.0008
REPETICION	160.03	3	53.34	7.17	0.0006
Error	290.20	39	7.44		
Total	806.37	55			

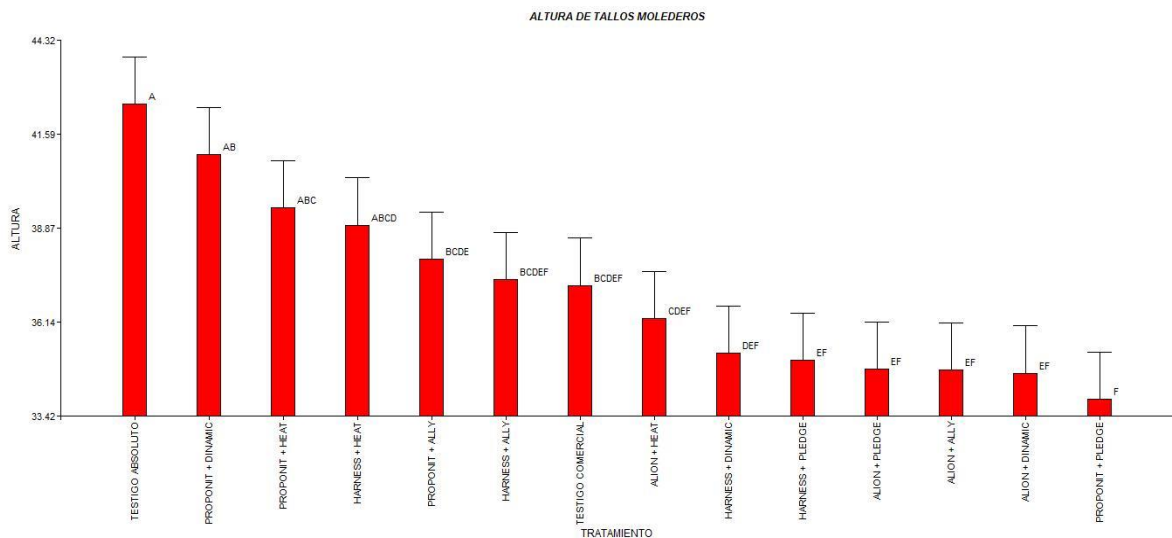
Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.90146  
 Error: 7.4409 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.						
TESTIGO ABSOLUTO	42.46	4	1.36	A					
PROPNIT + DINAMIC	41.00	4	1.36	A	B				
PROPNIT + HEAT	39.46	4	1.36	A	B	C			
HARNES + HEAT	38.96	4	1.36	A	B	C	D		
PROPNIT + ALLY	37.96	4	1.36	B	C	D	E		
HARNES + ALLY	37.38	4	1.36	B	C	D	E	F	
TESTIGO COMERCIAL	37.21	4	1.36	B	C	D	E	F	
ALION + HEAT	36.25	4	1.36		C	D	E	F	F
HARNES + DINAMIC	35.25	4	1.36			D	E	F	F
HARNES + PLEDGE	35.04	4	1.36				E	F	F
ALION + PLEDGE	34.79	4	1.36				E	F	F
ALION + ALLY	34.75	4	1.36				E	F	F
ALION + DINAMIC	34.67	4	1.36				E	F	F
PROPNIT + PLEDGE	33.92	4	1.36						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Además de que la altura está ligada a aspectos nutricionales es importante saber que siempre va a existir daño por el uso de herbicidas, observando la gráfica podemos darnos cuenta que tres de los tratamientos que contienen Alion están con las alturas más bajas por lo que se puede decir que si existe un efecto negativo en la altura de la caña de azúcar (figura 32).

Figura 32. Gráfica de medias de altura de tallos de azúcar por tratamiento a los 60 DDA.



Sesenta días después de la aplicación los resultados de clorofila demuestran que también existe una diferencia significativa entre los tratamientos y que todos aumentan su porcentaje de clorofila. A diferencia del muestreo a los 45 DDA se puede observar de que el testigo absoluto ya no posee el porcentaje de clorofila más alto esto puede ser a causa del efecto de competencia que tiene el cultivo con la maleza, que puede ser por nutrientes, luz, espacio, etc. También se observa de que el comportamiento de los tratamientos se comienza a diferenciar por grupos pues los tratamientos que fueron mezclados con proponit encabezan las medias de porcentaje más altos y dos de los tratamientos que fueron mezclados con alion se encuentran con las medias de porcentaje más bajos. Los tratamientos con Harness se podría decir presentan el mismo fenómeno que en la población, ya que no se encuentra con valores muy altos pero tampoco se observa que sea un tratamiento que cause serios daños al cultivo (figura 33).

Figura 33. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la clorofila por tratamiento a los 60 DDA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CLOROFILA	56	0.46	0.24	11.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1420.48	16	88.78	2.08	0.0315
TRATAMIENTO	1346.78	13	103.60	2.43	0.0164
REPETICION	73.70	3	24.57	0.58	0.6345
Error	1664.77	39	42.69		
Total	3085.25	55			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=9.34458

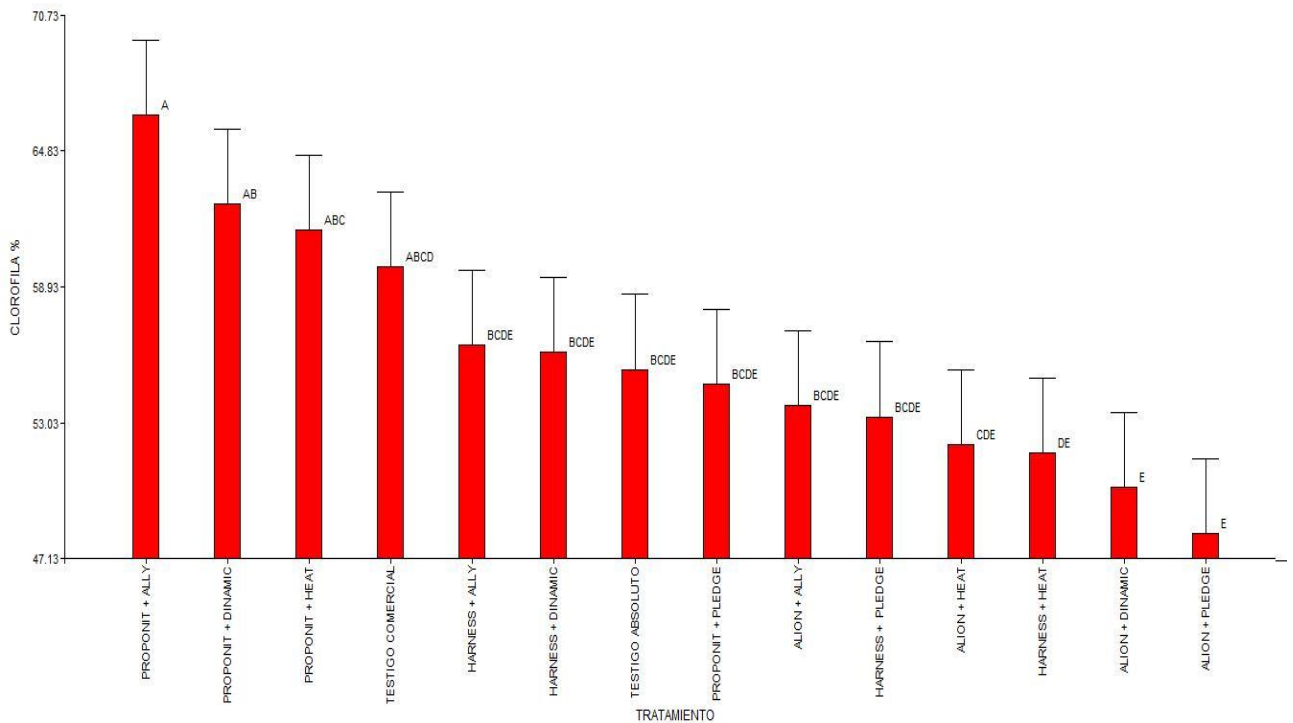
Error: 42.6865 gl: 39

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.					
PROPONIT + ALLY	66.39	4	3.27	A				
PROPONIT + DINAMIC	62.54	4	3.27	A	B			
PROPONIT + HEAT	61.39	4	3.27	A	B	C		
TESTIGO COMERCIAL	59.80	4	3.27	A	B	C	D	
HARNESS + ALLY	56.40	4	3.27		B	C	D	E
HARNESS + DINAMIC	56.09	4	3.27		B	C	D	E
TESTIGO ABSOLUTO	55.34	4	3.27		B	C	D	E
PROPONIT + PLEDGE	54.70	4	3.27		B	C	D	E
ALION + ALLY	53.77	4	3.27		B	C	D	E
HARNESS + PLEDGE	53.28	4	3.27		B	C	D	E
ALION + HEAT	52.07	4	3.27			C	D	E
HARNESS + HEAT	51.70	4	3.27				D	E
ALION + DINAMIC	50.23	4	3.27					E
ALION + PLEDGE	48.20	4	3.27					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

Los resultados de clorofila demuestran que no tienen un comportamiento regular durante el tiempo que duro el experimento pero si demuestran una tendencia pues en el muestreo a los 45 DDA se logró observar de que algunos de los tratamientos que poseen los productos pledge, heat y dinamic afectaban la clorofila del cultivo. En estos resultados a los 60 DDA se logra apreciar de mejor forma de que si existe cierto efecto negativo de las mezclas que poseen los productos antes mencionados puesto que de la mitad de la tabla de ANDEVA hacia abajo existen cinco tratamientos que contienen estos productos los cuales son los tratamientos HP, HH, AP, AH, y AD es decir de estos cinco tratamientos tres son mezclados con alion esto se debe a que estas mezclas son muy solubles lo que hace que sean más fácilmente absorbidos por la planta por lo que causan cierto daño. Por otro lado también se puede observar que los tratamientos con proponit son los de mayor porcentaje de clorofila aún estando mezclados con pledge, heat y dinamic no causan tanto daño, este fenómeno puede estar dado porque el proponit pueda volver la mezcla más noble realizando cierto sinergismo entre los productos (figura 34).

Figura 34. Gráfica de medias de clorofila por tratamiento a los 60 DDA.



## 2.7 CONCLUSIONES

- Las mezclas de herbicidas de Proponit con Dinamic (PD) y Harness con Dinamic (HD) fueron las más eficaces al alcanzar un total de 50 días de control con porcentajes de 82.01% y 80.63% respectivamente, Estas mezclas fueron aplicadas experimentalmente sobre el cultivo de la caña de azúcar en la que ambas mezclas demostraron tener alta residualidad y amplio espectro de control sobre malezas de hoja ancha.
- La Mezcla de herbicida con menor costo fue la de Proponit con Heat (PH), obteniendo un costo de Q. 2.59 por día control después de 45 días de ser aplicado, seguido por la mezcla de Proponit con Dinamic (PD) que obtuvo un costo de Q. 5.22 por día control después de 50 días de ser aplicado en el ensayo experimental.
- La fitotoxicidad fue evaluada con tres variables diferentes con diferentes momentos de muestreo y se observó que los peores daños fitotóxicos se encontraban con la presencia de alion pero en especial la mezcla de Alion con Dinamic (AD) fue la que más afecto al cultivo obteniendo en las diferentes lecturas de población, altura y clorofila las medias más bajas debido a que las dos moléculas son de alta solubilidad.

## 2.8 RECOMENDACIONES

Con la finalidad de obtener un buen manejo de maleza de hoja ancha y validar los resultados de eficacia de esta investigación se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar varias pruebas experimentales similares en los cuatro estratos altitudinales con variedades y características edafo - climáticas diferentes.
- Evaluar la eficacia de las mezclas en aplicaciones post emergentes tempranas o de cierre como posibles alternativas al uso del herbicida 2-4D en caña plantía y caña soca.



## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Arysta Lifescience, CL. 2,013a. Propisoclor (en línea). Chile. Consultado 15 dic 2,013. Disponible en <http://www.arystalifescience.cl/productos/detalle.asp?producto=169>
2. Arysta Lifescience, MX. 2,013b. Amicarbazone (en línea). México. Consultado 15 dic. 2,013. Disponible en [http://www.arystagbm.com/productos/pdf/bc4de425df28c59\\_ORION.pdf](http://www.arystagbm.com/productos/pdf/bc4de425df28c59_ORION.pdf)
3. Bayer Cropscience, GT. 2,013. Alion (en línea). Guatemala. Consultado 13 dic. 2,013. Disponible en [http://www.bayercropscienceca.com/contenido.php?id=163&id\\_prod=635](http://www.bayercropscienceca.com/contenido.php?id=163&id_prod=635)
4. Brometan, AR. 2,013. Flumioxazin (en línea). Argentina. Consultado 25 nov. 2,013. Disponible en <http://www.brometan.com.ar/NewSite/pagina.php?parent=agroinsumos&slug=herbicidas>
5. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2012. Mapa de zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (en línea). Escuintla, Guatemala. Consultado 20 mar 2012. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Generales/Zonas-de-Vida/>
6. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, MX). 2,013. Lista de malezas de México por familia (en línea). México. Consultado 7 ene 2,014. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/paginas/listaplantas.htm>
7. Cruz, W. 2,013. Metodología para análisis de control de malezas en evaluaciones experimentales utilizando herbicidas (entrevista). Escuintla, GT, Ingenio Magdalena.
8. DUPONT, MX. 2,013. Metsulfuron metil (en línea). México. Consultado 14 dic. 2,013. Disponible en [http://www2.dupont.com/DuPont\\_Crop\\_Protection/es\\_MX/products/Herbicidas/Ally/index.html](http://www2.dupont.com/DuPont_Crop_Protection/es_MX/products/Herbicidas/Ally/index.html)
9. Espinoza, G; Hernández, C; Morales, J. 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. p. 9-94.
10. Lima, L. 2,013. Comportamiento poblacional de la variedad de caña de azúcar CP 73-1547 (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.

11. López, B. 2,013. Metodología de muestras foliares y clorofila en caña de azúcar (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
12. Martínez Fuentes, JC. 2007. Contribución a la eficiencia en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en la zona 6 del ingenio Madre Tierra de febrero de 2004 a noviembre de 2004, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 63.
13. Melgar, M. 2012. Libro del cultivo de la caña en Guatemala: manejo y control y malezas, principales malezas de la zona cañera de Guatemala, Manejo y control de malezas. Guatemala, CENGICAÑA. p. 131-145.
14. Morataya Barrera, MI. 1997. Estudio cualitativo de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el municipio de Villa Canales, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 3-10.
15. Pérez, O. 2013. Características generales de los suelos de la zona cañera de Guatemala. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, CENGICAÑA. 10 p.
16. Portabella Lou, JR. 2008. Sistematización del manejo de acetanilidas para el control preemergente de malezas en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 2.
17. SIPOVE (Sistema Potosino de Vigilancia Epidemiológica, MX). 2,013. Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar (en línea). México. Consultado 7 ene 2,014. Disponible en [http://www.sipove.gob.mx/Doc\\_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT\\_Cana\\_de\\_Azucar.pdf](http://www.sipove.gob.mx/Doc_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT_Cana_de_Azucar.pdf)
18. TERRALIA, MX. 2,013. Acetoclor (en línea). México. Consultado 28 dic 2,013. Disponible en [http://www.terralia.com/agroquimicos\\_de\\_mexico/index.php?proceso=registro&numero=5146](http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=5146)
19. Vásquez Corado, RH. 2006. Programa general para el manejo de flora espontanea en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*), en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 3-13.



### **CAPÍTULO III**

**SERVICIOS PRESTADOS AL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
EN EL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE MALEZAS, DEL INGENIO  
MAGDALENA, S.A.**

### **3.1 PRESENTACIÓN**

El programa de malezas del departamento de investigación, del Ingenio Magdalena, se encarga de realizar evaluaciones de moléculas y monitoreo, para luego definir las estrategias de manejo de las poblaciones de malezas, en cada una de las administraciones, debido a que la producción del cultivo de caña de azúcar puede verse afectada por la presencia de diversas especies de malezas como gramíneas y hoja ancha desde la siembra hasta el momento de la cosecha. El coyolillo (*Cyperus rotundos* L.) es una de las especies que está presente en la mayoría de las fincas de la zona sur. Es una de las malezas de importancia económica por ser una planta resistente e invasora además de su facilidad de reproducirse por medio de rizomas o tubérculos.

El primer servicio permitió determinar el valor de importancia de *Cyperus rotundos* L., en fincas pertenecientes al Ingenio Magdalena, S.A. Se encuentran en dos estratos altitudinales diferentes (Litoral y bajo). Este estudio se dividió en 3 etapas: la primera fue la coordinación de los puntos a muestrear con los supervisores de herbicidas en lotes de caña comercial soca, luego se realizó la etapa de campo en la que se realizaron los muestreos en puntos previamente planificados, luego se realizó la etapa de tabulación y análisis de la información para calcular el valor de importancia.

El segundo servicio permitió que tanto el personal del área de malezas, como supervisores de herbicidas de las administraciones posean una información completa que sirva para analizar y definir estrategias de control químico específico para reducir los bancos de semilla de las especies de maleza existentes en lotes comerciales.

## **3.2 ÁREA DE INFLUENCIA**

### **3.2.1 Localización**

Según ASAZGUA, (2013), gran parte de la zona cañera se encuentra ubicada en cuatro departamentos de la región sur del país, los cuales son Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa, la mayoría de las fincas que pertenecen al Ingenio Magdalena se encuentran ubicadas en el departamento de Escuintla, en los municipios de Santa Lucía, La Democracia, La Gomera, Sipacate, el puerto San José, Retalhuleu, Tiquisate y Tasisco y Chiquimulilla, Santa Rosa, el área de trabajo se encuentra en las fincas que pertenecen al Ingenio Magdalena y se ubican en el área central de los estrato litoral que corresponde a la altura de 0 a 40 msnm y estrato bajo que está en las alturas de 40 msnm a 100 msnm.

### **3.2.2 Clima y zonas de vida**

Según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la región sur, publicado por CENGICAÑA (2013), la región sur de Guatemala se encuentran en las zonas de vida: bosque muy húmedo subtropical, bosque húmedo subtropical y bosque seco subtropical. La región sur se encuentra en la zona climática de la planicie costera del pacífico esta región también se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, con elevaciones de 0 a 300 metros msnm. Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo con deficiencia durante parte del año, los registros de temperatura son altos. En esta región existen climas de género cálido sin estación fría bien definida. Con carácter húmedo con invierno seco, variando a semi seco, con invierno seco. La vegetación varía de bosque a pastizal en el sector oriental. Las condiciones climáticas registradas en la región sur según el INSIVUMEH son las siguientes:

- A. Precipitación media anual: 1,588.73 mm
- B. Temperatura anual: 28 °C.
- C. Humedad relativa (media): 75%

### **3.3 OBJETIVO GENERAL**

- Apoyar al programa de malezas del departamento de investigación del Ingenio Magdalena a solucionar problemas que fueron identificados y priorizados en el diagnóstico realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

### **3.4 SERVICIOS PRESTADOS**

#### **3.4.1. Determinación del valor de importancia del coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) en las fincas pertenecientes al ingenio magdalena que se encuentran en el estrato litoral y estrato bajo.**

##### **3.4.1.1 Introducción**

Según Cruz, W. (2013), el coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) está presente en la mayoría de las fincas productoras del ingenio Magdalena, es una de las malezas de importancia económica debido a que produce alelopatía hacia el cultivo, además es una planta resistente e invasora y su mayor ventaja es la facilidad de reproducirse por medio de rizomas o tubérculos, esta maleza puede llegar a producir alrededor de 40,000,000 de tubérculos por ciclo de vida, por lo que es necesario realizar un mapeo y reducir sus bancos de semilla en las fincas que reportan mayor presencia.

El presente Servicio permitió determinar el valor de importancia de *Cyperus rotundus* L., en fincas productoras de caña de azúcar, pertenecientes al Ingenio Magdalena y que se encuentran en dos estratos altitudinales: Litoral 0-40 msnm y bajo 40-100 msnm.

### **3.4.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar valor de importancia del *Cyperus rotundus* L. desde la litoral hacia la zona baja.
- Analizar el valor de importancia de *Cyperus rotundus* L.
- Identificar los puntos críticos de infestación de *Cyperus rotundus* L.

### **3.4.1.3 Metodología**

El Servicio se dividió en 3 etapas: la primera fue una etapa de planificación y coordinación de los puntos a muestrear con los supervisores de herbicidas en lotes de caña comercial soca, luego se realizó la segunda etapa que consistía en la fase de campo en la que se realizaron los muestreos en puntos previamente ubicados dentro de los lotes a muestrear y para finalizar se realizó la tercera etapa ó fase de gabinete en la que se realizó la tabulación y análisis de la información con la que se cálculo el valor de importancia, se analizó la información obtenida y se identificaron los puntos con mayor infestación de *Cyperus r.*; fue posible muestrear 60 lotes comerciales de 13 fincas de 5 administraciones diferentes.

#### **3.4.1.3a Fase de planificación y coordinación**

En esta fase se llevaron a cabo actividades de planificación como:

##### **3.4.1.3ai Selección de los lotes**

Para seleccionar los lotes se conto con la colaboración del supervisor de herbicidas de la administración o zona donde se establecieron los puntos de muestreo, según García, S. (2,013), los lotes muestreados debían poseer las siguientes características:

- ✓ Que no sea un lote de renovación.
- ✓ Que no sea un lote semillero.
- ✓ Que no exista un ensayo dentro del lote.
- ✓ Que no exista una aplicación previa en el lote.

### **3.4.1.3a ii Número de puntos, distribución y toma de ubicación geográfica.**

El número de puntos a tomar por lote depende de la magnitud de área que posea el lote a muestrear, Según la metodología utilizada por García S. (2013), se necesita 1 punto de muestreo por cada 4 hectáreas.

Estos puntos de muestreo deben de ser distribuidos lo más retirados uno del otro en sig-sag, para que se pueda abarcar la mayor área posible del lote y así tener una distribución más uniforme en los lotes a trabajar, luego de la distribución de los puntos se procede a tomar las coordenadas geográficas del punto de muestreo con la ayuda de un navegador GPS.

### **3.4.1.3a iii Protección de puntos antes a la aplicación.**

Para asegurar que la información de cada punto de muestreo sea confiable se protegieron los puntos de muestreo antes de la aplicación de las mezclas comerciales pre emergentes en los lotes a muestrear, para la protección se utilizó un nylon de 2m<sup>2</sup>, esta protección se realiza para que el punto a muestrear no tenga contacto con ningún herbicida y altere la población de maleza que se pueda dar en el punto, para identificar el punto de muestreo se colocaron estacas con una bandera de nylon.

### **3.4.1.3b Fase de campo**

#### **3.4.1.3bi Muestreo**

Los muestreos de los puntos se realizaron entre los 30 y 35 días después de la aplicación (DDA), los muestreos se realizaron en este período de tiempo para que los puntos de muestreo no fueran destruidos por una labor de mecanización ó aplicación de mezclas de herbicida post emergente, los puntos de muestreo se encuentran con la ayuda de un navegador GPS que contiene las coordenadas tomadas cuando se estableció cada punto.

Las muestras fueron tomadas utilizando el método del metro cuadrado, que consistió en colocar un cuadrado elaborado artesanalmente con tubos PVC con las medidas de un metro de largo por un metro de ancho, el cuadrado se colocó sobre el punto de muestreo luego se procedió a realizar un conteo poblacional por especie de maleza y tomar el



porcentaje de cobertura que posee la especie dentro del cuadrado. La lectura del porcentaje de cobertura se tomo visualmente.

### 3.4.1.3c Fase de gabinete

Después de recolectar la información en el campo, se procedió a tabular la información y calcular el valor de importancia de las especies encontradas en cada lote (García S. 2,013). Para calcular el valor de importancia se utilizo la siguiente fórmula:

(V. I.) = Densidad relativa (D.R.) + Cobertura relativa (C.R.) + Frecuencia relativa (F.R.)

En donde:

❖ **Densidad:** Es el número de individuos N en un área determinada (1 m<sup>2</sup>).

$$\text{Densidad Relativa (D.R.)} = \frac{\text{Numero de plantas de una especie}}{\text{Número total de especies}} \times 100$$

❖ **Cobertura:** Es el espacio que ocupa uno o más individuos de la misma especie en un área determinada (1 m<sup>2</sup>).

$$\text{Cobertura Relativa (C.R.)} = \frac{\text{Cobertura de una especie}}{\text{Cobertura de todas las especies}} \times 100$$

❖ **Frecuencia:** Es el número veces en las que aparece un individuo (especie de maleza) en una unidad de muestra particular en relación con el número total de muestreos.

$$\text{Frecuencia Relativa (F.R.)} = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100$$

Luego de calcular el valor de importancia se procedió a analizar la información e identificar los lotes que poseían la mayor presencia de *Cyperus rotundus*, teniendo en cuenta que el valor de importancia puede llegar a un máximo de 300 %, se utilizó el criterio de análisis de fraccionar el porcentaje en 4 escalas de valor de importancia que representen un nivel de infestación, por lo que las escalas son las siguientes:

Cuadro 11. Niveles de infestación establecidos según su valor de importancia

<b>VALOR DE IMPORTANCIA (%)</b>	<b>NIVEL DE INFESTACIÓN</b>
0 – 75	Leve
76 – 150	Moderada
151 – 225	Severa
226 - 300	Muy Severa

#### 3.4.1.4 Resultados

Se realizaron alrededor de 247 muestreos en el estrato litoral y estrato bajo por lo que fue posible muestrear 60 lotes comerciales de 13 fincas productoras de caña comercial que pertenecen a 5 administraciones diferentes, luego se identificaron los puntos con mayor infestación de *cyperus r.*

#### Administración AGROPESA

Cuadro 12. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Ana Bella.

FINCA ANA BELLA				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
169-001-002	Litoral	30.19	11.56	Leve
TOTAL		30.19		

Cuadro 13. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Candelaria.

FINCA CANDELARIA				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
177-001-003	Litoral	25.04	162.29	Severa
177-001-004	Litoral	26.07	98.12	Moderada
TOTAL		51.11		

Cuadro 14. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca El Rosario.

FINCA EL ROSARIO				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
235-003-003	Litoral	5	31.93	Leve
235-003-002	Litoral	26.78	28.34	Leve
235-003-001	Litoral	64.15	23.52	Leve
TOTAL		95.93		

Cuadro 15. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Frisia.

FINCA FRISIA				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
311-001-006	Litoral	26.17	25.46	Leve
311-001-002	Litoral	26.9	0.00	Leve
TOTAL		53.07		

Cuadro 16. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Líbano.

FINCA LIBANO				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
033-001-009	Litoral	7.25	119.81	Moderada
033-001-004	Litoral	11.55	110.62	Moderada
033-001-003	Litoral	10.67	101.35	Moderada
033-001-012	Litoral	10.48	89.34	Moderada
033-001-001	Litoral	7.52	84.29	Moderada
033-001-011	Litoral	9.84	78.36	Moderada
033-001-010	Litoral	9.75	74.73	Leve
033-001-002	Litoral	10.9	64.56	Leve
033-001-005	Litoral	11.63	17.22	Leve
033-001-006	Litoral	10.24	0.00	Leve
033-001-008	Litoral	8.33	0.00	Leve
033-001-013	Litoral	12.1	0.00	Leve
TOTAL		120.26		

Cuadro 17. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Irene.

FINCA SANTA IRENE				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
024-004-001	Litoral	22.15	71.28	Leve
024-003-004	Litoral	20.15	68.95	Leve
024-003-002	Litoral	11.1	52.80	Leve
024-004-004	Litoral	20.15	0.00	Leve
TOTAL		73.55		

### Administración La Felicidad

Cuadro 18. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Las Cuevas.

FINCA LAS CUEVAS				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
099-001-004	Litoral	10.18	186.32	Severa
099-001-008	Litoral	12.33	139.39	Moderada
099-001-009	Litoral	18.21	82.70	Moderada
099-001-005	Litoral	12.86	25.29	Leve
TOTAL		53.58		

Cuadro 19. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Manglares.

FINCA MANGLARES/PIJUY				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
048-001-007	Litoral	25.51	96.95	Moderada
048-002-005	Litoral	26.28	41.80	Leve
TOTAL		51.79		

Cuadro 20. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Nuevo San Carlos.

FINCA NUEVO SAN CARLOS				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
067-002-003	Litoral	14.58	60.86	Leve
067-002-002	Litoral	11.83	0.00	Leve
067-003-002	Litoral	14.25	0.00	Leve
TOTAL		40.66		

### Administración Santa María

Cuadro 21. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca San Antonio el Valle.

FINCA SAN ANTONIO				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
028-002-011	Litoral	15	273.65	Muy Severa
028-002-010	Litoral	15.94	245.86	Muy Severa
028-002-012	Litoral	14.65	215.91	Severa
028-002-013	Litoral	8.95	180.71	Severa
TOTAL		54.54		

### Administración Buganvilia

Cuadro 22. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Rita.

FINCA SANTA RITA				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
012-001-006	Bajo	14.01	161.42	Severa
012-001-004	Bajo	13.14	157.11	Severa
012-001-007	Bajo	15.65	126.30	Moderada
012-001-008	Bajo	8.51	106.84	Moderada
012-001-013	Bajo	8.87	90.88	Moderada
012-001-015	Bajo	16.95	90.32	Moderada
012-001-024	Bajo	21.46	88.49	Moderada
012-001-019	Bajo	18.4	81.61	Moderada
012-001-005	Bajo	15.31	45.61	Leve
012-001-014	Bajo	11.37	39.78	Leve
012-001-022	Bajo	13.35	14.49	Leve
012-001-027	Bajo	23.4	0.00	Leve
TOTAL		180.42		

### Administración Velásquez

Cuadro 23. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca Santa Cristina.

FINCA SANTA CRISTINA				
Lote	Estrato	Área ( )	Valor de importancia (%)	Infestación
355-001-007	Bajo	42.74	127.26	Moderada
355-001-013	Bajo	2.58	119.57	Moderada
355-001-012	Bajo	15.26	0.00	Leve
TOTAL		60.58		

Cuadro 24. Nivel de infestación y valor de importancia de la finca San Patricio.

FINCA SAN PATRICIO				
Lote	Estrato	Área (ha.)	Valor de importancia (%)	Infestación
351-002-004	Bajo	15.33	244.02	Muy Severa
351-002-005	Bajo	16.53	216.72	Severa
351-002-012	Bajo	14.74	213.90	Severa
351-002-009	Bajo	17.61	181.40	Severa
351-002-011	Bajo	16.16	119.65	Moderada
351-002-006	Bajo	9.68	113.99	Moderada
351-002-010	Bajo	17.12	101.38	Moderada
351-001-001	Bajo	13.7	66.18	Leve
TOTAL		120.87		

Cuadro 25. Nivel de infestación y valor de importancia promedio por finca.

ADMINISTRACION	Estrato	FINCA	Valor de importancia (%)	Infestación
SANTA MARIA	Litoral	SAN ANTONIO EL VALLE	229.03	Muy Severa
VELASQUEZ	Bajo	SAN PATRICIO	157.15	Severa
AGROPESA	Litoral	CANDELARIA	130.20	Moderada
LA FELICIDAD	Litoral	LAS CUEVAS	108.43	Moderada
BUGANVILIA	Bajo	SANTA RITA	83.57	Leve
VELASQUEZ	Bajo	SANTA CRISTINA	82.28	Leve
LA FELICIDAD	Litoral	MANGLARES/PIJUY	69.38	Leve
AGROPESA	Litoral	LIBANO	61.69	Leve
AGROPESA	Litoral	SANTA IRENE	48.26	Leve
AGROPESA	Litoral	EL ROSARIO	27.93	Leve
LA FELICIDAD	Litoral	NVO. SAN CARLOS	20.29	Leve
AGROPESA	Litoral	FRISIA	12.73	Leve
AGROPESA	Litoral	ANABELA	11.56	Leve

### 3.4.1.5 Conclusiones

- El valor de importancia se determinó en 247 muestreos, en el estrato litoral y estrato bajo por lo que fue posible muestrear un total 60 lotes comerciales de 13 fincas productoras de caña comercial que pertenecen a 5 administraciones diferentes, sumando un total de 986.55 hectáreas muestreadas.
- Según nuestra escala de infestación en los 60 lotes muestreados, 37 se encuentran con una infestación relativamente leve, esto quiere decir que el 45 % de los lotes muestreados aún no presentan problemas por la presencia de cyperus, los otros 21 lotes se encuentran en un nivel de infestación moderado siendo esto un 35 % de los lotes muestreados, el número total de lotes con un nivel de infestación severo son 9 y con un nivel de infestación muy severo son 3 lotes que representan en porcentajes 15 % y 5 % respectivamente.
- Los puntos críticos de mayor presencia de cyperus son los lotes que sobrepasan un porcentaje del 150% de valor de importancia existen 3 lotes que sobrepasan el 225 % y tienen un nivel de infestación muy severo, de estos lotes 2 se encuentran en la finca San Antonio el Valle y uno en San Patricio. La finca que tiene el promedio más alto de valor de importancia es la finca San Antonio el Valle seguido de la finca San Patricio y en el tercer puesto se encuentra la finca Candelaria (ver cuadro 15).

### 3.4.1.6 Recomendación

- En los lotes de las fincas que tiene infestaciones demasiado severas se recomienda control químico utilizando sulfonilureas con un modo de acción sistémico.
- Se debe de reducir un poco la mecanización debido a que esta labor es una de las principales formas en las que el hombre ayuda al *Cyperus rotundus* L. a reproducirse.

### 3.4.1.6 Bibliografía

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, GT). 2,013. Ubicación de la agroindustria azucarera en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 28 oct 2013 <http://www.azucar.com.gt/economia.html>
2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2012. Mapa de zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (en línea). Escuintla, Guatemala. Consultado 20 mar 2013. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Generales/Zonas-de-Vida/>
3. Cruz, W. 2,013. El coyolillo en las fincas productoras del Ingenio Magdalena (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
4. García Estrada, SR. 2013, Distribución de las especies de malezas existentes en las ZAE de la administración central del Ingenio Magdalena. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 61, 66-68.
5. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). GT. 2,013. Registros históricos. Guatemala, Guatemala. Consultado 19 mar 2,013. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia.html>



### **3.4.2 Vademécum de herbicidas utilizados en el programa de malezas del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena.**

#### **3.4.2.1 Definición del problema**

Actualmente el área de investigación cuenta con una bodega en la cual se encuentran todos los productos de herbicidas que se utilizan para realizar las evaluaciones de control de malezas, estos productos son ofrecidos por los diferentes promotores de venta de cada casa comercial, pero no ofrecen la información completa de sus características físico-químicas, mecanismos de acción o una información puntual de especies de malezas que pueden controlar los productos, además también se desconocen su toxicología que es una información valiosa para resguardar la salud del personal de malezas que hace uso de estos productos.

El presente servicio permitió realizar una recopilación de la información más importante que se necesita para realizar análisis del comportamiento de cada molécula de herbicidas en las diferentes evaluaciones que se realizan en el programa de malezas.

#### **3.4.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar una caracterización de los herbicidas utilizados en el programa de malezas.
- Describir el mecanismo de acción de las moléculas evaluadas en el programa de malezas.
- Identificar las principales malezas que controlan los herbicidas utilizados en el programa de malezas.

### **3.4.2.3 Metodología**

#### **3.4.2.3A Información primaria**

##### **➤ Entrevistas**

Se realizaron entrevistas con los técnicos en agroquímicos de las empresas BAYER, DUWEST, FMC, ARYSTA LIFE, para consultar los mecanismos de acción, propiedades físico-químicas, formas de aplicación y especies que controlan los productos que distribuyen sus respectivas empresas, asimismo se entrevistó al Ing. Agr. Werner Cruz, investigador del programa de malezas quien compartió sus experiencias en el manejo de herbicidas y la forma en que actúa cada molécula y para que especie de malezas utiliza cada producto.

##### **➤ Observación**

Se utilizaron las fichas técnicas, etiquetas y panfletos de los herbicidas que se encuentran en la bodega de investigación para observar sus principales características.

#### **3.4.2.3B Información secundaria**

La información primaria fue complementada con la información secundaria, se recolectó información de las páginas web oficiales de las casas comerciales de donde pertenece cada producto y páginas oficiales de instituciones encargadas al estudio de moléculas de herbicidas.

#### **3.4.2.3C Digitalización**

Se sistematizó la información recolectada y se generó una tabla donde se describen las características físicas y químicas de los herbicidas y una segunda tabla que describe las especies de malezas que controla cada producto.

### **3.4.2.4 Resultados**

#### **3.4.2.4A Características físico-químicas de los herbicidas**

Es importante conocer las características físicas y químicas de los herbicidas debido a que es la base para comprender su comportamiento en el medio ambiente, además son una fuente de información valiosa para comprender y predecir su transporte en un entorno agroecológico. El movimiento de las partículas de pesticidas involucra los movimientos de gases, líquidos o partículas sólidas en un medio determinado, este movimiento de partículas puede darse por difusión, lixiviación y evaporación.

Es importante tomar en cuenta que las condiciones físicas y climáticas del lugar donde es aplicado el pesticida pueden contribuir al transporte de las moléculas, por lo que es necesario tener en cuenta aspectos como la topografía, estructura de suelo, la precipitación, temperatura y otros. Según INECC (2013), entre las características físico-químicas más importantes a tener en cuenta se encuentran:

##### **3.4.2.4Ai Solubilidad en agua**

La solubilidad en agua es un valor que determina la máxima concentración de un plaguicida a disolverse en un litro de agua y regularmente tiene un rango de 1 a 100,000 mg/L. Las unidades de concentración son:

- ppm = parte por millón = 1 mg/L
- ppb = parte por billón = 1 µg/L

Los plaguicidas de alta solubilidad poseen una baja adsorción por los suelos por lo que una fuerte lluvia o riego pueden ser transportados superficialmente por escorrentía o son fácilmente lixiviados llegando a desembocar hasta los cuerpos de agua superficial y/o agua subterránea.

Cuadro 26. Clasificación de la solubilidad de las moléculas en base a sus valores ppm a 20° C.

<b>Clasificación</b>	<b>Categoría de Solubilidad</b>	<b>Valores ppm</b>
1	Insoluble	< 1
2	Muy baja	1 -10
3	baja	11-50
4	Medio	51-150
5	Alta	151-500
6	Muy Alta	500-5000
7	Extremadamente alta	> 5000

#### 3.4.2.4Aii Coeficiente de partición octanol/agua (Kow)

El coeficiente de partición mejor conocido como octanol-agua (Kow), es el valor que representa cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles los cuales son:

- Agua (es un solvente polar)
- Octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas)

El Kow proporciona un valor de la polaridad de un plaguicida, es utilizado para determinar como un plaguicida puede distribuirse en tejido de grasa animal, los plaguicidas con una vida media y un  $K_{ow}$  altos pueden acumularse en tejido graso y bioacumularse a lo largo de la cadena alimenticia.

Cuadro 27. Lipofilicidad de las moléculas según su Kow.

<b>log Kow</b>	<b>Kow</b>	<b>Lipofilicidad</b>
< 0.1	< 1	hidrofílico
0.1 a 1	1 a 10	Medianamente liposoluble
1 a 2	10 a 100	lipofílico
2 a 3	100 a 1000	muy lipofílico
> 3	> 1000	Extremadamente lipofílico

### 3.4.2.4Aiii Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico (Koc).

Es un coeficiente en el cual se mide la tendencia de un compuesto orgánico a ser retenido por los suelos o sedimentos. Se le conoce como coeficiente de adsorción suelo/agua o el coeficiente de adsorción.

El Koc es específico para cada plaguicida y es independiente de las propiedades del suelo. Un Koc elevado indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos, estos valores de Koc van de 1 a 10, 000,000.

Cuadro 28. Adsorción del plaguicida al suelo según su valor de Koc.

ADSORCION DEL PLAGUICIDA AL SUELO		VALORES DEL COEFICIENTE	
Koc BAJO			
MUY DEBIL	EL PLAGUICIDA PUEDE SER VOLATIL	< 10	el plaguicida puede distribuirse en cuerpos de agua o aire
DEBIL		10 - 100	El plaguicida puede no ser fijado a la materia orgánica del suelo
MODERADA		100 - 1000	La vía de exposición al plaguicida puede ser inhalatoria.
koc ALTO			
DE MODERADA A FUERTE	EL PLAGUICIDA PUEDE SER SOLUBLE EN GRASA	1,000 - 10,000	El plaguicida se puede fijar en suelo, sedimento, biota y materia orgánica
FUERTE		10,000 - 100,000	El plaguicida puede moverse en aguas superficiales
MUY FUERTE		> 100,000	La vía de exposición al plaguicida puede ser por la cadena alimenticia

### 3.4.2.4Aiv Acidez o constante de disociación (pka):

La pKa es el pH al cual el herbicida está presente en una proporción 1:1 de las formas ionizada (hidrofílica) y no-ionizada (hidrofóbica). Las cantidades relativas de las formas ionizada y no ionizada, pueden afectar la facilidad con la que el herbicida cruza la membrana plasmática; las formas ionizadas se moverán más despacio a través de las membranas que las formas no-ionizadas.

Cuadro 29. Características Físicas y Químicas de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

Grupo Químico	Molécula	Solubilidad en agua ppm en 20°C (mg l <sup>-1</sup> )	Kow pH7, 20°C		Constante de disociación		Koc ppm /mL g-1	Coeficiente de distribución de un compuesto orgánico (Kd)	Movilidad
			P	log p	Pka 25°C	Nota			
Benzoilpyrazol	Topramezone	100,000	0.0302	-1.52	4.06	Ácido débil	171	-	Moderada
Triazinona	Hexazinona	33,000	14.8	1.17	2.2	Base débil	54	-	Móvil
Triazolinona	Carfentrazone	22,000	2290	3.36	No aplicable	Ninguna disociación	750	-	Poco móvil
Glicina	Glifosato	15,700	0.000631	-3.2	2.34	Ácido Fuerte	24,000	222	Poco móvil
Imidazolinonas	Imazapyr	11,272	1.29	0.11	1.9, 3.6 y 11	Ácido Fuerte	0.11- 1.48	-	-
Benzoico	Dicamba	6,500	0.0132	-1.88	1.87	Ácido Fuerte	-	-	-
Ácidos piridina-carboxílicos	Fluroxypyr	6,500	1.1	0.04	2.94	Ácido Fuerte	-	-	Móvil
Sulfonilureas	Ethoxysulfuron	5,000	10.2	1.01	5.28	Ácido débil	134	-	Moderada
Triazolinona	Amicarbazone	4,600	17	1.23	-	-	25	-	Móvil
Sulfonilureas	Metsulfuron metil	2,790	0.002	-1.7	3.75	Ácido débil	-	-	-
Imidazolinonas	Imazapyc	2,150	295	2.47	2, 3.6 y 11.1	Ácido Fuerte	0.17- 2.29	-	Moderada
Pyrimidinadionas	Saflufenacil	2,100	398	2.6	4.41	-	-	-	-
Isoxazolidinonas	Clomazone	1,100	347	2.54	No aplicable	Ninguna disociación	300	-	Moderada
Triazinona	Metribuzin	1,100	44.7	1.65	0.99	Ácido fuerte	60	-	-
Fenóxidos	2-4D	600	0.148	-0.83	2.87	Ácido Fuerte	20	1.24	Moderada

Ácidos piridina-carboxílicos	Picloram	560	0.012	-1.92	2.3	Ácido fuerte	13	-	Muy alta Movilidad
Triazolinona	Sulfentrazone	490	10	1	6.56	Ácido débil	10	-	Móvil
Cloroacetamidas	S- Metolaclor	480	1120	3.05	No aplicable	Ninguna disociación	120 - 310	-	-
Sulfonilureas	Tryfloxysulfuron	352	257	2.41	-	-	29 - 574	-	Muy alta Movilidad
Isoxazoles	Isoxaflutole	326	209	2.32	No aplicable	Ninguna disociación	17	2.8	Moderada
Cloroacetamidas	Acetoclor	236	13800	4.14	No aplicable	Ninguna disociación	156	3.21	Moderada
Triazinas	Ametrina	200	427	2.63	10.07	Ácido muy débil	20	-	Moderada
Cloroacetamidas	Propisoclor	90.8	2000	3.3	-	-	-	-	-
Triazinas	Terbutrina	58	4570	3.66	4.3	Base débil	2432	-	Poco móvil
Ureas sustituidas	Diuron	42	741	2.87	No aplicable	Ninguna disociación	477	8.3	Poco móvil
Triazinas	Atrazina	33	501	2.7	1.7	Base muy débil	100	-	Moderada
Sulfonilureas	Halosulfuron métil	10.2	0.955	-0.02	3.44	Ácido débil	109	1.67	Moderada
Alkylazina	Indaziflam	2.8	631	2.8	3.5	-	1000	-	Poco móvil
N- feniltalamidas	Flumioxazin	1.79	355	2.55	No aplicable	Ninguna disociación	889	-	Poco móvil
Dinitroanilinas	Pendimentalina	0.275	158000	5.2	2.8	Ácido Fuerte	17,200	228	No móvil
Difenil eter	Oxyfluorfen	0.11	72400	4.86	No aplicable	Ninguna disociación	100,000	-	-
Fenil Pyrazol	Piraflufen étil	0.082	3090	3.49	No aplicable	Ninguna disociación	1,949	-	Poco móvil

#### **3.4.2.4B Mecanismos de acción**

Es importante conocer el mecanismo de acción de los herbicidas debido a que tanto los agricultores como investigadores deben saber que herbicidas son los más adecuados para combatir las malezas resistentes que existen en su región, el mecanismo de acción es la manera en cómo actúa la molécula de un plaguicida directamente sobre los procesos fisiológicos de las plagas, en este caso hacemos referencia a las moléculas de herbicida, los herbicidas se clasifican alfabéticamente de acuerdo a la similitud de los síntomas inducidos, clases químicas y los lugares de destino en que trabajan, también llamados sitios de acción (HRAC, 2013).

#### **3.4.2.4C Clasificación de herbicidas según su mecanismo de acción**

El Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas (HRAC) por sus siglas en inglés, es un organismo internacional fundado por la industria agroquímica que se encarga de apoyar un enfoque de cooperación para la gestión de la resistencia a los herbicidas. En el año de 1,990 este comité creó un sistema con el objetivo de clasificar uniformemente los sitios de acción de los herbicidas en el mayor número de países posible.

Esta clasificación de herbicidas posee diferentes grupos de herbicida, cada grupo de herbicida está identificado por una letra y esta ordenada alfabéticamente. Las subclases poseen la letra del grupo al que pertenecen y un número correlativo por ejemplo C1, C2, etc., esto indica que el daño en el sitio de acción puede ser ocasionado de diferentes maneras (HRAC, 2013), siguiendo esta clasificación los mecanismos de acción se clasifican de la siguiente manera:

#### **3.4.2.4Ci Grupo A. Inhibidores de la síntesis de lípidos (Inhibidores de la síntesis de ACCasa)**

Los herbicidas que se encuentran en este grupo son utilizados principalmente para el manejo de gramíneas perennes y anuales en momento de post emergencia son altamente selectivos a las hojas anchas, inhiben la enzima acetil CoAcarboxilasa, la cual es responsable de la síntesis de ácidos grasos, los cuales son constituyentes de los lípidos que se producen en las membranas celulares y organelos (INBIO, 2013).



#### **3.4.2.4Cii Grupo B. Inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS)**

Los herbicidas pertenecientes a este grupo son inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS) también llamado acetohidroxiácido sintasa (AHAS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas (INBIO, 2013).

#### **3.4.2.4Ciii Grupo C. Inhibidores del fotosistema II**

Este grupo principalmente inhibe la fotosíntesis, el sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH<sub>2</sub> (INBIO, 2013). Según Weed science (2013), existen 3 subclases dentro de la clasificación HRAC las cuales son:

- C1. Triazinas, triazinonas y triazolinonas
- C2. Ureas y amidas
- C3. Nitrilos

#### **3.4.2.4Civ Grupo D. Inhibidores del fotosistema I**

Al igual que el grupo C estos herbicidas inhiben la fotosíntesis, su sitio de acción se encuentra en el fotosistema I, estos herbicidas forman radicales libres también llamados superóxidos cuando estas se condensan forman agua oxigenada, la cual destruye lípidos insaturados, ácidos grasos de la membrana y clorofila (INBIO, 2013).

#### **3.4.2.4Cv Grupo E. Inhibidores de la protoporfirinogeno oxidasa (PPO)**

Estos herbicidas inhiben la protoporfirinogeno oxidasa (PPO) la cual es esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando esta enzima es inhibida en el cloroplasto el protoporfirinogeno es desplazado al citoplasma, cuando este entra en contacto con el oxígeno y la luz se generan radicales libres provocando una peroxidación de lípidos,

resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides, lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.

#### **3.4.2.4Cvi Grupo F. Inhibidores de la biosíntesis de carotenos**

Este tipo de herbicidas inhibe principalmente el caroteno, pigmento esencial que cumple la función de proteger a la clorofila de la foto oxidación, cuando existe inhibición de carotenoides se genera un estrés oxidativo que destruye las membranas celulares, observándose como principal síntoma el albinismo de los tejidos fotosintéticos. Según Weed science (2013), existen 3 subclases dentro de la clasificación HRAC las cuales son:

- F1. Blanqueamiento por la inhibición de la biosíntesis de carotenoides en el paso de fitoeno desaturasa (PDS).
- F2. Blanqueamiento por la inhibición de la 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD).
- F3. Blanqueamiento por la inhibición de biosíntesis de destino no identificado.

#### **3.4.2.4Cvii Grupo G. Inhibidores de la EPSP**

Uno de los herbicidas más conocidos por los agricultores es glifosato, este herbicida inhibe la enzima EPSP (5-sintasa enolpiruvilshikimate-3-fosfato) el cual detiene la formación de aminoácidos aromáticos esenciales como la fenilalanina, tirosina y triftofano impidiendo el desarrollo y ocasionando clorosis en las plantas.

#### **3.4.2.4Cviii Grupo K. Inhibidores de microtúbulos**

Su mecanismo de acción es la inhibición de la división celular, inhibe la polimerización de los microtúbulos durante la formación del huso cromático, impidiendo el movimiento, alineación y separación de los cromosomas durante la mitosis. Según Weed science (2013), existen 3 subclases dentro de la clasificación HRAC las cuales son:

- K1. Inhibición de ensamblaje de microtúbulos.
- K2. Inhibición de la mitosis ó Inhibidor de la polimerización de microtúbulos.

- K3. Inhibición de la división celular (inhibición de ácidos grasos de cadena larga).

#### **3.4.2.4Cix Grupo L. Inhibidores de la síntesis de celulosa.**

La actividad de estos herbicidas se basa en la inhibición de la biosíntesis de la celulosa, específicamente el que se encuentra en las paredes celulares de las malezas susceptibles (Weed science, 2013).

#### **3.4.2.4Cx Grupo O. Auxinas sintéticas (de acción similar al ácido indolacético).**

Estos herbicidas funcionan de forma similar a una auxina endógena, afectan la plasticidad de la pared celular y el metabolismo del ácido nucleico. Cuando existe una baja concentración de este tipo de herbicidas puede provocar una estimulación en la biosíntesis de proteínas y con concentraciones altas conduce a la división celular descontrolada y el crecimiento desproporcionado de las células logrando como resultado una destrucción del tejido vascular, por lo que se dice que estos herbicidas inhiben la división celular y el crecimiento (Weed science, 2013).

Cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

Grupo Químico	Molécula	Mecanismo de acción
Benzoilpyrazol	Topramezone	<b>Grupo F, subclase F2.</b> Es absorbido por raíces y brotes para translocarse en la planta en forma acropétala y basipétala. Produce albinismo por la degradación oxidativa de clorofila, inhibe la enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD) que actúa en la biosíntesis de plastoquinona e indirectamente de carotenoides.
Triazinona	Hexazinona	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Triazolinona	Carfentrazone	<b>Grupo E.</b> Es absorbido por el follaje con translocación limitada, inhibe la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.
Glicina	Glifosato	<b>Grupo G.</b> Es absorbido a través de raíces y hojas. Detiene la formación de aminoácidos aromáticos en las plantas (triptófano, fenilalanina y tirosina) mediante la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato-sintetasa (EPSPS), con lo que reduce la producción de proteína y desarrollo de las plantas.
Imidazolinonas	Imazapir	<b>Grupo B.</b> Inhibe la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Benzoico	Dicamba	<b>Grupo O.</b> Afecta la plasticidad de la pared celular y el metabolismo del ácido nucleico. Con bajas concentraciones puede provocar una estimulación en la biosíntesis de proteínas y con concentraciones altas conduce a la división celular descontrolada y al crecimiento desproporcionado de las células inhiben la división celular y el crecimiento.
Ácidos piridina-carboxílicos	Fluroxypyr	<b>Grupo O.</b> Absorbido por el follaje afecta la plasticidad de la pared celular y el metabolismo del ácido nucleico. Las altas concentraciones conducen a la división celular descontrolada y al crecimiento desproporcionado de las células, inhibe la división celular y el crecimiento, atrofia los haces vasculares.

Continuación de Cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

Grupo Químico	Molécula	Mecanismo de acción
Sulfonilureas	Ethoxysulfuron	<b>Grupo B.</b> Inhibe la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Triazolinona	Amicarbazone	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es Absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Sulfonilureas	Metsulfuron metil	<b>Grupo B.</b> Inhibe la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Imidazolinonas	Imazapic	<b>Grupo B.</b> Inhibe la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Pyrimidinadionas	Saflufenacil	<b>Grupo E.</b> Es Absorbido por el follaje es translocable, inhiben la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.
Isoxazolidinonas	Clomazone	<b>Grupo F. subclase F3.</b> Inhibe el caroteno, pigmento esencial que cumple la función de proteger a la clorofila de la foto oxidación, cuando existe inhibición de carotenoides se genera un estrés oxidativo que destruye las membranas celulares, observándose como principal síntoma el albinismo.
Triazinona	Metribuzin	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es Absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .

Continuación de Cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

Grupo Químico	Molécula	Mecanismo de acción
Fenóxidos	2-4D	<b>Grupo O.</b> Afecta la plasticidad de la pared celular y el metabolismo del ácido nucleico. Con bajas concentraciones puede provocar una estimulación en la biosíntesis de proteínas y con concentraciones altas conduce a la división celular descontrolada y al crecimiento desproporcionado de las células inhiben la división celular y el crecimiento.
Ácidos piridina-carboxílicos	Picloram	<b>Grupo O.</b> Absorbido por raíces y hojas, es translocable. Interfiere con la síntesis de ácidos nucleicos, limitando la síntesis de la proteína en diferentes etapas, se mueve por el simplasto con los asimilados de las hojas productivas a los órganos en consumo o almacenamiento.
Triazolinona	Sulfentrazone	<b>Grupo E.</b> Es absorbido por el follaje es translocable, inhibe la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.
Cloroacetamidas	S- Metolaclor	<b>Grupo K, subclase K3.</b> Absorbido por raíces, su mecanismo de acción es la inhibición de la división celular, inhibiendo principalmente la cadena de ácidos grasos de la cadena larga necesarios para la formación de lípidos en las membranas y ceras epicuticulares.
Sulfonilureas	Tryfloxysulfuron	<b>Grupo B.</b> Inhibe la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Isoxazoles	Isoxaflutole	<b>Grupo F, subclase F2.</b> Es absorbido por raíces y brotes para translocarse en la planta en forma acropétala y basipétala. Produce albinismo por la degradación oxidativa de clorofila, inhibe la enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD) que actúa en la biosíntesis de plastoquinona e indirectamente de carotenoides.

Continuación de Cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

<b>Grupo Químico</b>	<b>Molécula</b>	<b>Mecanismo de acción</b>
Cloroacetamidas	Acetoclor	<b>Grupo K, subclase K3.</b> Absorbido por raíces, su mecanismo de acción es la inhibición de la división celular, inhibiendo principalmente la cadena de ácidos grasos de la cadena larga necesarios para la formación de lípidos en las membranas y ceras epicuticulares.
Triazinas	Ametrina	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es Absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Cloroacetamidas	Propisoclor	<b>Grupo K, subclase K3.</b> Absorbido por los brotes en germinación, su mecanismo de acción es la inhibición de la división celular, inhibiendo principalmente la cadena de ácidos grasos de la cadena larga necesarios para la formación de lípidos en las membranas y ceras epicuticulares.
Triazinas	Terbutrina	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es Absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Ureas sustituidas	Diuron	<b>Grupo C, subclase C2.</b> Absorbido por raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Triazinas	Atrazina	<b>Grupo C, subclase C1.</b> Es Absorbido a través del follaje y las raíces, inhibe la fotosíntesis y su sitio de acción es en la membrana celular del cloroplasto, que es donde se da el transporte de electrones, estos herbicidas inhiben el transporte de electrones hasta la plastoquinona, interrumpiendo la producción de ATP y NADPH <sub>2</sub> .
Sulfonilureas	Halosulfuron metil	<b>Grupo B.</b> Inhibe de la acetolactato sintetasa (ALS), su mecanismo de acción es específicamente la inhibición de la síntesis de tres aminoácidos alifáticos como la valina, leucina e isoleucina importantes en los procesos metabólicos del desarrollo de las plantas.
Alkylazina	Indaziflam	<b>Grupo L.</b> Inhibe de la biosíntesis de la celulosa, específicamente el que se encuentra en las paredes celulares de las malezas susceptibles.

Continuación de Cuadro 30. Mecanismos de acción de las moléculas utilizadas en el programa de investigación en malezas.

Grupo Químico	Molécula	Mecanismo de acción
N- fenilftalamidas	Flumioxazin	<b>Grupo E.</b> Es Absorbido por el follaje es translocable, inhiben la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.
Dinitroanilinas	Pendimentalina	<b>Grupo K, subclase K1.</b> Absorbido por raíces y follaje, Su mecanismo de acción es la inhibición de la división celular, inhibe la polimerización de los microtúbulos durante la formación del huso cromático, impidiendo el movimiento, alineación y separación de los cromosomas durante la mitosis.
Difenil eter	Oxyfluorfen	<b>Grupo E.</b> Es Absorbido por el follaje es translocable, inhiben la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan.
Fenil Pyrazol	Piraflufen etil	<b>Grupo E.</b> Es Absorbido por el follaje es translocable, inhiben la (PPO) enzima esencial en la síntesis de clorofila en las plantas, cuando es inhibida generan una peroxidación de lípidos resultando con pérdidas de clorofila y carotenoides lo cual provoca que células y orgánulos se destruyan. Los síntomas se manifiestan como una clorosis seguida por una necrosis.



La importancia de conocer el mecanismo de acción de cada una de las moléculas es para saber cómo podemos combatir la diversidad de especies silvestres que se presentan dentro de nuestro cultivo. Lo esencial para combatir a las malezas se basa en conocer y comprender su comportamiento y características biológicas. Las malezas se clasifican por su ciclo de vida el cual puede ser anual, bianual y perenne, pero más común es escuchar su clasificación por tipo de hoja el cual puede ser hoja angosta u hoja ancha.

Las empresas dedicadas a la venta de herbicidas trabajan día a día para generar nuevas soluciones químicas que puedan ayudar al productor de caña a manejar las especies silvestres en sus lotes productivos, por lo cual es muy común observar una extensa gama de productos en el mercado, los cuales están dirigidos al manejo de malezas de hoja angosta, malezas de hoja ancha y ciperáceas. Cada molécula de herbicida posee un espectro de control sobre las malezas así como también un momento de aplicación específico en el cual puede ser más efectivo. A continuación se muestran cuadros informativos de cada molécula, en los cuales se puede observar sus actuales nombres comerciales, empresa que lo formula o distribuye, su momento de aplicación y una lista de especies de malezas presentes los lotes productivos de caña de azúcar del Ingenio Magdalena.

Cuadro 31. Descripción de malezas controladas por el 2-4 D.

Grupo Químico	Molécula	Nombre Comercial	CASA COMERCIAL	MOMENTO DE APLICACIÓN	ESPECIES CONTROLADAS
Fenólicos	2,4-D	2,4-D Amina 72SL	AGROCENTRO	POST EMERGENCIA	Amaranthus spinosus
					Amaranthus viridis
		D.M.A. 68.3 SL	DOW AGROSCIENCIAS		Croton lobatus
		FLASH 7.5 SL			Bidens pilosa
		TORDON 30.4 SL			Commelina diffusa
		HEDONAL 72 SL	BAYER		Euphorbia hirta
		TOTEM 72 SL	QUILUBRISA		Kallstroemia maxima
		Ipomoea sp.			
			Portulaca oleracea		
			Trianthema portulacastrum		
			Euphorbia hypericifolia		
			Euphorbia postrata		

Cuadro 32. Descripción de malezas controladas por las cloroacetamidas.

Cloroacetamidas	Acetoclor	HARNESS 90 EC	MONSANTO	PRE EMERGENCIA TOTAL	Digitaria sanguinalis
		HARNESS XTRA 72 EC			Croton lobatus
	Propisoclor	PROPONIT 72 EC	ARYSTA LIFE		Echinochloa colonum
					Portulaca oleracea
					Richardia scabra
	S- Metolaclor	DUAL GOLD 960 EC	SYNGENTA		Leptochloa filiformis
					Rottboellia cochinchinensis
					Tripogandra disgrega
					Cleome viscosa
					Trianthema portulacastrum
					Melanpodium divaricatum
					Mollugo verticillata
Cucurbita sp.					
Phyllanthus niruri					
Euphorbia hirta					
Euphorbia postrata					
				Sida sp.	
				Amaranthus sp.	

Cuadro 33. Descripción de malezas controladas por las imidazolinonas.

Imidazolinonas	Imazapic	PLATEAU 70 WG	BASF	PRE EMERGENCIA TOTAL	Rottboellia cochinchinensis
					Leptochloa filiformis
	Imazapir	ARSENAL 24 EC			Panicum maximum
					Cynodon dactylon
	Imazapic + Imazapir	MAYORAL 35 SL	DOW AGROSCIENCE		Digitaria sanguinalis
					Echinochloa colonum
					Croton lobatus
					Momordica charantia
					Ipomoea sp.
					Cyperus sp.
			Euphorbia heterophylla		
			Eleusine indica		

Cuadro 34. Descripción de malezas controladas por las triazinas.

Triazinas	Atrazina	GESAPRIM 90 WP	SYNGENTA	PRE EMERGENCIA TOTAL	Anagallis sp.	
					Bidens pilosa	
					Amaranthus sp.	
					Croton lobatus	
					Euphorbia hirta	
					Melanpodium divaricatum	
					Mollugo verticillata	
					Portulaca oleracea	
					Phyllanthus niruri	
		ATRANEX 90 WDG	M. AGAN		Euphorbia hypericifolia	
					Euphorbia prostrata	
					Kallstroemia maxima	
		Ametrina	GESAPAX 50 SC	SYNGENTA	PRE EMERGENCIA Y POST EMERGENCIA	Digitaria sanguinalis
			GESAPAX 500 FW			
			AMETREX 50 SC	M. AGAN		Ixophorus unisetus
			AMETREX 80 WG			
			AMETRINA 500 SC	DREXEL		Rottboellia cochinchinensis
		Terbutrina	TERBUTREX 50 SC	M. AGAN		Leptochloa filiformis
			TERBUTREX 80 WG			
	TERBUTREX 80 WDG					Melampodium divaricatum
	IGRAN 50 SC		SYNGENTA	Portulaca oleracea		
	IGRAN 500 FW				Sida rhombifolia	
	TERBUTRINA 50 SC				Mollugo verticillata	

Cuadro 35. Descripción de malezas controladas por la pendimentalina.

Dinitroanilinas	Pendimentalina	PROWL 50 EC	BASF	PRE EMERGENTE	Ixophorus unisetus
					Digitaria Sanguinalis
					Brachiaria mutica
					Echinochloa colonum
					Leptochloa filiformis
					Rottboelia cochinchinensis
					Eleusine indica
					Amaranthus sp.
					Portulaca oleracea
					panicum maximum
	PROWL H2O 45 SC				

Cuadro 36. Descripción de malezas controladas por las triazinonas.

Triazinona	Hexazinona	VELPAR 75 WG	DUPONT	PRE EMERGENCIA Y POST EMERGENCIA	Digitaria sanguinalis	
					Echinochloa colonum	
					Euphorbia hirta	
					Ipomoea sp.	
					Ixophorus unisetus	
					Panicum fasciculatum	
					Rottboellia cochinchinensis	
					Leptochloa filiformis	
					Melanthera nivea	
					Melampodium divaricatum	
	Metribuzin	SENCOR 70 WP	BAYER			Portulaca oleracea
						Sida rhombifolia
						Mollugo verticillata
						Momordica charantia
						Trianthema portulacastrum
						Kallstroemia maxima
						Mollugo verticillata
						Phyllanthus niruri
						Melampodium divaricatum
						Amaranthus sp.
				Euphorbia hypericifolia		

Cuadro 37. Descripción de malezas controladas por las sulfonilureas.

Sulfonilureas	Halosulfuron métil	SEMPRA 75 WG	ARYSTA LIFE	POST EMERGENCIA	Cyperus sp.
	Ethoxysulfuron	SKOL 60 WG	BAYER		Cyperus sp.
	Tryfloxysulfuron	KRISMAT 75 WG	SYNGENTA		Cyperus sp.
	Metsulfuron métil	ALLY 60 WG	DOW AGROSCIENCE	POST EMERGENCIA	Phyllodendrom sp.
					Momordica charantia
		FORZA 60 WP	FORAGRO		Ipomoea sp.
					Dioscorea carionis
			Merremia quinquefolia		
			Merremia aegypta		

Cuadro 38. Descripción de malezas controladas por las triazolinonas.

Triazolinona	Amicarbazone	DINAMIC 70 WG	ARYSTA LIFE	PRE EMERGENCIA Y POST EMERGENCIA	Euphorbia hirta
					Ipomoea sp.
					Melanthera nivea
					Melampodium divaricatum
					Portulaca oleracea
					Sida rhombifolia
					Mollugo verticillata
					Momordica charantia
	Carfentrazone	VELOZ 20 EC	FMC	POST EMERGENCIA	Trianthema portulacastrum
					Kallstroemia maxima
					Mollugo verticillata
					Phyllanthus niruri
					Melampodium divaricatum
					Amaranthus sp.
					Euphorbia hypericifolia
Sulfentrazone	BORAL 480 SC	FMC	PRE EMERGENCIA Y POST EMERGENCIA	Cyperus sp.	
				Digitaria horizontalis	
				Cenchrus echinatus	
				Eleusine indica	
				panicum maximun	
				Brachiaria plantaginea	

Cuadro 39. Descripción de malezas controladas por las ureas sustituidas.

Ureas sustituidas	Diuron	KARMEX 80 DF	DUPONT	PRE EMERGENCIA Y POST EMERGENCIA	Croton lobatus
		KARMEX 80 WG			Momordica charantia
		VELPAR K 60 WP			Leptochloa filiformis
		DIUREX 80 WP	M. AGAN		Euphorbia hirta
		DORAC 80 SC	BAYER		Euphorbia hypericifolia
		GRAMURON X 30 SC	SYNGENTA		Ipomoea sp.
		DIURON 80 WP	FORAGRO		Kallstroemia maxima
				Portulaca oleracea	
				Panicum maximum	
				Bidens pilosa	
				Rottboellia cochinchinensis	
				Echinochloa colonum	
				Cucurbita sp.	

Cuadro 40. Descripción de malezas controladas por isoxaflutole.

Isoxazoles	Isoxaflutole	MERLIN 75 WG	BAYER	PRE EMERGENCIA	Echinochloa colonum
					Rottboellia cochinchinensis
					Leptochloa filiformis
					Digitaria sanguinalis
					Eleusine indica
					Paspalum fasciculatum
					Sorghum halapense
					Amaranthus sp.
					Melampodium divaricatum
					ipomoea sp.
					Bidens pilosa
					Croton lobatus
					Commelina diffusa
					Euphorbia postrata
Portulaca oleracea					
Euphorbia hirta					

Cuadro 41. Descripción de malezas controladas por dicamba.

Benzoico	Dicamba	WEEDMASTER	SYNGENTA	POST EMERGENTE	Amaranthus sp.
					Bidens pilosa
					Croton lobatus
					Euphorbia heterophylla
					Kallstroemia maxima
					Euphorbia hypericifolia
					Euphorbia hirta
					Physalis sp.
					Momordica charantia
					Desmodium sp.
					Mimosa pudica
					Ipomoea sp.
					Portulaca oleracea
Sida sp.					
Cassia tora					

Cuadro 42. Descripción de malezas controladas por el flumioxazin.

N- fenilftalamidas	Flumioxazin	PLEDGE	DUWEST	PRE EMERGENTE	Portulaca oleracea
					Trianthema portulacastrum
					Kallstroemia maxima
					Euphorbia hypericifolia
					Euphorbia hirta
					Euphorbia postrata
					Physalis
					Croton lobatus
					Mollugo verticillata
					Amaranthus sp.
					Ipomoea sp.
					Sida sp.
					Commelina diffusa
					Anagallis sp.
					Echinochloa colonum
					Melampodium divaricatum
					Phyllanthus niruri
Momordica charantia					
Cucurbita sp.					

Cuadro 43. Descripción de malezas controladas por los ácidos piridina carboxílicos.

Ácidos piridina-carboxílicos	Fluroxypyr	PLENUM	DOW AGROSCIENCE	POST EMERGENTE	Amaranthus sp.
					Sida sp.
					Melanthera nivea
					Momordica charantia
					Cassia tora
					Mimosa pudica
					Croton lobatus
					Mollugo verticillata
	Picloram				Desmodium sp.
					Heliotropium indicum
					Melampodium divaricatum
					Tithonia rotundifolia

Cuadro 44. Descripción de malezas controladas por el glifosato.

Glicina	Glifosato	ROUND UP 35.6 SL	MONSANTO	POST EMERGENTE	Bracharia mutica
					Phyllanthus niruri
			Cynodon dactylon		
			Cyperus sp.		
			Echinochloa colonum		
			Momordica charantia		
			Panicum maximum		
			Sorghum halapense		
			Digitaria sanguinalis		
			Physalis sp.		
			Rottboellia cochinchinensis		
			Eleusine indica		
	ROUND UP MAX 68 SG		Leptochloa filiformis		
			Trianthema portulacastrum		
	GLIFOGAN 48 SL	M. AGAN	Panicum fasciculatum		
			Paspalum virgatum		
	ROOT OUT 36 SL	QUILUBRISA/ FORAGRO	Commelina diffusa		
			Portulaca oleracea		
			Ipomoea sp.		
			Ixophorus unisetus		
	TOUCHDOWN FORTE 50 SL	SYNGENTA	Mollugo verticillata		
			Croton lobatus		
			Cyperus ferax		
			Desmodium sp.		



Cuadro 45. Descripción de malezas controladas por el topramezone.

Benzoilpirazol	Topramezone	CONVEY 33.6 SC	BASF	PRE EMERGENTE Y POST EMERGENTE	Amaranthus sp.
					Portulaca oleracea
					Leptochloa filiformis
					Echinochloa colonum
					Digitaria sanguinalis
					Brachiaria mutica
					Eleusine indica
					Rottboellia cochinchinensis

Cuadro 46. Descripción de malezas controladas por el indaziflam.

Alkylazina	Indaziflam	ALION 50 SC	BAYER	PRE EMERGENTE	Leptochloa filiformis
					Rottboellia cochinchinensis
					Echinochloa colonum
					Panicum maximum
					Eleusine indica
					Sorghum halapense
					Portulaca oleracea
					Commelina diffusa
					Merremia quiquefolia
					Ipomoea sp.
					Momordica charantia
					Euphorbia hirta
					Euphorbia hypericifolia
					Mollugo verticillata
					Phyllanthus niruri
					Amaranthus sp.
					Croton lobatus
					Melampodium divaricatum
Trianthema portulacastrum					
Bidens pilosa					
Kallstroemia maxima					
Digitaria sanguinalis					

Cuadro 47. Descripción de malezas controladas por el oxyfluorfen.

Difenil eter	Oxyfluorfen	GOAL TENDER	DOW AGROSCIENCE	PRE EMERGENTE Y POSTEMERGENTE	Eleusine indica
					Echinochloa colonum
					Rottboellia cochinchinensis
					Euphorbia heterophylla
					Euphorbia hypericifolia
					Sida sp.
					Euphorbia hirta
					Solanum nigrum
					Leptochloa filiformis
					Euphorbia postrata
					Bidens pilosa
					Desmodium tortuosum
					Melampodium divaricatum
					Dioscorea carionis
					Trianthema portulacastrum
Kallstroemia maxima					
Portulaca oleracea					
Amaranthus sp.					
Anagallis sp.					

Cuadro 48. Descripción de malezas controladas por el piraflufen etil.

Fenil Pirazol	Piraflufen etil	ECOPART PLUS	PROMOAGRO	PRE EMERGENTE	Eleusine indica
					Bidens pilosa
					Commelina sp.
					Echinochloa colonum
					Brachiaria mutica
					Digitaria sanguinalis
					Ipomoea sp.
					Physalis sp.
					Sida sp.
					Desmodium tortuosum
					Dioscorea carionis
					Portulaca oleracea
					Amaranthus sp.

Cuadro 49. Descripción de malezas controladas por el clomazone.

Isoxazolidinonas	Clomazone	COMMAND 48 EC	FMC	PRE EMERGENCIA	Echinochloa colonum
					Rottboellia cochinchinensis
					Leptochloa filiformis
					Digitaria sanguinalis
					Eleusine indica
					Paspalum fasciculatum
					Sorghum halapense
					Bidens pilosa
					Portulaca oleracea

Cuadro 50. Descripción de malezas controladas por el saflufenacil.

Pyrimidinadionas	Saflufenacil	HEAT 70 WG	BASF	PRE EMERGENCIA	Amaranthus spinosus
					Amaranthus viridis
					Commelina diffusa
					Portulaca oleracea
					Trianthema portulacastrum
					Kallstroemia maxima
					Mollugo verticillata
					Phyllanthus niruri
					Croton lobatus
					Sida sp.
					Cucurbita sp.
					Melampodium divaricatum
					Merremia quinquefolia
					Bidens pilosa
					Euphorbia hirta
					Euphorbia hypericifolia
Euphorbia postrata					
Euphorbia heterophylla					

### 3.4.2.5 Conclusiones

- Se recopiló la información de las propiedades físico químicas (solubilidad, Kow, Koc, PKa, Kd) de las 32 moléculas más utilizadas en el programa de malezas, estas moléculas pertenecen a 20 grupos químicos.
- Se observan 7 diferentes tipos de mecanismo de acción en los grupos químicos (inhibidores de ALS, síntesis de lípidos, fotosistema II, PPO, biosíntesis de carotenos, biosíntesis de celulosa y EPSPS).
- Se identificaron 13 familias de malezas, 19 géneros y 21 especies, en las que se observan malezas de hoja angosta, hoja ancha y cyperus que son controladas por los productos que se utilizan en el área de malezas.

### 3.4.2.6 Bibliografía

1. Arysta Lifescience, CL. 2,013a. Propisoclor (en línea). Chile. Consultado 15 dic 2,013. Disponible en <http://www.arystalifescience.cl/productos/detalle.asp?producto=169>
2. Arysta Lifescience, MX. 2,013b. Amicarbazone (en línea). México. Consultado 15 dic. 2,013. Disponible en [http://www.arystagbm.com/productos/pdf/bc4de425df28c59\\_ORION.pdf](http://www.arystagbm.com/productos/pdf/bc4de425df28c59_ORION.pdf)
3. Bayer Cropscience, GT. 2,013. Alion (en línea). Guatemala. Consultado 13 dic. 2,013. Disponible en [http://www.bayercropscienceca.com/contenido.php?id=163&id\\_prod=635](http://www.bayercropscienceca.com/contenido.php?id=163&id_prod=635)
4. Brometan, AR. 2,013. Flumioxazin (en línea). Argentina. Consultado 25 nov. 2,013. Disponible en <http://www.brometan.com.ar/NewSite/pagina.php?parent=agroinsumos&slug=herbicidas>
5. DUPONT, MX. 2,013. Metsulfuron metil (en línea). México. Consultado 14 dic. 2,013. Disponible en [http://www2.dupont.com/DuPont\\_Crop\\_Protection/es\\_MX/products/Herbicidas/Ally/index.html](http://www2.dupont.com/DuPont_Crop_Protection/es_MX/products/Herbicidas/Ally/index.html)

6. Espinoza, G; Hernández C; Morales, J. 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. p. 9-94.
7. HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). 2013. Clasificación de herbicidas according to site of action (en línea). Consultado 12 Oct. 2013. Disponible en <http://www.hracglobal.com/Education/ClassificationofHerbicideSiteofAction.aspx>
8. INBIO (Instituto de Biotecnología Agrícola, PY). 2013. Mecanismos de acción del herbicida y su relación con la resistencia a herbicidas (en línea). Consultado 12 Oct. 2,013. Disponible en <http://www.inbio.org.py/noticias/ver/378>
9. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, MX). 2013. Características físico-químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente (en línea). México. Consultado 12 Oct. 2,013. Disponible en [http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas\\_fyq\\_plaguicidas.pdf](http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas_fyq_plaguicidas.pdf)
10. TERRALIA, MX. 2,013. Acetoclor (en línea). México. Consultado 28 Dic. 2,013. Disponible en [http://www.terralia.com/agroquimicos\\_de\\_mexico/index.php?proceso=registro&numero=5146](http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=5146)
11. Universidad de Hertfordshire, UK. 2,007. Pesticide properties data base (PPDB) en línea. Consultado el 10 de septiembre 2,013. Disponible en: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/index2.htm>
12. Weed Science. 2013. The herbicide site of action classification system (en línea). Consultado 12 Oct. 2013. Disponible en <http://www.weedscience.org/summary/SOADescription.aspx>