

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
CARRERA AGRONOMÍA TROPICAL
PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA



EVALUACIÓN DE OCHO MEZCLAS DE HERBICIDAS Y DOS
VOLÚMENES DE AGUA, PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL
CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum* L. EN
FINCA TULULÁ, SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU

BALBINO ANTONIO YOTZ SANTAY
CARNÉ No. 200740393

MAZATENANGO, NOVIEMBRE DEL 2015

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Suroccidente

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

Rector

Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

Secretario General

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

Dra. Alba Ruth Maldonado de León

Presidenta

Representantes de Profesores

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma

Secretaria

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Vocal

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

Representantes Estudiantiles

TS. Elisa Raquel Martínez González

Vocal

Br. Irrael Esduardo Arriaza Jérez

Vocal

COORDINACION ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y

Notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinador Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Celso González Morales

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la

Comunicación

MSc. Paola Marisol Rabanales

Mazatenango, 06 de noviembre de 2015.

Señores:

Comisión de Práctica Profesional Supervisada

Centro Universitario de Sur Occidente

Mazatenango, Suchitepéquez

Respetables señores:

De conformidad con lo que establece el reglamento de Práctica Profesional Supervisada que rige a los centros regionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como requisito previo a optar al título de “ TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA”, someto a consideración de ustedes el informe Final de Práctica Profesional Supervisada **titulado “Evaluación de Ocho Mezclas de Herbicidas y Dos Volúmenes de Agua, para el Control de Malezas en el Cultivo de Caña de Azúcar *Saccharum officinarum L.* en Finca Tumulá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.”**.

Esperando que el presente trabajo merezca su aprobación, sin otro particular me suscribo.



Balbino Antonio Yotz Santay
Carné 200740393

Mazatenango, 06 de noviembre de 2015.

Señores:

Comisión de Práctica Profesional Supervisada

Centro Universitario de Sur Occidente

Mazatenango, Suchitepéquez

Respetables señores:

Atentamente me dirijo a ustedes para informar que como asesor de la Práctica Profesional Supervisada del estudiante BALBINO ANTONIO YOTZ SANTAY, con número de carné 200740393, de la carrera de TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, he finalizado la revisión del informe final escrito correspondiente a dicha práctica, el cual considero reúne los requisitos indispensables para su aprobación.

Sin otro particular, me permito suscribirme de ustedes atentamente,



Ing. Agr. M.Sc. David Alvarado Güinac
Supervisor – Asesor

DEDICATORIA

A:

DIOS: Por darme la vida, por la sabiduría que medio durante toda mi carrera profesional, por haber estado presente en los momentos más difíciles, por guiarme por el camino correcto.

MIS PADRES: Enecon Yotz Coc y Francisca Santay Velásquez, por su amor incondicional, apoyo moral y espiritual, sabios consejos y por sus esfuerzos para poder alcanzar esta meta.

MI ESPOSA: Angélica Aracely Diaz Chay, por su amor y su apoyo incondicional durante las últimas etapas de mi carrera profesional.

MI HIJO: Alan Estuardo Yotz Diaz, por ser el motivo de mi esfuerzo continuo para poder lograr esta etapa de mi vida profesional.

MIS HERMANOS: Augusto Yotz Santay, por estar siempre pendiente y dispuesto a apoyarme en todo momento y al del resto de mis hermanos por sus consejos.

MIS ABUELOS

MIS TÍOS Y TÍAS

MIS PRIMOS

AGRADECIMIENTO

A:

MI CASA DE ESTUDIOS: La Universidad de San Carlos de Guatemala en especial al Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC), por haberme dado las herramientas necesarias para facilitar mi aprendizaje.

MIS CATEDRÁTICOS: Quienes sembraron la semilla del saber y que brindaron su tiempo y esfuerzo en mi formación profesional.

MI SUPERVISOR: M.Sc. Ing. Agr. Rubén Sosof, por haberme brindado su confianza y apoyo durante el transcurso de la PPS.

MI ASESOR: M.Sc. Ing. Agr. David Alvarado Guinac, por sus consejos y colaboración en la realización de esta investigación.

AL INGENIO TULULÁ: en especial al Ing. Pablo Franco Lembke, Ing. Felipe Sandoval Álvarez e Ing. Alejandro Velásquez, y a todo el personal, quienes me apoyaron en todo momento.

A MIS AMIGOS: en especial al Ing. Carlos Matilde Ramírez y Ramírez, por sus apoyo, confianza y amistad en todo momento, gracias a todos.

4.1.12.1 Muestreo de vegetación por el método de cuadrantes.....	15
4.1.12.1 Líneas de intercepción para el muestreo de cobertura	16
4.2 Marco referencial.....	17
4.2.1 Localización geográfica	17
4.2.2 Vías de Acceso	17
4.2.3 Zona de Vida	17
4.2.4 Condiciones Agrometeorológicas.....	18
4.2.5 Clasificación de Suelos	19
4.2.6 Descripción de los herbicidas utilizados	21
4.2.6.1 Indaziflam: ALION 50 SC	21
4.2.6.3 Dicamba, 2,4-D (WEEDMASTER 46,5 SL)	22
4.2.6.4 Pendimentalina (Prowl H ₂ O).....	23
4.2.6.5 Acetoclor (HARNESS 90 EC).....	23
4.2.6.6 Flumioxazin (PLEDGE 51 WG)	24
4.2.6.7 Metribuzin (SENCOR 48 SC)	25
4.2.6.8 Metribuzin (CRASH 70 WP)	25
4.2.6.9 Pendimentalina (PENDIMENTALINA 50 EC)	26
4.2.6.10 2,4 D + Picloram (ESPUELA 30,4 SL).....	26
4.2.7.1. Evaluación del efecto del herbicida pre-emergente indaziflam para el control de malezas en caña de azúcar, La Democracia, Escuintla.....	26
4.2.7.2. Evaluación de herbicidas pre-emergentes para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar, en la costa sur de Guatemala.	27
4.2.7.3. Eficacia de Flumioxazin en combinación con Acetoclor en el control pre-emergente de malezas en el cultivo de Caña de Azúcar (<i>S. officinarum</i>), en Finca Felicidad.	28
V.OBJETIVOS	29
VI. HIPOTESIS	30
VII. MATERIALES Y METODOS	31
7.1 Material experimental	31
7.2 Recursos	32
7.3 Análisis Estadístico	33
7.3.1 Diseño Experimental	33

7.3.2 Modelo Estadístico	33
7.3.3 Unidad experimental	34
7.3.4 Tratamientos y Aleatorización	34
7.3.5 Croquis del Experimento	35
7.3.6 Variable de respuesta	36
7.3.6.1 Eficiencia de control	36
7.3.6.2 Días control	37
7.3.6.3 Costo por día control	37
7.3.6.4 Fitotoxicidad	37
7.3.7 Análisis de la Información.....	38
7.3.8 Manejo del experimento	38
7.3.8.1 Selección del área	38
7.3.8.2 Trazo del experimento.....	39
7.3.8.3 Calibración	39
7.3.8.4 Preparación y aplicación de las mezclas de herbicidas	41
7.3.8.5 Muestreo de malezas	42
7.3.8.6 Fitotoxicidad	43
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
X. CONCLUSIONES.....	61
XI. RECOMENDACIONES	63
XII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	64
XIII. ANEXOS	67

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Registros agrometeorológicas, estación ingenio tululá.	19
2. Descripción de los factores de evaluación y sus niveles utilizados en el estudio de malezas. Ingenio tululá.	35
3. Porcentajes de eficiencia control “abbott” en cuatro épocas de muestreo.	45
4. Análisis de varianza para la eficiencia de control “abbott” en cuatro épocas de muestreo.	46
5. Pruebas de media para la eficiencia de control “abbott”.	47
6. Ecuaciones polinómicas para encontrar los días control de cada mezcla de herbicidas.	48
7. Descripción de los costos totales por hectárea y costos por días control de las mezclas de herbicidas.	50
8. Unidades relativas de clorofila a los 30 días después de la aplicación.	51
9. Análisis de varianza para las unidades relativas de clorofila del tejido foliar.	51
10. Alturas de tallos obtenidos en dos épocas de muestreo.	53
11. Análisis de varianza para las alturas de tallos en dos épocas de muestreo.	54
12. Pruebas múltiples de medias para la variable altura a los 30 (dda).	54
13. Población total de tallos en dos épocas de muestreo.	56
14. Análisis de varianza para la población total de tallos en dos épocas de muestreo.	57
15. Valores de tallos viables a cosecha a los 60 días.	59
16. Análisis de varianza para los tallos viables a cosecha a los 60 (dda).	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Forma de muestrear la vegetación por el método del cuadrante.....	15
2. Zonas de vida para la zona cañera guatemalteca.	18
3. Precipitación pluvial mensual y acumulada en el año 2014 y 2015..	18
4. Mapa de clasificación taxonómica de suelos de guatemala. Primera aproximación. República de guatemala.	20
5. Composición varietal para la zafra 2015-2016. Ingenio tululá.	31
6. Unidad experimental bruta y neta.	34
7. Croquis experimental de campo.	36
8. diseño y trazo de las del experimento.	39
9. Calibración del equipo y del personal de aplicación.	40
10. Insumos y dosificación de herbicidas de forma líquida.....	42
11. Dosificación de herbicidas sólidos, mezcla, inducción y aspersion de la mezcla.	42
12. Marco cuadrangular de 1 m ²	43
13. Intercepción de las malezas en los vértices.	43
14. Muestreo de clorofila en la hoja 3 del tejido foliar (tvd+1).....	44
15. Muestreo de población y altura de tallos en la unidad.....	44
16. Días control de las mezclas de herbicidas.....	49
17. Unidades relativas de clorofila en la hoja 3 (tvd+1).....	52
18. Alturas de tallos de las parcelas de referencias en dos épocas de muestreo.	55
19. Población total de tallos por metro lineal en dos épocas de muestreo.....	58
20. Población de tallos viables a cosecha de las parcelas de referencias.....	60
21. Mapa de finca tululá. Localización del ensayo y sus colindancias....	67
22. Cobertura de malezas a los 30 días después de la aplicación.	68
23. Cobertura de malezas a los 40 días después de la aplicación.	68
24. Cobertura de malezas a los 50 días después de la aplicación.	68
25. Cobertura de malezas a los 60 días después de la aplicación.	69
26. Muestreo de malezas en la parcela testigo absoluto.	69
27. Quemadura del follaje de las plantas por la mezcla de herbicida b3.	69
28. Población de tallos afectados por las malezas - testigo absoluto (75 dds).	70
29. Aspecto fisiológico del cultivo en la parcela control cultural (sin herbicida) a los 75 (dds).....	70

RESUMEN

Con el objetivo de encontrar alternativas de control en el periodo crítico de interferencias de malezas en caña de azúcar en los meses de Agosto a Septiembre, se estableció un ensayo de herbicidas pre-emergentes en Finca Tululá, en la variedad CG 98-78 a los 15 (DDS), donde se organizaron los tratamientos en un diseño bifactorial bloques al azar con arreglo combinatorio, donde en el factor “A” se evaluaron dos niveles, donde “A1” es 150 lt por hectárea y “A2” 200 lt por hectárea, en el factor “B” se evaluaron ocho niveles (mezclas de herbicidas), donde **B1** (Indaziflam + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D; Dosis/ha= 0.20 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt), **B2** (Pendimetalina H₂O + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D; Dosis/ha= 4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt), **B3** (Acetoclor + Flumioxazin; Dosis/ha= 4 lt + 0.20 kg), **B4** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha= 0.15 lt + 2 lt), **B5** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha= 0.20 lt + 2 lt), **B6** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha= 0.15 lt + 1.40 kg), **B7** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha = 0.20 lt + 1.40 kg) y **B8** (Pendimetalina + “2,4-D + Picloram”). Entre las variables de respuesta está la eficiencia de control “Abbott” obtenidos a los 30, 40, 50 y 60 (DDA), días control, costo por día control y fitotoxicidad por medio de niveles de clorofila en el tejido foliar del cultivo a los 30 (DDA) y variables de desarrollo a los 60 (DDA). Los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza para la eficiencia de control, establecen que ambos volúmenes de agua del factor “A” tienen igual respuesta en el control de malezas de hojas anchas y angostas en las cuatro épocas de muestreo. Las mejores mezclas de herbicidas encontradas en dos épocas de muestreo (30 y 40 DDA) son B1 hasta B7, mezclas que lograron suprimir la maleza en un 80 por ciento. Las mezclas de herbicidas que pasan por arriba de 45 días control son las mezclas B1, B2, B3 y B5, así mismo las mezclas más caras en cuanto a los costos por día control es la mezcla **B4** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha= 0.15 lt + 2 lt) y **B5** (Indaziflam + Metribuzin; Dosis/ha= 0.20 lt + 2 lt) y el resto de las mezclas sin incluir el B8, tienen costos similares a las dos mezclas comerciales utilizados en el Ingenio (B1 y B2). Los análisis de varianza realizados con el fin de confirmar posibles efectos nocivos de los herbicidas al cultivo, establecen que tanto los niveles de clorofila, la altura de los tallos y la

población de tallos, no demuestran tener efectos negativos que regulen el crecimiento de la plantación al compararlo con la medias con la parcela control cultural (sin herbicida), únicamente existe un detrimento principalmente en las alturas y población de tallos obtenidos en dos épocas de muestreo (30 y 60 DDA) en la parcela testigo absoluto (sin control).

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, Guatemala se sitúa en el tercer lugar a nivel mundial en la productividad de azúcar (toneladas métricas/hectárea), para la zafra 2013-2014 la producción total fue de 2, 806,578 toneladas métricas de caña, esto represento un total de 61, 012,574 quintales de azúcar de las 235,000 has cultivadas con caña de azúcar a nivel nacional. La agroindustria azucarera representa el 31 % del valor total de la exportación agrícola guatemalteca y 15.36 % de las exportaciones totales del país. Es el segundo sector económico que más divisas genera en nuestro país. Durante el año 2013, el azúcar y la melaza produjeron un ingreso de US\$ 978.1 millones. La agroindustria guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, genera 425,000 empleos directos e indirectos, 32,000 corresponden a cortadores de caña. (ASAZGUA, 2014)

El cultivo de caña de azúcar como cualquier otro cultivo sufre interferencias por una diversidad de especies de malezas en el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar. Las interferencias negativas resultantes de la presencia de malezas en las áreas producción en fincas bajo administración del Ingenio Tululá, pueden causar reducciones en grandes cantidades en el rendimiento y el grado de calidad de la caña cosechada, disminuye el número de cortes viables más allá de aumentar los costos de producción cerca del 30% para caña soca y un 35% para caña plantía.

Según Espinoza (2014), el periodo crítico de interferencias de las malezas al cultivo de caña de azúcar en Guatemala oscila alrededor de 120 días después del corte o de la siembra. Razón por la cual es importante realizar controles en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, época en donde la maleza compite con el cultivo por los nutrientes disponibles en el suelo, agua y luz, además estas plantas tienen la capacidad de hospedar insectos o patógenos dañinos al cultivo de interés.

Para el plan estratégico de control en el periodo crítico de interferencias de malezas, Ingenio Tululá tiene establecido dos métodos de controles siguientes;¹**el control químico**: actividad que consiste en aplicaciones manuales de herbicidas pre-emergentes 8 a 15 días después de la siembra, así también se realizan aplicaciones post-emergentes de forma manual y mecánica para plantías y socas, con poca frecuencia se realizan controles aéreos para las aéreas con problema de bejuco, ²**el control mecánico**: se basa al paso de implementos agrícolas como parte del plan de manejo del cultivo, podemos mencionar el botado de las mesas como labor independiente o bien la integración del ferticultivo en plantías a los 40-50dds, es decir después de la aplicación pre-emergente, dando un control aproximado de 15 días, otra labor que contribuye a la eliminación de las malezas es el paso del ferticultivo a los 45 días como máximo después del corte (soca).

Ante la problemática que presenta la maleza y a la estrategia de poderla controlar para no afectarla producción del cultivo de caña de azúcar, se planteó realizar un estudio que contribuiría a desarrollar una alternativa de control mediante la utilización de 8 mezclas de herbicidas y dos volumen de agua aplicados en pre-emergencia a los 15 días después de la siembra en la variedad CG 98-78 en finca Tululá. Los alcances del estudio tuvo como objetivo determinar el porcentaje de eficiencia de control para cada una de las mezclas de herbicidas, los días control, costo por día control y efectos fitotoxicos que puedan tener los tratamientos bajo estudio de campo a los 30, 40, 50, y 60 después de la aplicación, posterior a ello se compararan las medias obtenidas del análisis con medias de la parcelas del Testigo Absoluto (sin control) y Control Cultural (sin herbicida) para confirmar los posibles efectos fitotoxicos que puedan haber en el cultivo.

II. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el mercado existe una gama de marcas comerciales de herbicidas para el control de malezas en caña de azúcar, así mismo existe una diversidad de moléculas químicas con formulaciones distintas y con el mismo enfoque de control para ciertas especies de malezas en específico, estos factores contribuyen a que sus precios unitarios sean tan fluctuantes entre casas comerciales y por último se desconoce en si la eficacia de control de cada herbicida para cada una de las zonas productivas de caña de azúcar bajo administración del Ingenio Tululá. También es importante resaltar que no existe un volumen estándar de agua a utilizar en las mezclas de herbicidas para las aplicaciones en pre-emergencia.

III. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Ante la necesidad de buscar nuevas alternativas de control de malezas utilizando moléculas químicas que cumplan con los requerimientos y políticas de la empresa, esta investigación pretende encontrar una mezcla de herbicida con buena eficacia de control, mayor día control, menor costo por día control, menor efecto fitotoxicos al cultivo y que no sea tan nocivo al ambiente. Adicional a lo anterior se necesita encontrar un volumen ideal de agua a utilizar en la mezcla de herbicida y que a su vez reduzcan los costos de aplicación y se minimice el uso de agua.

IV. MARCO TEORICO

4.1 Marco Conceptual

4.1.1 Definición de maleza

Las malezas son plantas que se desarrollan en un lugar no deseado por el hombre. Desde el punto de vista agronómico, son aquellas que interfieren en el desarrollo normal en el cultivo debido a que compiten, fundamentalmente, por luz, agua y nutrimentos que inciden en forma adversa en el rendimiento por unidad de área. Esta competencia se manifiesta cuando el crecimiento del cultivo resulta afectado (disminuido), si se comparan con una condición en la que el cultivo resulta afectado con otro tipo de planta (maleza). (Subiros, 2000)

4.1.2 Importancia del estudio de malezas

Martínez citado por Solórzano (2011), describen que la competencia entre las plantas cultivadas y las malezas es una limitante para la producción de cosechas útiles, por lo que se deben efectuar investigaciones que tiendan a estudiar con mayor profundidad estas últimas con el fin de determinar su control más eficiente que a la vez proporcione altos rendimientos al agricultor. Los estudios estadísticos realizados muestran que la suma de pérdidas ocasionadas por insectos y enfermedades muchos casos es igual a los daños ocasionados por las malezas.

Los efectos de tipo directos, son aquellos que ocasionan pérdidas por competencia de las malezas con las plantas cultivadas. Los efectos de tipo indirecto, son aquellos que a pesar de originar pérdidas de fácil apreciación a la economía de producción del hombre, su reconocimiento es poco considerado, aunque no menos importante, tal es el caso de:

- ✓ Incremento adicional al costo de producción.
- ✓ De mérito en la calidad de los productos.
- ✓ Depreciación del valor de la tierra.

- ✓ Hospederos de plagas y enfermedades.
- ✓ Gastos en la industria y servicios públicos.
- ✓ Daños a la salud del hombre y animales.
- ✓ Refugio de arañas, roedores, serpientes, etc.

4.1.3 Principales malezas en la zona cañera de Guatemala

En zona cañera de Guatemala se reporta que el Coyolillo (*Cyperus rotundus*), es la maleza más importante con mayor presencia en los estratos bajos (40-100msnm) y litoral (< 40 msnm) predominando en suelos de textura franco a franco arenosa. La caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) es la maleza que ocupa el segundo lugar en importancia y es una de las malezas más difíciles de controlar debido a su biología y su alta competencia con la caña y su rápido crecimiento. Las malezas presentes en la agroindustria azucarera no solo afectan en los primeros días de crecimiento del cultivo, sino que algunas como las de la familia Convulvulaceae (*Ipomea* y *Merremia*), por su tipo de crecimiento, invaden los tallos de caña al final de su ciclo, y causan problemas al momento de la cosecha con pérdidas en la eficiencia en el corte del cultivo. En los últimos años se ha observado un difícil control de dos especies de malezas presentes en toda la zona cañera: *Momordica charantia* y *Croton lobatus*, y que hasta el momento se desconoce si poseen algún tipo de tolerancia a ciertos herbicidas utilizados en Guatemala. Por último existen algunas gramíneas difíciles de controlar debido a su sistema de reproducción como es el caso de *Sorghum halepense* y *Panicum máximum*.(CENGICAÑA, 2014)

4.1.4 Periodo crítico de interferencia de la maleza en caña de azúcar

Se define como “periodo crítico de malezas” aquel que en la plantación debe permanecer sin malezas o con la mínima presencia de ellas para que no reduzcan significativamente el rendimiento de caña y sacarosa por unidad de área. (Subiros, 1995)

La velocidad de crecimiento de la caña es lento al inicio del ciclo; por el contrario, el crecimiento de las malezas es rápido y vigoroso, situación que pone en desventaja a la caña durante la primera fase del desarrollo. Si el cultivo permaneció libre de malezas durante esta fase inicial y la plantación se desarrolla lo suficiente para que “cierre”, el cultivo se torne un competidor agresivo de la maleza y en estas condiciones no es necesario realizar prácticas de combate. (Subiros, 1995)

El periodo crítico de interferencia de las malezas en la producción de caña de azúcar se da en los primeros 120 días después del corte o de la siembra. (CENGICAÑA, 2014)

4.1.5 Importancia económica de las malezas en caña de azúcar

Según Chávez citado por Solórzano (2011), al no controlar las malezas durante todo su ciclo significa una reducción del 86.33% de la producción, mientras que Flores, S. (1976) indica que la producción puede disminuir hasta en un 75%.

4.1.6 El control de Malezas en caña de azúcar

En la elaboración de programa de control es importante considerar: las condiciones agroecológicas en las que mejor se desenvuelven las malezas, su ubicación taxonómica, su capacidad para reproducirse y los medios por los cuales se reproduce (por medio de semillas, vegetativamente o ambas). (Subiros, 1995)

Por lo general, se considera que un combate efectivo de malezas es aquel que deja el terreno completamente limpio. Sin embargo, este punto de vista corresponde a una visión real del problema, ya que es posible mantener cierta población de malezas sin que cause daño al cultivo. Esta condición permite además la presencia de organismos benéficos, que contribuyen a mantener un equilibrio con el cultivo. De esta manera, se establecen sistemas de combate más racionales que implican la utilización

de prácticas eficaces a un costo razonable y que producen menores alteraciones en el ambiente. (Subiros, 1995)

El combate de malas hierbas debe visualizarse de manera integral, debido a que no existe, por sí solo, un método que sea totalmente efectivo. Lo recomendable es combinar la ejecución de algunas prácticas de cultivo con las labores mecánicas, uso de agroquímicos e inclusive de métodos biológicos. Muchas de las labores deben programarse de manera conjunta, lo que permite hacer varias operaciones mediante una sola práctica (por ejemplo, fertilización, incorporación y cultivo contra malezas) o que algunas de ellas no interfiera con la otra (empleo de cultivo después de la aplicación del herbicida). (Subiros, 1995)

4.1.7 Métodos de control en la zona cañera de Guatemala

4.1.7.1 Control Mecánico

Se refiere al paso de diferentes implementos como parte de las diferentes labores mecánicas que se realizan en el cultivo. Entre las labores mecánicas está el paso de cultivadora (botado de mesa) cuyo objetivo es nivelar el surco o camellón entre las hileras de caña de azúcar en caña plantía. Esta labor se hace a los 40 ó 50 días después de la siembra o corte, dando un control aproximado de 15 días, según condiciones de infestación; opcionalmente puede hacerse un segundo paso de cultivadora entre 55 y 65 días después del corte, logrando un manejo integral con el control químico. (CENGICAÑA, 2014)

En caña soca el paso del ferticultivo será a los 45 días después del corte, es decir después de la aplicación pre-emergente de malezas. Un segundo control mecánico se puede realizar con el cultivo a los 60 días después del corte. (CENGICAÑA, 2014)

4.1.7.2 Control químico

Consiste en la aplicación de herbicidas. Este método es de amplio y fácil uso en el cultivo de la caña de azúcar y con buenos resultados de control. Para lograr un periodo más amplio de días control se hace una combinación de los dos métodos indicados. La aplicación de herbicidas se puede hacer de tres maneras: a) mecanizada, b) manual y c) aérea. (CENGICAÑA, 2014)

4.1.7.3 Aplicación mecanizada

Es la más utilizada en Guatemala, y consiste en la aplicación de herbicidas en preemergencia y post-emergencia, por medio de tractores de 120 HP. Estos tractores están conformados por un tanque de depósito para la mezcla y un aguilón con 25 boquillas dependiendo del tipo de la misma y una faja de 12 m de ancho. Este tipo de aplicación generalmente es para áreas planas, con el fin de que sea más eficiente. Cuando se realizan aplicaciones post-emergentes en caña de mayor desarrollo (hasta 1.5 m) se emplean tractores tipo “High Crop”. (CENGICAÑA, 2014)

4.1.7.4 Aplicación manual

Éstas se practican donde no es posible el control de malezas de manera mecanizada por el desarrollo de la caña (de cierre) o en áreas de topografía irregular. También se realiza para controlar malezas en áreas específicas o pequeñas áreas infestadas en el lote. Para este tipo de aplicación de herbicidas se utilizan bombas de mochila de presión constante, las cuales son más eficientes que las tradicionales. Esta práctica es más costosa que la mecanizada por ello se debe analizar el uso en áreas que sí lo ameriten. (CENGICAÑA, 2014)

4.1.7.5 Aplicación Aérea

Se utilizan solamente para aplicaciones de herbicidas pre-emergentes en áreas planas, alejadas de otros cultivos, por la deriva que pueda ocasionar. (Espinoza, 2014)

4.1.8 Identificación de los herbicidas

Tasistro citado por Solórzano (2011), existen diversas formas para identificar un herbicida, por su fórmula química, siguiendo las reglas fundamentales de la nomenclatura química, por el nombre común, que empieza con minúscula.

4.1.9 Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas pueden clasificarse según el momento (época) de aplicación, selectividad, familia química, modo y mecanismo de acción.

4.1.9.1 Época de aplicación

De acuerdo a su época de aplicación los herbicidas pueden clasificarse en forma general como pre-emergentes y post-emergentes.

Pre-emergentes: requieren de un riego o precipitación para situarse en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde germina la mayoría de las semillas de maleza. Este tipo de herbicidas elimina a las malas hierbas en germinación o recién emergidas, lo que evita la competencia temprana con el cultivo. Este tipo de herbicidas presentan una gran interacción con algunas características del suelo como son: textura, pH y materia orgánica que pueden afectar la cantidad de herbicida disponible en el suelo para controlar la maleza. Por lo general la dosis de este tipo de herbicidas se ajusta según el tipo de suelo y materia orgánica, requiriendo una mayor dosis en suelos arcillosos y con alto contenido de materia orgánica. (Rosales & Esqueda, 2015).

Post emergencia: se aplican después de la emergencia del cultivo y la maleza. En la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas POST debe realizarse sobre malezas en sus primeros estados de desarrollo cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. Los herbicidas POST pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas POST depende de factores como su grupo químico, especies de malezas presentes y condiciones de clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia. (Rosales & Esqueda, 2015)

4.1.9.2 Selectividad

Los herbicidas pueden ser clasificados como: Selectivos herbicidas que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan a algunas plantas sin dañar significativamente a otras. No selectivos: aquellos herbicidas que ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben utilizarse en terrenos sin cultivo o bien evitando el contacto con las plantas cultivadas. (Rosales & Esqueda, 2015)

4.1.9.3 Familia química

La clasificación de los herbicidas en familias químicas se basa en la composición de los diferentes compuestos usados como herbicidas. Los herbicidas dentro de una familia química tienen propiedades químicas similares y generalmente tienen el mismo modo de acción. Algunos ejemplos de las principales familias químicas de herbicidas son: las triazinas, las dinitroanilinas, los fenoxiacéticos, las cloroacetamidas, las ciclohexanodionas, las sulfonilureas y los bipyridilos. (Rosales & Esqueda, 2015)

4.1.9.4 Modo de acción

Secuencia de eventos que conducen a la muerte de la planta o a la interrupción del crecimiento. Incluye absorción, transporte, mecanismo de acción y el desarrollo de síntomas. (Garita, 2010)

4.1.9.5 Mecanismo de acción

Según Ashton y Crafts, citado por Garita (2010) afirman que el mecanismo de acción se refiere al efecto bioquímico o biofísico del herbicida en la planta, el cual es responsable de su muerte; es algo muy específico.

4.1.9.5.1 Tipos de mecanismo de acción de los herbicidas utilizados en caña de azúcar (Garita, 2010)

- Inhibidores de fotosíntesis
- Inhibidores de la división celular
- Reguladores de crecimiento (hormonales)
- Inhibidores de la síntesis de pigmentos
- Inhibidores de síntesis de aminoácidos

4.1.10 Factores a tomar en cuenta para una aplicación de herbicidas.

Dureza: Cuando hablamos de dureza del agua, hablamos de una alta concentración de carbonatos en el agua (mayor a 120 mg CaCO₃/l), el agua posee la capacidad, de separar los iones de los compuestos suspendidos en ella (ionización). Esto provoca que el producto disminuya su eficacia en el control de la maleza.

Una manera efectiva de contrarrestar los problemas de dureza de agua al aplicar glifosato, es la utilización de sulfato de amonio, aplicando 1 a 3 kg por 100 L de agua. (Espinoza & Moralez, 2009)

Relación suelo-planta-herbicida: debemos de tomar en cuenta la cantidad de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Cuando aplicamos productos en su mayoría no ionizados, este puede ser inmovilizado por la materia orgánica del suelo, y no ser absorbido por la raíz de la maleza. Por el contrario cuando tenemos un producto ionizado tenemos que los aniones están disponibles en gran presencia, para la planta, por esto cuando aplicamos un producto que es inmovilizado por la interacción entre el pH del suelo, el herbicida y CIC del suelo, se debe de aumentar la dosis.(Espinoza & Moralez, 2009)

Orden de mezcla de herbicidas: cuando realizamos una mezcla en el tanque, nos encontramos con productos que poseen distintas formulaciones y que pueden reaccionar entre ellos y disminuir la eficacia del herbicida.

Es importante que tengamos en cuenta el orden adecuado, para la incorporación del herbicida en el tanque, bajo el criterio de agregar al inicio los productos de menor solubilidad y de último los de mayor solubilidad. Cuando es necesario corregir problemas de dureza de agua, se debe de aplicar al inicio el corrector de dureza y luego los herbicidas. También se debe de considerar que por último agregamos los acidificantes, adherentes y surfactantes. Cuando un coadyuvante, es también un corrector de pH o dureza, se agrega al inicio de la mezcla.

4.1.11 Las propiedades del suelo y el comportamiento de los herbicidas

Según Cristoffoleti (2013) la textura y la composición granulométrica del suelo interactúan en el proceso de retención de los herbicidas en el suelo y así mismo la Materia Orgánica (MO) es:

- El principal factor a considerar en la adsorción de los herbicidas.

- Suelos arcillosos – MO es responsable de 30-40% de la CTC. En suelos altamente degradados como do cerrado brasileiro la MO es responsable del 90% de CTC.
- Suelos arenosos – MO es responsable de 50-60% de CTC.
- Las dosis recomendadas de herbicidas por la textura del suelo (arcilla x arenosa x medio) no es correcta debido a arcillas de baja actividad.
- La adsorción de la MO es grande debido ser moléculas orgánicas hidrofóbicas.
- Herbicidas + MO – conexión estable.
- Herbicidas + componentes minerales = conexión menos estable.

4.1.12 Variable de medición para estudios de la vegetación

En muchos estudios las comunidades vegetales se describen y comparan atendiendo a la presencia o a la ausencia de determinadas categorías. Son numerosas las clasificaciones, numéricas o informales, en las que el único criterio de segregación o agregación de comunidades en clases es la presencia o ausencia de determinadas especies. Sin embargo, especialmente a nivel local, dichas comunidades suelen diferenciarse muy poco en cuanto a su composición específica, pero bastante en cuanto a la cantidad relativa de cada componente. En este caso es necesario estimar las variables de los atributos para someterlas al análisis, ya sea numérico o informal. (Matteucci y Colma, 1982)

Cobertura de una especie (u otra categoría vegetal) es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. Se expresa como porcentaje de la superficie total.

La cobertura ha sido utilizada, con mucha frecuencia como medida de la abundancia de los atributos de la comunidad, especialmente cuando la estimación de la densidad resulta difícil por la ausencia de límites netos visibles entre los individuos como ocurre en los pastizales, en el caso de plantas macollantes y ces pitosas, o en cojín. Por otro lado, esta variable es factible de evaluación subjetiva, lo que no ocurre con las demás. (Matteucci y Colma, 1982)

4.1.12.1 Muestreo de vegetación por el método de cuadrantes

Es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Por su facilidad de determinar la cobertura de especies, los cuadrantes eran muy utilizados para muestrear la vegetación de sabanas y vegetación herbácea (Cerrado, Puna, Paraderas). (Mostacedo & Fredericksen, 2000)



Figura 1. Forma de muestrear la vegetación por el método del cuadrante
Fuente: Mostacedo & Fredericksen (2000).

Los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas. El tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m² (1x1m) (Figura 1); el mismo tamaño se utiliza para muestrear las plántulas de especies arbóreas. Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño puede ser de 4 m² (2x2 m) o 16 m² (4x4 m). Para árboles (mayor a 10 cm DAP), los cuadrantes pueden ser de 25 m² (5x5) o 100 m² (10x10). El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que de no ser así, habrá muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo. (Mostacedo & Fredericksen, 2000)

4.1.12.1 Líneas de intercepción para el muestreo de cobertura

Se basa al principio de la reducción de una transecta a una línea. Este método se aplica para estudiar la vegetación densa dominada por arbustos y para caracterizarla vegetación graminoide. El método de líneas de intercepción produce datos para cálculos de cobertura y frecuencia de especies; es rápido, objetivo y relativamente preciso. La cobertura de cada especie es la proyección horizontal de las partes aéreas de los individuos sobre el suelo y se expresa como porcentaje de la superficie total. En las líneas de muestreo, se procede a contar todas las intercepciones o proyecciones de las plantas (ramas, tallos, hojas, flores) sobre la línea. (Mostacedo & Fredericksen, 2000)

4.2 Marco referencial

4.2.1 Localización geográfica

Se estableció el ensayo experimental en finca Tululá “INGENIO TULULA”, actualmente registrado con el código GIS (0010504), sitio correspondiente al municipio de San Andrés Villa Seca, Departamento de Retalhuleu, con proyección geográfica WGS84_UTM ZONA 15N, Este (X) 0651590, Norte (Y) 16001807 y con una elevación de 223 msnm. La finca colinda al Sur con finca Santa Teresa, Santa Julia y Parcelamiento el Salto, al Norte Cantón Pajales la Cuchilla, Finca Exquejel e Ingenio el Pilar, al Este con el municipio de Cuyotenango Suchitepéquez, al Oeste con Finca Capuano y Boxoma. Los ríos Sis y Oc son cuencas hidrográficas que dividen la finca en las colindancias Este y Oeste (ver figura dos, anexos).

4.2.2 Vías de Acceso

De la ciudad capital de Guatemala al municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez, existen 168 km transitados por la carretera interamericana CA-2, de Cuyotenango para el caso de la finca se recorren 5 km, donde 4.5 son recorridos por la carretera que comunica a Cuyotenango con San José la Maquina municipio de Suchitepéquez y medio Km de la carretera por una calle de terracería que lo conduce hacia las oficinas centrales del Ingenio Tululá S.A., a partir de ahí se recorren 2.80 km al sur por terracería hasta llegar al área de estudio establecido (ver figura 21, anexos).

4.2.3 Zona de Vida

Las áreas productivas de caña de azúcar del Ingenio Tululá se ubican en la zona de vida de bosque muy húmedo subtropical (cálido) Bmh-S (c).



Figura 2. Zonas de vida para la zona cañera Guatemalteca.
 Fuente: SIAP-CENGICAÑA (12 Jun. 2012).

4.2.4 Condiciones Agrometeorológicas

Según Castro (2015), el fenómeno ENSO en el periodo de invierno (Junio-Octubre 2015), en los meses de agosto a diciembre existe tendencia a un año niño, datos que se basan a un promedio de 26 modelos de proyección. El fenómeno del niño impactará disminuyendo la precipitación para la zona cañera guatemalteca y los efectos mayores se visualizarán en la etapa de elongación, principalmente, en el estrato bajo y litoral. (Castro, 2015)

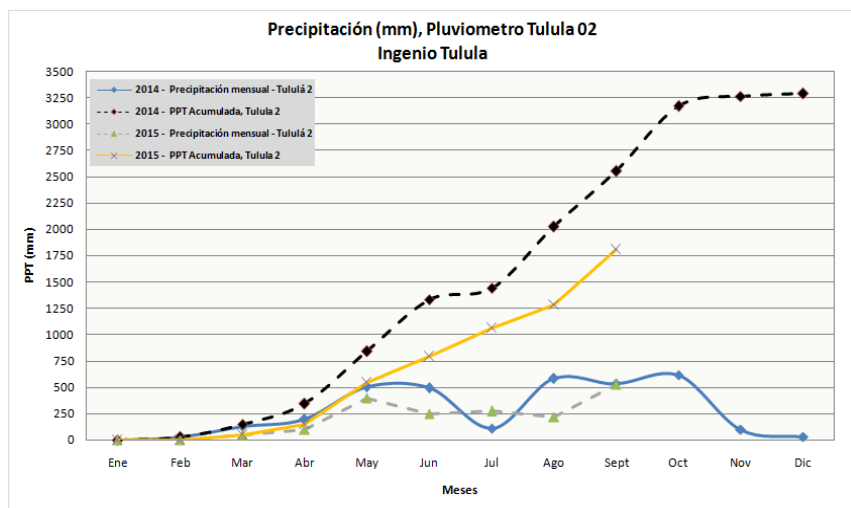


Figura 3. Precipitación pluvial mensual y acumulada en el año 2014 y 2015.
 Fuente: El autor (2015).

En la figura anterior, se observa una disminución en mm de lluvia, tanto mensual como acumulada para el año 2015 en comparación al año anterior, entre los meses de enero a septiembre, los registros confirman la tendencia establecida por Castro O. (2015), en donde apunta los efectos del fenómeno del niño.

Cuadro 1. Registros agrometeorológicas, Estación Ingenio Tzulá.

Variables de Medición	Historico Año 2014	Comparativo 2015 Vrs 2014 (Enero a Sept.)		
		Año 2014	Año 2015	Diferencia
Temperatura °C	26.03	26.19	26.47	0.28
% Humedad Relativa	82.34	81.88	81.54	-0.34
Velocidad del Viento (Km/h)	6.54	6.59	6.48	-0.11
Precipitación Acumulada (mm)	3282	2,284	1,506	-778.00

Fuente: El autor (2015).

En el cuadro uno, se puede observar que existe un incremento de temperatura en las medias registradas hasta el mes de septiembre del 2015 en comparación al año anterior, esto genera una disminución de la humedad relativa en el ambiente y crea una reducción de la precipitación de algunas zonas productivas de caña de azúcar.

4.2.5 Clasificación de Suelos

Los suelos de las aéreas productivas de la zona cañera de Guatemala han sido objetos de estudio por “CENGICAÑA” y de acuerdo al estudio semidetallado de suelos en 1996, describe dos órdenes grandes de suelos en las fincas bajo administración del Ingenio Tzulá, siendo vertisoles e inceptisoles, estos suelos perteneces al conjunto Yucales (*Typic Pelluderts Arcillosa*) y conjunto las damas (*Typic Dystropepts*, Franca fina sobre arcillosa). Es importante resaltar que el suelo en el cual está ubicada la investigación es del orden Inceptisol con pendientes menores al 5 %, ver figura cuatro. (Cengicaña, 1996)

Suelos Typic Pelluderts Arcillosa “Vertisoles”: ocurren en la parte media o cuerpo de los abanicos que conforman la planicie fluvio volcánica. El relieve en esta zona es ligeramente ondulado con pendientes entre el 1 y 3 %, las ondulaciones son muy amplias y las depresiones poco profundas, las pendientes son largas y rectilíneas. El drenaje natural es moderado a imperfecto, puesto que el alto contenido de arcilla limita el movimiento del agua en el perfil, la capacidad de retención de humedad es muy alta. Son suelos profundos desarrollados a partir de materiales finos de origen volcánico que se han transformado en arcillas. En épocas secas los suelos presentan grietas amplias y profundas, este fenómeno es perjudicial para las raíces de los cultivos.

Suelos Typic Dystropept Franca fina sobre arcillosa “Inceptisoles”: Los suelos de esta unidad se distribuyen en la parte alta o ápice de los abanicos, en un relieve colinado con pendientes entre el 7 y el 12%. Las formas del relieve actuales son el resultado de las disecciones producidas por las corrientes que profundizan sus cauces en el paisaje inicial de abanicos y la acción de la escorrentía que produce erosión superficial, proceso que ayuda al modelado del paisaje. Los suelos son profundos a moderadamente profundos, y bien drenados, es decir no presentan limitación física o química significativa que impida el normal desarrollo de las raíces; además, el nivel freático es muy profundo.

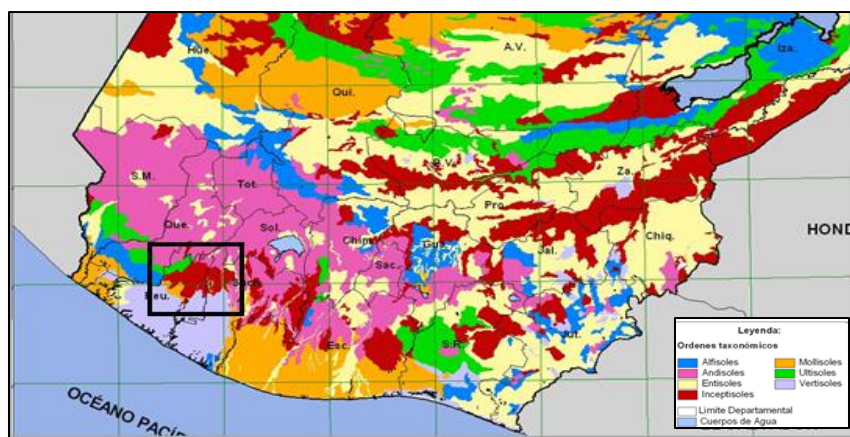


Figura 4. Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos de Guatemala. Primera aproximación. República de Guatemala. Fuente: Maga (Octubre 2002).

4.2.6 Descripción de los herbicidas utilizados

4.2.6.1 Indaziflam: ALION 50 SC

Modo y mecanismo de acción: el ingrediente activo de Alion (Indaziflam) 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. Inhibe directamente la biosíntesis de celulosa.

Malezas que controla: *Rottboellia cochinchinensis*, *Leptochloa filiformis*, *Panicum fasciculatum*, *Echinochloa colona*, *Ixophorus unisetus*, *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis*, *Leptochloa virgata*, *Panicum trichoides*, *Boerhavia erecta*, *Cleome espinosa Jacq.*, *Anoda cristata*, *Agerantum conizoides L.*, *Amaranthus spinosus L.*, *Fleurya aestuans*, *Ipomoeanil*, *Ipomoea purpurea*, *Ipomea grandifolia*.

4.2.6.2 Ametrina (AMETRINA 50 SC) y Atrazina (IGUAL 50 SC)

Modo y mecanismo de acción: cuando se aplican al suelo son absorbidos por el sistema radical y rápidamente transportados hacia las hojas, vía apoplasto (xilema). Cuando se aplican al follaje se comportan como herbicidas de contacto, al no poder movilizarse vía simplasto (floema), puede darse un significativo movimiento vía apoplasto funcionando como herbicida de contacto. Inhiben el proceso fotosintético interfiriendo en la reacción de Hill, en el transporte de electrones en el fotosistema I ó II. En general, se da un cambio en la secuencia de aminoácidos serina por glicina lo que conlleva a la destrucción por fotooxidación de los carotenoides, por lo tanto, de la clorofila. Pueden ser degradados por plantas superiores, existiendo diferencias entre ellas en cuanto a la tasa y velocidad de metabolización y pueden ser a través de algunos procesos como la dealquilación, conjugación o absorción. (Espinoza & Morales, 2009)

Son herbicidas utilizados con frecuencia en preemergencia de la maleza.
(Espinoza & Morales, 2009)

Malezas que controla: *Amaranthus spinosus* *Anagallis arvensis* *Bidens pilosa* *Croton lobatus* *Euphorbia hirta* *Ipomoea nil* *Kallstroemia máxima* *Melampodium divaricatum*. (Espinoza & Morales, 2009)

4.2.6.3 Dicamba, 2,4-D (WEEDMASTER 46,5 SL)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida sistémico, tanto en el sentido acropetal, como basipetal. Controla maleza de hojas anchas y ciperáceas. Se aplica de forma post-emergente. Se moviliza a los puntos de crecimiento en donde produce graves alteraciones del metabolismo que inducen a la muerte de la planta.

Malezas que controla: *Cassia* spp., *Acacia* sp., *Merremia umbellata*, *Solanum* spp., *Amaranthus* spp., *Hiptissua veolens*, *Eupatorium* spp., *Impomoea* spp., *Croton* spp., *Acacia solinsil*, *Amphilophum* spp., *Taraxacum officinale*, *Melocha* spp., *Desmothus* spp., *Psidium rensonianum*, *Euphorbia* spp., *Mimosa púdica*, *Sida* spp. *Richardia scabra*, *Hiptis capitata*, *Guazuma ulmifolia*, *Psidium quineensa*, *Pteridium aguillinum*, *Ardisia revoluta*, *Calea urticifolia*, *Albertia edulis*, *Randia* spp., *Cucumis* spp., *Bidenss guarrosa*, *Byrsonimia crasifolia*, *Desmodium* spp., *Helitropum indicum*. *Rumex crispus*, *Portulaca oleracea*, *Verbena litoralis*, *Asclepia curazavica*, *Solanum nigrum*, *Heliconia bihal*, *Commelina difusa* *Cyperus* spp, *Eclipta alba*, *Fimbristy lislittoralis*, *Ludwigia difusa*, *Momordica charantia*, *Murdania nudiflora*.

4.2.6.4 Pendimentalina (Prowl H₂O)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida de contacto aplicado al suelo, es absorbido por la raíz de la semilla en germinación y en plántula antes de presentar hojas verdaderas. Este es de poca movilidad tanto en el suelo como en la planta, los brotes mueren rápidamente después de la germinación o a continuación de la emergencia. (Espinoza & Morales, 2009)

Son inhibidores generales del crecimiento, en especial de la elongación de las raíces, al bloquearse la producción adecuada de tubulina (principal componente del huso acromático), lo cual inhibe el ensamblaje adecuado de los micro túbulos, y el crecimiento cesa por no darse una adecuada división celular, en otras palabras se interrumpe la mitosis. Se ven afectados otros procesos fisiológicos, entre ellos están la síntesis de proteínas, formación de ceras de la cutícula y la síntesis de lípidos. (Espinoza & Morales, 2009)

Son herbicidas pre-emergente en relación a la maleza. Es un herbicida utilizado en: malezas de hojas anchas y gramíneas. (Espinoza & Morales, 2009)

Malezas que controla: *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colonum*, *Eleusine indica*, *Ixophorus unisetus*, *Leptochloa filiformis*, *Rottboellia conchinchinensis*. (Espinoza & Morales, 2009)

4.2.6.5 Acetoclor (HARNESS 90 EC)

Modo y mecanismo de acción: Este herbicida se aplica al suelo controlando gramíneas anuales en germinación. El herbicida es absorbido rápidamente por el epicotíleo y el hipocotíleo. La actividad en las zonas meristemáticas se detiene, y en las gramíneas, generalmente se inhibe la emergencia de la hoja a partir de la vaina foliar. (Espinoza & Morales, 2009)

Los ácidos grasos y los ácidos grasos de cadena larga (VLCFAs), son necesarios en la formación de los componentes lípidos de las membranas y ceras cuticulares, respectivamente. Los herbicidas inhiben la enzima inicial en la biosíntesis de los ácidos grasos, la acetil Coenzima A carboxilasa. 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 & Morales, 2009)

Es un herbicida pre-emergente en relación a la maleza, sistémico y poca movilidad dentro de la planta. (Espinoza & Morales, 2009)

Malezas que controla: *Sonchus oleráceus Polygonum aviculare Raphanus sativus Digitaria sanguinalis Croton lobatus Echinochloa colonum Portulaca oleracea Richardia scabra Leptochloa filiformis Rottboellia cochinchinensis.* (Espinoza & Morales, 2009)

4.2.6.6 Flumioxazin (PLEDGE 51 WG)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida con acción de contacto en malezas emergidas y de acción residual con malezas en emergencia, ideal para el control de malezas gramíneas y hojas anchas en pre y post emergencia. Es un herbicida no selectivo perteneciente al grupo de los PPO (Inhibidores de la Protoporfirinógeno Oxidasa) de rápida acción, ideal para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha en condición de pre y post emergencia en diversos cultivos.

Malezas que controla: *Echinochloa colonum, Eleusine indica, Leptochloa filiformis, Amaranthus spinosus, Amaranthus dubius, Ipomoea purpurea, Portulaca oleracea, Sida rhombifolia, Desmodium tortuosum, Eclipta alba, Solanum nigrum, Acanthospermum hispidum, Bidens pilosa, Acmeilla oppositifolia, Eugenia caryophyllata.*

4.2.6.7 Metribuzin (SENCOR 48 SC)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida selectivo de acción pre y post emergente. Inhibe la fotosíntesis teniendo un efecto contra malezas de hojas anchas y gramíneas al ser absorbido por las raíces y las hojas.

Malezas que controla: *Brachiaria spp.*, *Digitaria sp.*, *Echinochloa colonum*, *Eleusine indica*, *Poa annua*, *Setaria spp.*, *Amarantus spp.*, *Chenopodium sp.*, *Chrysanthemum sp.*, *Convolvulus arvensis*, *Desmodium tortuosum*, *Eclipta alba*, *Matricaria chamomilla*, *Oxalis sp.*, *Tagetes sp.*, *Melampodium divaricatum*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleracea*, *Richarda escabra*, *Sonchus oleraceus*, *Taxacum officinale*, *Commelina spp.*

4.2.6.8 Metribuzin (CRASH 70 WP)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida selectivo a los cultivos de tomate, papa, caña de azúcar, zanahoria y espárragos. Su acción pre y post emergente que inhibe la fotosíntesis, provocando un efecto con las malezas de hoja ancha y gramíneas al ser absorbido por las raíces y hojas.

Malezas que controla: *Rottboellia cochinchinensis*, *Echinochloa colonum*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum máxima*, *Leptochloa filiformis*, *Eleusine indica*, *Setaria spp.*, *Richarda scabra*, *Portulaca oleracea*, *Ipomoea nil*, *Melanpodium divaricatum*, *Oxalis sp.*, *Eclipta alba*, *Matricaria chamomola*.

4.2.6.9 Pendimentalina (PENDIMENTALINA 50 EC)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida selectivo absorbido por raíces y follaje translocándose vía xilema y floema, actuando de forma pre emergente a las malezas. Interrumpe tanto la división como la elongación celular en meristemas del tallo y la raíz de las malezas susceptibles.

Malezas que controla: malezas dominantes de hoja ancha y gramíneas anuales.

4.2.6.10 2,4 D + Picloram (ESPUELA 30,4 SL)

Modo y mecanismo de acción: es un herbicida sistémico para el control selectivo de malezas de hoja ancha y perenne. Bloquea el proceso normal del crecimiento, lo cual conlleva a la pérdida de la función de las raíces, bloqueo del floema, inhibición de la síntesis y luego la muerte.

Malezas que controla: *Senna*, *Heliconia bihai*, *Casea hajavitensis*, *Calliandra spp.*, *Polygonum punctatum*, *Crotalaria spp.*, *Acacia cornígera*, *Sida spp.*, *Acacia farnesiana*, *Euphorbia spp.*, *Guazuma umdoli*, *Pithecolobium spp.*, *Malva cristata*, *Bauhinia spp.*, *Canna indica*, *Asclepias curassavica*.

4.2.7 Investigaciones realizadas en la zona cañera de Guatemala

4.2.7.1 Evaluación del efecto del herbicida pre-emergente indaziflam para el control de malezas en caña de azúcar, La Democracia, Escuintla.

La evaluación se realizó comparando Indaziflam en mezcla, en tres dosis diferentes (0.10, 0.13 y 0.15 l/ha) con dos herbicidas pre-emergentes que se usan comercialmente como lo son; pendimetalina, acetocloro y ametrina + trifloxysulfuron, en la cual se encontraron tres tratamientos

muy efectivos a los 60 DDA (días después de la aplicación), ametrina + indaziflam (2.0 + 0.10 l/ha), ametrina + indaziflam (2.0 + 0.13 l/ha) y ametrina + indaziflam (2.0 + 0.15 l/ha), debido a que presentaron un mayor porcentaje de control (> 80 %) y mayor días control efectivos que oscilaron entre los 90, 100 y 120 días respectivamente, así como un menor costo días control. Los mejores tratamientos y aún lo más importantes, mostraron grandes diferencias con el testigo relativo o bien el que se usa en la finca, ametrina + acetocloro (2.0 + 3 l/ha). (Solórzano, 2011).

4.2.7.2 Evaluación de herbicidas pre-emergentes para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar, en la costa sur de Guatemala.

Se evaluaron cinco tratamientos Saflufenacil, (Heat®70 WG); Flumioxazin, (Pledge® 50 WG); Metsulfuronmetil (Forza® 60 WP) y 2,4D amina, (Totem® 72 SL) y un testigo sin aplicación. La aplicación se realizó cinco días después de la siembra en la variedad CG98-78. Se encontraron diferencias estadísticas $p < 0.0001$ entre los tratamientos respecto al testigo sin aplicación, sin embargo entre ellos fueron similares, alcanzando valores de 77 a 82 por ciento de control de malezas. A los 44 dda los tratamientos Saflufenacil, Metsulfuronmetil y Flumioxazin mostraron mejor control de malezas con 87, 84 y 77 por ciento de control de malezas respectivamente y con significancia estadística ($p < 0.0001$), indicando que cualquiera de las alternativas anteriores son eficaces para el control de malezas de hoja ancha de los géneros Ipomoea, Merremia y Momordica. (Martínez Torres, Jose Gerardo, & López, 2013)

4.2.7.3 Eficacia de Flumioxazin en combinación con Acetoclor en el control pre-emergente de malezas en el cultivo de Caña de Azúcar (*S. officinarum*), en Finca Felicidad.

Se evaluaron 3 tratamientos Flumioxazin, (Pledge®51 WG); Acetoclor, (Harness 90 EC) en combinación con dosis diferentes de Acetoclor más Flumioxazin sin combinación con otras moléculas, todos los tratamientos comparados con la mezcla comercial, evaluación a nivel comercial realizado en finca Felicidad, (Ingenio Tululá) perteneciente a un suelo de orden vertisol. Los resultados de la aplicación pre-emergente en el mes de marzo del 2015 demuestran que, la molécula Flumioxazin ofrece más de 55 días de control, tanto en la calle como principalmente en el surco, donde la planta de caña de azúcar necesita estar libre de malezas para que no se de competencias entre ambas especies. (Quan, 2015)

V. OBJETIVOS

- **General:**

Evaluar el efecto de control de malezas mediante el uso de ocho mezclas de herbicidas y dos volúmenes de agua aplicados en pre-emergencia en el cultivo de caña de azúcar (*S. officinarum* L.).

- **Específicos:**

- ✚ Establecer el volumen ideal de agua para la mezcla de herbicida.
- ✚ Determinar la eficacia de control “Abbott” de las malezas para cada mezcla de herbicida evaluado.
- ✚ Estimar los días control de cada mezcla de herbicida utilizando el modelo de regresión polinomial.
- ✚ Calcular los costos por día control para cada mezcla de herbicida.
- ✚ Demostrar si existe o no algún efecto fitotóxico al cultivo que puedan causar cada una de las mezclas de herbicidas.

VI. HIPOTESIS

- **Ha1:** Al menos una mezcla de herbicida pre-emergente tendrá un efecto diferente en el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar.
- **Ha2:** Al menos un volumen de agua por hectárea utilizado en las mezclas de herbicidas pre-emergentes, tendrá una respuesta diferente en el control de malezas.
- **Ha3:** Existe interacción entre las mezclas de herbicidas y los volúmenes de agua por hectárea evaluados.

VII. MATERIALES Y METODOS

7.1 Material experimental

Para la investigación realizo en caña plantía de la variedad CG 98-78, con una edad fenológica de 15 después de la siembra. Variedad considerada como intermedia y tardía, los meses de cosecha van desde enero hasta abril, pero la mayor concentración de cosecha está en los meses de enero a febrero.

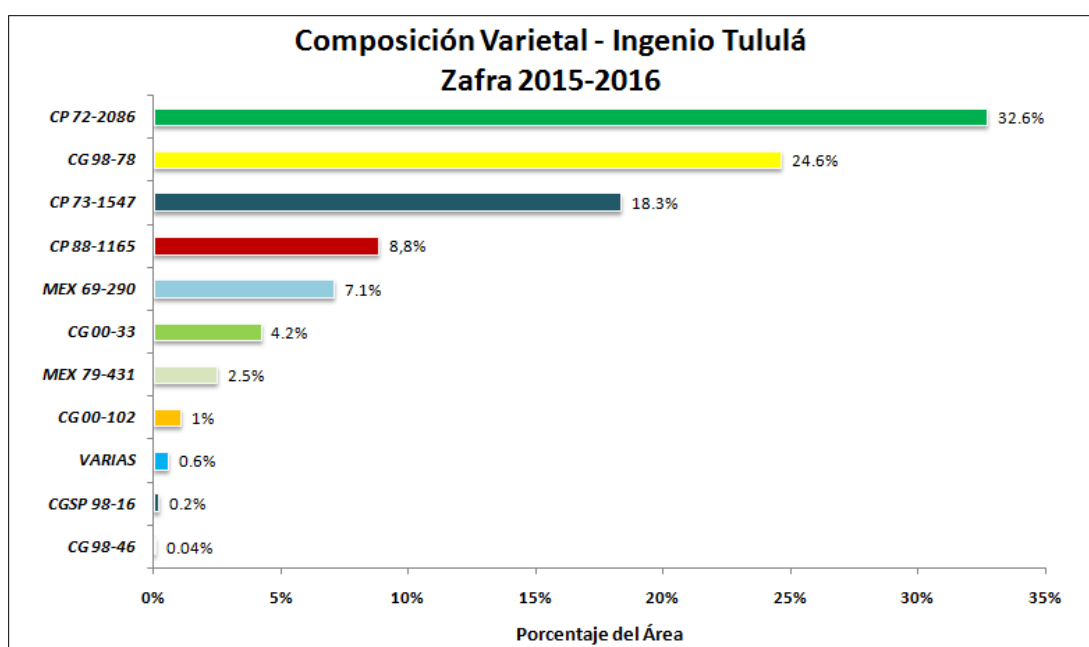


Figura 5. Composición varietal para la zafra 2015-2016. Ingenio Tululá. Fuente: El autor (2015).

En la figura cinco, podemos observar que la variedad CG 98-78, ocupa el segundo lugar en el Ingenio Tululá, con un 24.6 por ciento del área (7,846.24 del área censada), la distribución de esta variedad está dada por fincas propias y arrendadas. Según Orozco, et. al. (2015), la variedad ocupó el cuarto lugar en la industria cañera guatemalteca para la zafra 2013-2014, con 5.3 por ciento del área (10,296 ha del área censada). El surgimiento de esta variedad con más del uno por ciento de área fue en la zafra 2011-12 y con el incremento de área que ahora se reporta su tasa de incremento anual equivale a 2.1 por ciento. Este incremento en área puede deberse a que

CG98-78 es una variedad de maduración natural intermedia y por lo tanto apropiada para el segundo tercio de la zafra. El tipo de maduración natural de la CG98-78 se basa en su curva de maduración natural como en la baja incidencia de floración y corcho, esta variedad posee un alto rendimiento en toneladas de caña y azúcar por hectárea, los jugos poseen un alto nivel de pureza, resistente a plagas y enfermedades como también es resistente a los efectos de los herbicidas.

7.2 Recursos

▪ Físicos

Tractor de mediana potencia (150 HP)

Tanque con capacidad de 900 galones agua

Toneles de plástico vacíos con capacidad de 200 lt

Bomba de mochila Jacto con capacidad de 20 lt

Boquillas de cerámica TF 2.5 VS

Probetas de plástico (capacidad = 1 lt y 2 lt)

Cinta métrica de 50 m

Tabla shannon

Cámara de fotografía

Herbicidas químicos en presentación líquidos y solidos

Cuadrícula de madera de 1 m².

Clorofilometro

▪ Humanos

Practicante de PPS (Encargado de la Investigación).

Ayunte para la supervisión de la ejecución.

Tractorista.

Mezcladores y Aplicadores.

7.3 Análisis Estadístico

7.3.1 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño bifactorial bloques al azar con arreglo combinatorio. En este experimento se estudió simultáneamente el efecto de dos factores y sus diferentes niveles que contribuyeron a la eficiencia de control de los herbicidas. Este diseño es asimétrico por que en cada factor presenta desigual número de niveles, pudiendo representarse como $p \times q$, siendo p y q los niveles del factor A y del factor B, respectivamente. En el factor A se definieron los volúmenes de agua por hectárea y en el factor B se establecieron las mezclas de herbicidas con sus respectivas dosis.

7.3.2 Modelo Estadístico

El modelo estadístico de diseño es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Siendo que:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada en la eficiencia de control de las malezas.

μ = Media general

α_i = Efecto del i - ésimo volumen de agua "Factor A"

β_j = Efecto de la j - ésima mezcla de herbicida "Factor B"

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i - ésimo volumen de agua "Factor A" y la j - ésima mezcla de herbicida "Factor B"

γ_k = Efecto del k - ésimo bloque

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk - ésima unidad experimental

7.3.3 Unidad experimental

Para establecimiento de las unidades experimentales se utilizó un área con un diseño de campo de 1.75 m entre surco, cada unidad fue constituido por una parcela bruta de 4 surco por 50 m de largo, esto equivale a 350 m². La parcela neta fue de 2 surcos por 50 m de largo, esto representa 175 m², ver figura seis. El número total de unidades experimentales fue de 48, comprendidas en 3 bloques (repeticiones), adicional a ello se incluyen 3 parcelas de referencia para la investigación para hacer un total de 51.

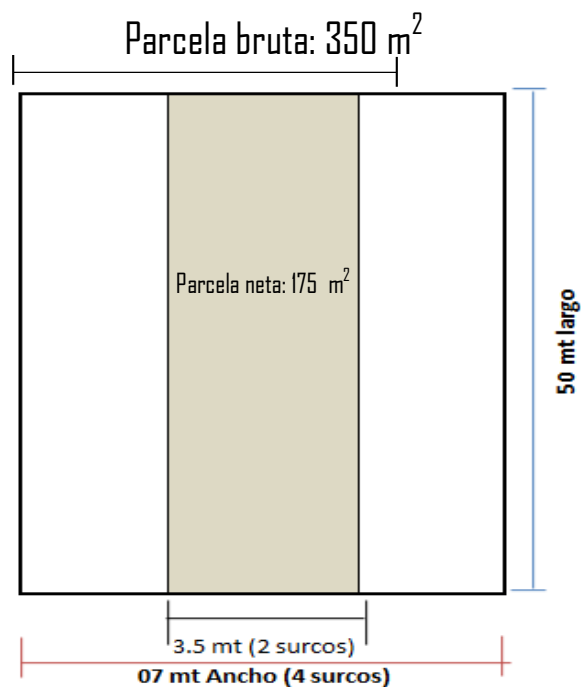


Figura 6. Unidad experimental bruta y neta.
Fuente: El autor (2015).

7.3.4 Tratamientos y Aleatorización

Para el factor "A" se consideraron dos niveles, siendo el A1 un volumen de aplicación de agua de 150 lt/ha y el A2 un volumen de 200 lt/ha. En el factor "B" se establecieron 8 mezclas de herbicidas pre-emergentes con sus respectivas dosis, ver cuadro dos.

Cuadro 2. Descripción de los factores de evaluación y sus niveles utilizados en el estudio de malezas. Ingenio Tululá.

Trat.	Factor (A) "Volumen de Agua"	Factor (B) "Mezclas de Herbicidas"; Nombres Comerciales	Ingredientes Activos (i.a.)	Dosis/ha
T1	A 1: 150 lt/ha	B1 Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR1)	Indaziflan + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D	0.20 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt
T2		B2 Prowl H2O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR 2)	Pendimetalina H ₂ O + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D	4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt
T3		B3 Harnes 90 EC + Pledge 51 WG	Acetoclor + Flumioxazin	4 lt + 0.20 kg
T4		B4 Alion 50 SC + Sencor 48 SC	Indaziflam + Metribuzin	0.15 lt + 2 lt
T5		B5 Alion 50 SC + Sencor 48 SC	Indaziflam + Metribuzin	0.20 lt + 2 lt
T6		B6 Alion 50 SC + Crash 70 WP	Indaziflam + Metribuzin	0.15 lt + 1.40 kg
T7		B7 Alion 50 SC + Crash 70 WP	Indaziflam + Metribuzin	0.20 lt + 1.40 kg
T8		B8 Pendimetalina 50 SC + Espuela 30,4 SL	Pendimetalina + (2,4-D + Picloram)	3.5 lt + 0.40 lt
T9	A 2: 200 lt/ha	B1 Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR1)	Indaziflan + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D	0.20 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt
T10		B2 Prowl H2O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR 2)	Pendimetalina H ₂ O + Ametrina + Atrazina + Dicamba, 2,4-D	4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt
T11		B3 Harnes 90 EC + Pledge 51 WG	Acetoclor + Flumioxazin	4 lt + 0.20 kg
T12		B4 Alion 50 SC + Sencor 48 SC	Indaziflam + Metribuzin	0.15 lt + 2 lt
T13		B5 Alion 50 SC + Sencor 48 SC	Indaziflam + Metribuzin	0.20 lt + 2 lt
T14		B6 Alion 50 SC + Crash 70 WP	Indaziflam + Metribuzin	0.15 lt + 1.40 kg
T15		B7 Alion 50 SC + Crash 70 WP	Indaziflam + Metribuzin	0.20 lt + 1.40 kg
T16		B8 Pendimetalina 50 SC + Espuela 30,4 SL	Pendimetalina + (2,4-D + Picloram)	3.5 lt + 0.40 lt
Parcela de Referencia		Testigo Absoluto (Sin Control) + Control Cultural (Sin Herbicida)		

Fuente: El autor (2015).

TR: representa los testigos relativos o mezclas de herbicidas pre-emergentes que se utilizan en la fincas bajo administración del Ingenio Tululá.

7.3.5 Croquis del Experimento

Para poder diseñar en campo el croquis experimental, se contó con todos los niveles del factor A y del factor B, ambos fueron combinados y distribuidos de forma aleatoria dentro de cada bloque, ver (figura 8). Para aleatorizar se utilizó la opción SHIFT y Ran# por medio de una calculadora científica. En la figura siete, se puede observar que en cada bloque (repetición), existe una parcela de referencia divididas en dos partes como Testigo Absoluto (sin control) + Control Cultural (sin herbicida) con el propósito de para poder confirmar o descartar posibles efectos fitotóxicos de los herbicidas a la plantación de caña de azúcar.



Figura 7. Croquis experimental de campo.
Fuente: El autor (2015).

7.3.6 Variable de respuesta

7.3.6.1 Eficiencia de control

Variable que procede del porcentaje de cobertura de malezas presentes en cada una de las mezclas de herbicidas utilizadas. Para la obtención de los resultados se utilizó la fórmula de eficacia "Abbott", que consistió en comparar la cobertura de malezas en diferentes mezclas de herbicidas con la parcela de Testigo Absoluto (sin control). Para que un herbicida pre-emergente sea una alternativa de control debe de cumplir con un mínimo de 80% de eficiencia en el periodo crítico de interferencias de las malezas al cultivo.

La fórmula utilizada para la obtención de resultados es la siguiente:

$$\% \text{ Eficacia "Abbott"} = \frac{\% \text{ Cobertura del Testigo} - \% \text{ Cobertura del Trat. Tratado}}{\% \text{ Cobertura de la parcela "Testigo Absoluto"}} * 100$$

7.3.6.2 Días control

Esta variable se calculó utilizando las medias de % de cobertura para cada una de las mezclas de herbicidas según la época de muestreo. Se utilizó una regresión polinómica donde, en el eje "X" se ingresaron las épocas de muestreo y para el eje "Y" los porcentajes de cobertura, luego se obtuvo una ecuación de cada mezcla de herbicida para calcular los días control.

7.3.6.3 Costo por día control

Datos que fueron obtenidos con el propósito de establecer los costos por mezcla de herbicida en función a los días control establecidos anteriormente, estos resultados se obtienen con la siguiente fórmula:

$$\text{CDC} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} [\text{Cuh} (\$)] * \text{Dha}}{\text{DcMz}}$$

Dónde:

CDC = Costo Día Control

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

Dha = Dosis por hectárea

DcMz = Días Control de la Mezcla

7.3.6.4 Fitotoxicidad

Para determinar si una de las mezclas herbicidas utilizados causan algún efecto fitotóxico el cual limite el crecimiento y desarrollo del cultivo, se procedió a muestrear las unidades relativas de clorofila en tejido foliar de los tallos de caña de azúcar, así mismo se realizaron muestreos de desarrollo del cultivo en donde se tomaron en cuenta las siguientes variables: población total de tallos, tallos viables a cosecha y la altura de los tallos. Todos los resultados obtenidos de esta variable de respuesta fueron comparadas con las parcelas de referencias (Testigo Absoluto + Control Cultural) para poder encontrar con facilidad los efectos provocados por los herbicidas.

7.3.7 Análisis de la Información

Se sometió a un análisis de varianza y a pruebas múltiples de medias Tukey 5%, las variables de eficiencia control y fitotoxicidad de los herbicidas utilizando el Software de análisis estadístico “Infostat” con la versión estudiantil 2015, hecho por la Universidad de Córdoba, Argentina.

Antes de someter los datos de eficacia de control Abbott a un análisis estadístico, se procedió a una transformación de datos, para que estas tuvieran una distribución normal, mediante a la formula (Arcoseno \sqrt{x}) que en programa de Excel “Microsoft Office” corresponde a la siguiente fórmula: =GRADOS(ASENO((X/100)^0.5)). Para las variables de desarrollo, únicamente la población total de tallos y la población de tallos viables se analizaron transformando los datos desde una variable discreta a una variable continua utilizando la fórmula de $\sqrt{x+1}$.

No se incluyeron las parcelas de referencia (Testigo Absoluto + Control Cultural) para el análisis de varianza ya que el diseño de campo no lo permitió.

7.3.8 Manejo del experimento

7.3.8.1 Selección del área

Se estableció la investigación en el mes de Julio a Octubre de acuerdo a los registros históricos de malezas proporcionado por el Jefe de zona. El área de estudio fue en Finca Tululá, sección 05, donde se seleccionó el lote que contaba con las condiciones ideales para establecer cada una de las unidades experimentales de la investigación. A los 10 (DDS) el área contaba con un déficit de humedad en el suelo, para ello se programó un riego por aspersión a los 14 (DDS), aplicando una lámina de 45 mm y un tiempo de riego de tres horas.

7.3.8.2 Trazo del experimento

Utilizando una métrica se trazaron cada una de las unidades experimentales con el apoyo del personal de Investigación, en el trazo fueron definidas 2 m de calle para poder separar cada uno de los bloques (repeticiones). Cada unidad experimental fue marcada, etiquetada e identificada con el número de parcela y tratamiento utilizando nylon de color azul para su manejo posterior, ver figura ocho.



Figura 8. Diseño y Trazo de las del Experimento.
Fuente: El autor (2015).

7.3.8.3 Calibración

Previo a la aplicación se hicieron revisiones al equipo de aplicación para detectar algún defecto que pudiera afectar la descarga ideal en campo.

Se hicieron calibraciones del equipo con el apoyo de 4 aplicadores, 2 personas para volumen de agua, cada uno de ellos utilizó una bomba de mochila manual (JACTO) con capacidad de 20lt, la ficha de boquilla fue una "TF 2.5" (Turbo FloodJet) de punta granangular de chorro plano, de acero inoxidable y polipropileno resistentes a la corrosión, la capacidad nominal de la boquilla es de hasta 7 bar (100 psi).

Los pasos para la calibración del equipo fueron los siguientes:

- Previo a la aplicación se hicieron revisiones al equipo de aplicación para detectar algún defecto que pudiera afectar la descarga ideal de la mezcla.
- Se midió 50 m de largo para descargar un volumen conocido.
- Utilizando 5 litros de agua para cada bomba de mochila se procedió a descargarlo en 50 m de largo del surco.
- La aspersión se hizo en el centro del surco a una altura de 70 cm del suelo y la lanza, así mismo el ancho de faja fue de 1.80 m para lograr un traslape entre boquillas de 20 cm.
- Para obtener el volumen gastado en los 50 m, se midió el sobrante de cada bomba de mochila utilizando una probeta.
- Se calibro al personal por tres veces con el fin de lograr un volumen deseado de acuerdo al tiempo de descarga del aplicador.

Luego se procedió a calcular el volumen en litros por hectárea con las medias de los volúmenes gastados utilizando las siguientes formulas:

$$\text{Litros por ha} = \frac{\text{Gastobombamochila (lt)}}{\text{Area Mojadura en m}^2} * 10,000 \text{ m}^2 \text{ de 1ha}$$

$$\text{Gasto bomba mochila (lt)} = \text{LtInicialbomba} - \text{ltsobrantesbomba}$$

$$\text{Area mojadura (m}^2\text{)} = \text{Ancho faja de la boquilla} * \text{largo del surco}$$



Figura 9. Calibración del equipo y del personal de aplicación.
Fuente: El autor (2015)

Los promedios obtenidos de la descarga fueron calculados aceptando un + - un 5% de variación entre boquilla.

7.3.8.4 Preparación y aplicación de las mezclas de herbicidas

La mezcla fue preparada según las dosis establecidas para cada tratamiento, para los productos en forma líquida se midieron por medio de probetas plásticas de 1 lt y para los productos en forma de sólidos (polvos) se utilizó una balanza semianalitica, ambos equipos de mediciones se utilizaron para calcular la dosis exacta de los herbicidas (figura 10 y 11). Para todas las mezclas se utilizó Adherente (Inex-A) a una dosis de 0.10 lt/ha.

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

- Respetar el tiempo de descarga según la calibración inicial
- Mantener la altura de la lanza al momento de aplicar.
- Respetar al guía para no confundirse de parcela.
- No repasar los extremos de las parcelas (unidades experimentales)
- Lavar las bombas de mochila cada vez que exista un cambio de mezcla
- Utilizar adecuadamente el equipo de protección personal
- No se permite comer o beber durante la aplicación
- Al momento de retirar el equipo de protección hacerlo adecuadamente
- Es necesaria una ducha después de la aplicación
- Llevar el equipo de protección sucio al área de lavado
- A los mezcladores se les recomienda hacer las mediciones correctas de acuerdo a las instrucciones del investigador a cargo y al finalizar la aplicación es necesario hacerles el triple lavado a los envases vacíos de herbicidas y llevarlos al centro de acopio del Ingenio.



Figura 10. Insumos y dosificación de herbicidas de forma líquida.
Fuente: El autor (2015).



Figura 11. Dosificación de herbicidas sólidos, mezcla, inducción y
aspersión de la mezcla.
Fuente: El autor (2015).

7.3.8.5 Muestreo de malezas

Con base a la metodología de Mostacedo & Fredericksen (2000), se hicieron muestreos de cobertura de las malezas distribuyendo dos submuestras de forma sistemática dentro cada unidad experimental del ensayo, para ello se utilizó un retículo o red cuadrícula de 1m^2 , divididos en cien partes iguales (figura 12). La metodología consistió en tomar como 1% de cobertura toda aquella maleza que intercepte los vértices de las líneas que forman la cuadrícula de 10 cm^2 (figura 13). La frecuencia utilizada para esta variable de respuesta fue de 30, 40, 50 y 60 días después de la aplicación de los herbicidas.



Figura 12. Marco cuadrangular de 1 m².
Fuente: El autor (2015).



Figura 13. Intercepción de las malezas en los vértices.
Fuente: El autor (2015).

7.3.8.6 Fitotoxicidad

Muestreo de Clorofila: se determinó utilizando un “clorofilometro SPAD” tomando principalmente las unidades relativas de clorofila en el tejido foliar para poder detectar daños ocasionados a causa de los herbicidas (figura 14).

El muestreo de clorofila se realizó 30 (DDA). El método de distribución de las muestras fue de forma sistemática utilizando el centro de cada parcela neta, para cada unidad experimental se tomaron dos submuestras, cada una comprendida de cinco hojas por punto de muestreo para hacer un total de diez. Los datos fueron tomados en la tercera hoja con cuello visible (Hoja TVD+1) de cada tallo, con el fin de evitar hojas dañadas por plagas, enfermedades o daños físicos causados por el manejo comercial de la plantación.



Figura 14. Muestreo de clorofila en la hoja 3 del tejido foliar (TVD+1).

Fuente: El autor (2015).

Muestreo de variables de desarrollo: estas variables se midieron en dos muestras de la parcela neta a los 30 (DDA), la unidad de muestreo estuvo comprendida por cinco m lineales, luego se tomaron los datos de altura de cinco tallos por muestra y la población total (figura 15). La altura se tomó a partir del primer collarín visible de los tallos y la población se obtuvo tomando en cuenta todos los tallos visibles.



Figura 15. Muestreo de población y altura de tallos en la unidad Experimental.

Fuente: El autor (2015).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de Control de malezas

Cuadro 3. Porcentajes de eficiencia control “Abbott” en cuatro épocas de muestreo.

Tratamiento	30 dda				40 dda				50 dda				60 dda			
	RI	RII	RIII	Promedio	RI	RII	RIII	Promedio	RI	RII	RIII	Promedio	RI	RII	RIII	Promedio
1	97	96.75	96	96.58	95	92.75	88	91.92	84.5	72.75	60.5	72.58	60	53.5	49	54.17
2	98.88	94	90.5	94.46	97.25	89.5	82.5	89.75	82	61	50	64.33	53.5	36	32	40.50
3	97.75	99.5	86.5	94.58	94	98.88	80.5	91.13	75	96.75	44.5	72.08	58	84	35	59.00
4	97.25	98	89.5	94.92	94	97	75	88.67	85	85	32	67.33	72	52	13	45.67
5	95.75	96.5	97.25	96.5	94.25	92.5	95	93.92	77	75.5	84.5	79	39	39	55	44.33
6	93	98	91.75	94.25	81.5	96.5	82.5	86.83	64.5	85	40	63.17	27.5	70	8.5	35.33
7	93.5	97.25	94.5	95.08	85	94	87.5	88.83	54.5	86.75	61.5	67.58	28	59	39	42.00
8	88	82	70	80	74.5	72	61	69.17	41	28.5	25.5	31.67	9	6.5	15	10.17
9	95.5	96.5	90	94	93.5	95	74	87.5	76	86.5	35.5	66	51	77.5	13.5	47.33
10	99.38	99.13	92	96.83	97	97.88	84	92.96	89	92.25	55	78.75	49.5	67.5	33.5	50.17
11	97.25	99.75	88	95	95	99.25	70	88.08	72	98	22.5	64.17	38.5	91.5	11	47.00
12	96.75	94	85.5	92.08	93.5	86.5	67.5	82.5	65.5	68	12.5	48.67	28	52	9.5	29.83
13	93	93.5	92.5	93	91.5	91	84	88.83	72.5	70	44.5	62.33	38	39	10	29.00
14	94.5	93	89	92.17	89.5	90.5	81	87	64	62	49	58.33	36	40	33.5	36.50
15	81	96.25	97.75	91.67	63	94.75	95	84.25	17.5	83.5	86.5	62.5	4	50	70.5	41.50
16	91	84.5	87.25	87.58	84	77.5	79.5	80.33	68	50	43.5	53.83	40.5	39.5	14	31.33
Promedio general * época de muestreo	93.04				86.98				63.27				40.24			

Fuente: El autor (2015).

Los resultados de eficiencia de control del cuadro anterior, indican que todos los tratamientos evaluados en campo, mostraron excelentes eficiencias de control de malezas a los 30 días después de la aplicación, con un porcentaje por arriba de la eficiencia permisible (80% de efectividad). En el segundo muestreo correspondiente a los 40 días después de la aplicación de herbicida, únicamente el tratamiento 8 (3.5 lt/ha de Pendimetalina 50 SC+ 0.40 lt/ha Espuela 30,4 SL) con un volumen de 150 lt/ha, deja ser eficiente al control de malezas de hoja ancha y angosta. Los valores porcentuales encontrados en el tercer y cuarto muestreo de cobertura de malezas (50 y 60 DDA), demuestran que en esa etapa todos los tratamientos estaban por debajo del 80% de eficacia de control, por lo tanto el periodo de control observado en campo indican que no sobrepasan los 50 días, pero en ese periodo se desconoce la época exacta en cual los tratamientos o mezclas de herbicidas pierden su efecto de control.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la eficiencia de control “Abbott” en cuatro épocas de muestreo.

Fuente de Variación	gl	30 dda				40 dda				50 dda				60 dda			
		SC	CM	Fc	Prob>F	SC	CM	Fc	Prob>F	SC	CM	Fc	Prob>F	SC	CM	Fc	Prob>F
Modelo	17.00	1158.2	68.13	3.03	0.0039	1961.4	115.38	2.55	0.0121	5351.6	314.8	2.19	0.0294	4831.8	284.23	1.84	0.0695
Bloque	2.00	336.51	168.25	7.47	0.0023	869.83	434.92	9.62	0.0006	2861.1	1430.5	9.95	0.0005	2201.1	1100.6	7.14	0.0029
Volumen de Agua	1.00	7.6	7.6	0.34	0.5655	8.94	8.94	0.2	0.6597	37.77	37.77	0.26	0.6119	22.51	22.51	0.15	0.7051
Mezcla de Herbicidas	7.00	663.72	94.82	4.21	0.0024 **	876.94	125.28	2.77	0.024*	1578.4	225.49	1.57	0.183	1823.9	260.56	1.69	0.1493
Vol. de Agua*Mezcla de Herb.	7.00	150.36	21.48	0.95	0.4812	205.7	29.39	0.65	0.7117	874.27	124.9	0.87	0.5418	784.28	112.04	0.73	0.6505
Error Experimental	30.00	675.31	22.51			1356.9	45.23			4311.7	143.72			4624.3	154.14		
Total	47.00	1833.5				3318.3				9663.2				9456.1			
C.V		6.25%				9.58%				22.38%				32.11%			

Fuente: El autor (2015).

En el cuadro cuatro, se encontró que las eficiencias de control a los 30, 40, 50 y 60 días después de la aplicación, demuestran que los dos volúmenes de agua por hectárea del factor “A” utilizados en las mezclas de herbicidas, son eficientes en el control de malezas ya que no se encontraron diferencias estadísticas en el análisis de varianza que demuestre lo contrario.

Los análisis estadísticos indican que se encontraron diferencias estadísticas en dos épocas de muestreo para las mezclas de herbicidas del factor “B” ($^{30\text{dda}}P=0.0024$; $^{40\text{dda}}P=0.024$) y a los 50 y 60 (DDA) no se encontraron diferencias estadísticas, por lo tanto arriba de 50 días todas las mezclas de herbicidas tienen la misma tendencia de respuesta al control de malezas.

No hubo interacción en los dos niveles del factor “A” (volumen de agua) con los ocho niveles del factor “B” (mezclas de herbicidas) en cuatro épocas de muestreo.

Cuadro 5. Pruebas de media para la eficiencia de control "Abbott".

Factor "B" (Mezclas de	% Eficiencia "Abbott" / Epocas de Muestreo			
	30 dda	40 dda	50 dda	60 dda
DMS (Comparador)	8.91	12.63	22.52	23.32
1	95.29 a	89.71 ab	69.29 a	50.75 a
2	95.65 a	91.35 a	71.54 a	45.33 a
3	94.79 a	89.6 a	68.13 a	53 a
4	93.5 a	85.58 ab	58 a	37.75 a
5	94.75 a	91.38 a	70.67 a	36.67 a
6	93.21 ab	86.92 ab	60.75 a	35.92 a
7	93.38 a	86.54 ab	65.04 a	41.75 a
8	83.79 b	74.75 b	42.75 a	20.75 a
<i>Media general</i>	<i>93.04</i>	<i>86.98</i>	<i>63.27</i>	<i>40.24</i>

Comparación de Medias Tukey al 5%
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente. El autor (2015).

En el cuadro cinco, las pruebas múltiples de media Tukey al 5%, 30 días después de la aplicación, demuestran que las mezclas de herbicidas B1 a B7 son iguales estadísticamente, únicamente la mezcla de herbicida B8 (3.5 lt/ha de Pendimentalina 50 SC+ 0.40 lt/ha de Espuela 30,4 SL) no mostro ser tan eficiente en comparación a las demás mezclas, aunque el valor promedio es aceptado ya que se encuentra por arriba del porcentaje permisible de control (80 % de eficiencia). Los resultados obtenidos a los 40 días después de la aplicación, demuestran que las mezclas de herbicidas B1 a B7, estadísticamente tienen igual efecto de control, solo la mezcla B8 tiende a reducir drásticamente su efectividad debido a la baja residualidad que tiene la mezcla de herbicida. Por último encontramos que a los 50 y 60 días después de la aplicación, todas las mezclas de herbicidas son iguales estadísticamente con valores muy bajos al parámetro establecido (80% de eficiencia), por lo tanto en esa etapa ya no es rentable mantener esa presión de malezas ya crea competencia al cultivo.

Días control

Cuadro 6. Ecuaciones polinómicas para encontrar los días control de cada mezcla de herbicidas.

Factor "B" (Mezcla de Herb.)	Descripción de las Mezclas de Herbicidas	Dosis/ha	Ecuación
1	Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR1)	0.20 + 3.25 + 4 + 1 lt	$y = 0.032x^2 - 1.375$
2	Prowl H ₂ O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC+Weedmaster 46,5 SL (TR2)	4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt	$y = 0.054x^2 - 3.223$
3	Harness 90 EC + Pledge 51 WG	4 lt + 0.20 kg	$y = 0.024x^2 - 0.767$
4	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.15 lt + 2 lt	$y = 0.030x^2 - 0.826$
5	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.20 lt + 2 lt	$y = 0.076x^2 - 4.941$
6	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.15 lt + 1.40 kg	$y = 0.046x^2 - 2.191$
7	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.20 lt + 1.40 kg	$y = 0.041x^2 - 1.939$
8	Pendimentalina 50 SC + Espuela 30,4 SL	3.5 lt + 0.40 lt	$y = 0.032x^2 - 0.704$

Fuente: El autor (2015).

Utilizando modelos de regresión, se obtuvieron ecuaciones polinómicas (cuadro seis), con el propósito de encontrar los días control que poseen cada una de las mezclas de herbicidas. Los resultados se obtuvieron utilizando un máximo de 20% de cobertura de maleza en campo el cual es equivalente a un 80% de eficiencia de control.

El parámetro para evaluar el potencial de control de cada una de las mezclas de herbicidas fue de 45 días, periodo en el cual los herbicidas deben de ejercer un control del 80%, dejando un 20% de cobertura de malezas en campo el cual debe suprimirse utilizando implementos agrícolas en la labor de fercultivo.

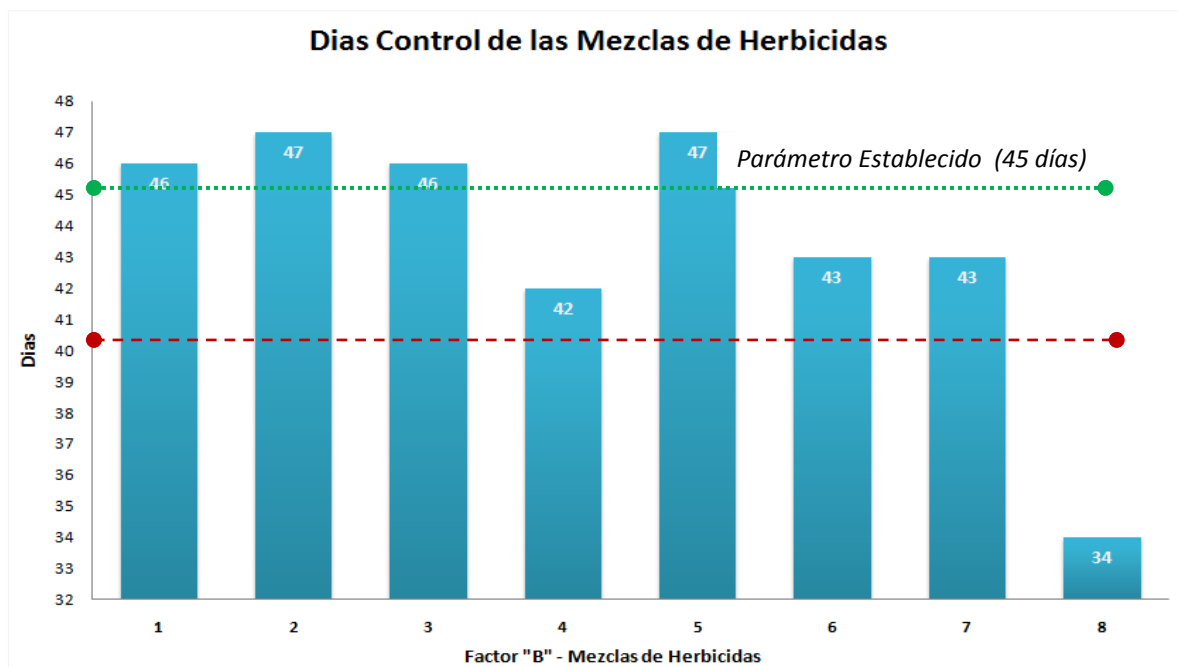


Figura 16. Días control de las mezclas de herbicidas.

Fuente: El autor (2015).

En la figura 16, se puede observar que las mezclas B1, B2, B3 y B5, mostraron un efecto de control eficiente por arriba de los 45 días, resultados muy satisfactorios para la época de invierno en el cual fue establecido la investigación, pero resultados obtenidos por Martínez et. Al (2013), por Solórzano (2011) y por Quan (2015), lograron obtener en sus investigaciones valores que van de 44 hasta 120 días control utilizando las mismas moléculas, los resultados de esta investigación en Finca Tululá, se encuentran en el límite inferior de los días control obtenidos por otros investigadores mencionados anteriormente.

Con estas respuestas hace resaltar que estas mezclas de herbicidas cumplen con el parámetro de control mínimo de 45 días de control el cual se establece en esta investigación. Las mezclas que oscilan entre 42 y 43 días control fueron B1, B6 y B7 respectivamente, por último se encontró la mezcla B8 con 34 días control, es valor se consideró como uno de los más bajos el cual queda totalmente descartado como alternativa de control.

Costo por día control

En el cuadro siete, se observan los costos totales por hectárea de cada una de las mezclas de herbicidas y los costos por día control.

Cuadro 7. Descripción de los costos totales por hectárea y costos por días control de las mezclas de herbicidas.

Factor "B" (Mezcla de Herb.)	Descripción de las Mezclas de Herbicidas	Dosis/ha	CostoTotal*ha	Costo Dia Control
1	Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL	0.20 + 3.25 + 4 + 1 lt	\$80.97	\$1.76
2	Prowl H ₂ O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC+Weedmaster 46,5 SL	4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt	\$65.05	\$1.38
3	Harness 90 EC + Pledge 51 WG	4 lt + 0.20 kg	\$63.12	\$1.37
4	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.15 lt + 2 lt	\$83.91	\$2.00
5	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.20 lt + 2 lt	\$95.88	\$2.04
6	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.15 lt + 1.40 kg	\$68.11	\$1.58
7	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.20 lt + 1.40 kg	\$80.08	\$1.86
8	Pendimentalina 50 SC + Espuela 30,4 SL	3.5 lt + 0.40 lt	\$26.94	\$0.79

Fuente: El autor (2015).

El cuadro anterior indica que las mezclas que están por arriba de \$2.00 de costo por día control y considerados como los más caros, están las mezclas B4 y B5. Las mezclas de herbicidas >1\$<2\$ por día control se encuentran las mezclas B1, B2, B3, B6 y B7 y finalmente los costos que están por debajo de 1\$ es la mezcla B8, los costos por día control de la última mezcla no se debe a los días de control, se debe básicamente por que el costo total de la mezcla es muy barata.

Fitotoxicidad

▪ Muestreo de Clorofila

Cuadro 8. Unidades relativas de clorofila a los 30 días después de la aplicación.

Tratamiento	RI	RII	RIII	Promedio (UR Clorofila)
1	46.4	45.8	45.2	45.83
2	45.9	46.7	46.6	46.4
3	45.1	45.9	48.8	46.59
4	47.7	47.6	46.6	47.28
5	48.1	47.1	46.8	47.3
6	45.7	46.7	45.1	45.82
7	47.1	44.8	47.7	46.51
8	45.3	45.1	46.5	46
9	46.9	46.1	49.4	47
10	46.4	44.1	48.6	46.37
11	47.2	47	48.7	48
12	45.4	44.6	48.3	46.09
13	47.8	44.9	48.6	47
14	48.0	44.6	49.4	47.29
15	46.8	46.6	46.9	46.78
16	46.1	46.6	47.1	46.62
Promedio general				46.7

Fuente: El autor (2015)

En el cuadro ocho, se pueden observar los valores obtenidos de clorofila del tejido foliar para evaluar el efecto nocivo de las mezclas de herbicidas pre-emergentes, donde los valores promedios de 3 repeticiones establecen un valor mínimo de 45.83, un máximo de 48, una media de 46.7, una desviación estándar de ± 0.60 y un coeficiente de variación de 1.28 unidades relativas de clorofila entre todos los tratamientos evaluados.

La desviación de los datos obtenidos a partir de la media indica que los valores obtenidos del muestreo de clorofila tienden a ser muy estables en 16 tratamientos evaluados, por lo tanto esto hace que la variabilidad de los datos sea menor.

Cuadro 9. Análisis de varianza para las unidades relativas de clorofila del tejido foliar.

Fuente de Variación	gl	SC	CM	Fc	Prob>F
Modelo	17	38.77	2.28	1.63	0.1167
Bloque	2	21.06	10.53	7.55	0.0022
Volumen de Agua	1	2.88	2.88	2.06	0.1615
Mezcla de Herbicidas	7	5.24	0.75	0.54	0.7996
Vol. de Agua*Mezcla de Herb.	7	9.58	1.37	0.98	0.4631
Error Experimental	30	41.87	1.4		
Total	47	80.64			

C.V: 2.53%

Fuente: El autor (2015).

En el análisis de varianza del cuadro nueve, establece que no se encontraron diferencias estadísticas a los 30 días después de la aplicación.

En las unidades relativas de clorofila para los dos factores en estudio no se encontraron diferencias estadísticas que confirme una reducción en el contenido de nitrógeno en el tejido foliar, donde el volumen de agua del factor "A" indica una probabilidad de ($P=0.1615$) y las mezclas de herbicidas del factor "B" establecen que ($P=0.7996$), por último encontramos que no hubo interacción entre los dos factores ($P=0.4631$).

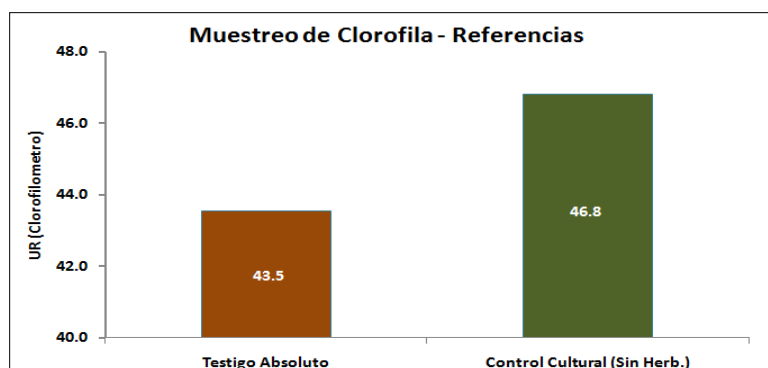


Figura 17. Unidades relativas de clorofila en la hoja 3 (TVD+1).

Fuente: El autor (2015).

En las parcelas de referencias establecidas en el ensayo (figura 17), se encontró que la media en tres repeticiones, las unidades relativas de clorofila para la parcela control cultural (sin herbicida) es de 46.80, esto indica que únicamente 0.10 unidades de clorofilas están por arriba de los tratamientos con herbicidas, así mismo para el Testigo Absoluto (sin control), se encontró un valor promedio de 43.50 unidades de clorofila, dato con una diferencia de 3.2 unidades de clorofila por debajo de los tratamientos con herbicidas. Los resultados obtenidos para esta variable indica que al comparar las mezclas de herbicidas con la parcela control cultural (sin herbicida) no existe efecto fitotóxico de los herbicidas que reduzca significativamente la clorofila en el tejido foliar del cultivo de caña de azúcar en el mes de Agosto y Septiembre, los efectos no se mostraron por tres siguientes razones: aumento de la precipitación, época temprana de aplicación y por la formación de nuevas hojas del meristemo apical de la planta en la etapa fenológica inicial del cultivo.

▪ **Variables de desarrollo - Altura de Tallos**

Cuadro 10. Alturas de tallos obtenidos en dos épocas de muestreo.

Tratamiento	30 dda				60 dda			
	RI	RII	RIII	Promedio Altura (cm)	RI	RII	RIII	Promedio Altura (cm)
1	21.9	21.4	23.6	22.3	69.4	75.9	70.7	72
2	21.6	23.0	19.6	21.4	71.5	65.3	66.5	67.8
3	18.4	20.5	21.7	20.2	66.1	67.3	73.4	68.9
4	20.9	21.4	24.8	22.4	71.6	65.2	69.6	68.8
5	21.7	21.2	18.8	20.6	70.4	64.4	64.6	66.5
6	21.5	23.1	21.7	22.1	76.2	74.1	70.4	73.6
7	22.2	19.6	22.8	21.5	73.4	68.3	73.7	71.8
8	23.8	21.9	23.3	23	82.9	68.7	72.2	74.6
9	19.2	18.8	21.1	19.7	64.2	67.5	68.6	66.8
10	20.3	20.5	21.1	20.6	62.6	71.0	78.7	70.8
11	17.5	22.4	20.6	20.2	66.8	66.9	67.5	67.1
12	20.5	22.0	21.3	21.3	63.3	67.1	68.2	66.2
13	20.8	21.2	21.2	21	72.3	65.7	64.8	67.6
14	21.9	21.3	24.8	22.7	69.8	71.8	78.0	73.2
15	21.5	22.9	21.3	21.9	74.1	68.0	67.9	70
16	22.4	23.2	23.4	23	69.9	77.3	70.6	72.6
Promedio general*epoca de muestreo				21.5				69.9

Fuente: El autor (2015).

En cuanto a los valores obtenidos de la altura de tallos (cuadro 10) a los 30 días después de la aplicación, encontramos en tres repeticiones (bloques) una media general de todos los tratamientos de 21.5 cm de altura, un valor mínimo de 19.7 cm, un máximo de 23 cm, una desviación estándar de ± 1.05 cm de la media y un coeficiente de variación del 4.88%. Los valores obtenidos de la razón altura de tallos a los 60 días después de la aplicación, fueron muy similares entre todos los tratamientos, con una media general de 69.9 cm, un mínimo de 66.2 cm, un máximo de 74.6 cm, una desviación estándar de ± 2.79 cm y una variación de datos de 3.99%.

Con los valores obtenidos anteriormente para cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, aun no se puede encontrar la respuesta a posibles efectos nocivos de los herbicidas al cultivo, únicamente crea una tendencia subjetiva de lo que se pretende encontrar, para ello es necesario un análisis de varianza que sirve de soporte a estos datos muy generales de campo.

Cuadro 11. Análisis de varianza para las alturas de tallos en dos épocas de muestreo.

Fuente de Variación	gl	30 dda				60 dda			
		SC	CM	Fc	Prob>F	SC	CM	Fc	Prob>F
Modelo	17.00	56.07	3.3	1.77	0.0828	370.85	21.81	1.23	0.2991
Bloque	2.00	7.49	3.74	2.01	0.1512	17.45	8.73	0.49	0.6155
Volumen de Agua	1.00	1.74	1.74	0.94	0.3405	17.76	17.76	1	0.3243
Mezcla de Herbicidas	7.00	34.96	4.99	2.69	0.0276 *	270.46	38.64	2.18	0.0645
Vol. de Agua*Mezcla de Herb.	7.00	11.88	1.7	0.91	0.5104	65.17	9.31	0.53	0.8075
Error Experimental	30.00	55.78	1.86			530.66	17.69		
Total	47.00	111.85				901.51			
C.V				6.35%				6.02%	

Fuente: El autor (2015).

En el cuadro anterior se puede observar que únicamente se encontró diferencias estadísticas significativas a los 30 días después de la aplicación para las mezclas de herbicidas en la altura de tallos ($P=0.0276$), a los 60 días después de la aplicación no se encontraron diferencias estadísticas en el volumen, ni en las mezclas y mucho menos hubo interacciones en ambos factores.

Cuadro 12. Pruebas múltiples de medias para la variable altura a los 30 (DDA).

Factor "B" (Mezcla de Herb.)	Descripción de las Mezclas de Herbicidas	Dosis/ha	Medias Altura (cm)
DMS (Comparador)			2.56
8	Pendimentalina 50 SC + Espuela 30,4 SL	3.5 lt + 0.40 lt	22.98 a
6	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.15 lt + 1.40 kg	22.38 ab
4	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.15 lt + 2 lt	21.81 ab
7	Alion 50 SC + Crash 70 WP	0.20 lt + 1.40 kg	21.70 ab
2	Prowl H ₂ O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR1)	4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt	21.00 ab
1	Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL (TR 2)	0.20 + 3.25 + 4 + 1 lt	20.99 ab
5	Alion 50 SC + Sencor 48 SC	0.20 lt + 2 lt	20.80 ab
3	Harness 90 EC + Pledge 51 WG	4 lt + 0.20 kg	20.18 b

Comparación de Medias Tukey al 5%

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

Fuente: El autor (2015).

En las pruebas múltiples de medias TUKEY al 5% para la variable altura (cuadro 12), demuestra que a los 30 días después de la aplicación, únicamente la mezcla de herbicida B3 (4 lt/ha de Harness 90 EC + 0.20 Kg/ha de Pledge 51 WG) es el que mostro un efecto en la reducción de las alturas de tallos, pero 30 días después del primer muestreo (60 DDA), tanto el factor “A” y “B” y sus posibles interacciones planteadas, resulto que en ninguno de ellos hubo diferencias estadísticas que validara la permanencia de la reducción de altura de tallos en la mezcla B3.

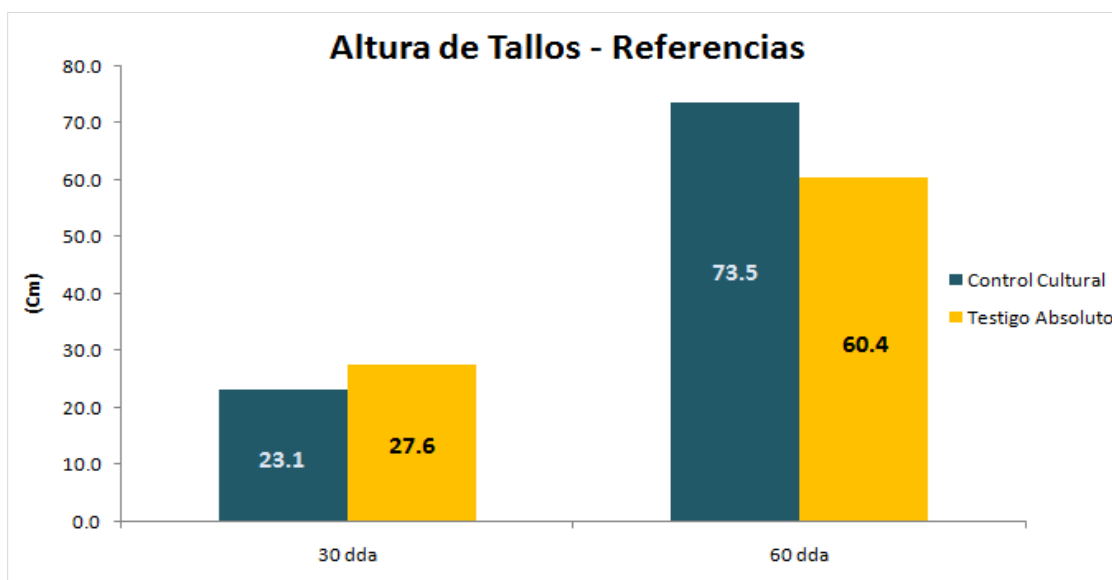


Figura 18. Alturas de tallos de las parcelas de referencias en dos épocas de muestreo.
Fuente: El autor (2015).

Si comparamos la media general de las alturas de tallos a los 30 (DDA), en las parcelas de referencia contra las mezclas de herbicidas (figura 18), hubo un incremento de 1.60 cm a favor de la parcela control cultural (sin herbicida), pero si analizamos en la misma época y comparamos las medias del testigo absoluto con las mezclas de herbicidas, encontramos un valor significativo de 6.10 cm de altura a favor del Testigo Absoluto. También es importante resaltar que a los 60 después de la aplicación, al comparar las alturas de tallos de las parcelas de referencia contra las mezclas de herbicidas, hubo una diferencia de 3.60 cm a favor de la parcela control cultural y una disminución de 9.50 cm en la altura en la parcela testigo absoluto.

Las diferencias mínimas encontradas en las alturas de los tallos en las mezclas de herbicidas en comparación con la parcela control cultural, indican que la tendencia a un posible efecto nocivo por los herbicidas no existe.

En la parcela testigo absoluto con una presión total de malezas por 45 días después de la siembra, no tuvo la capacidad de disminuir la altura de los tallos, esto efecto se debe a que únicamente los tallos sobresalientes de la cobertura total de malezas encontraron un óptimo desarrollo por la retención de humedad del suelo creada por la misma sombra de las malezas.

▪ **Variables de desarrollo - Población de Total Tallos**

Cuadro 13. Población total de tallos en dos épocas de muestreo.

Tratamiento	30 dda				60 dda			
	RI	RII	RIII	Promedio Población Total	RI	RII	RIII	Promedio Población Total
1	32	25	25	27	43	48	39	43
2	26	30	27	28	40	49	48	46
3	26	31	29	29	48	46	44	46
4	25	30	29	28	38	44	49	44
5	29	29	24	27	42	44	51	46
6	31	35	24	30	44	48	43	45
7	24	28	29	27	43	47	45	45
8	30	26	24	26	40	38	50	43
9	27	28	34	30	43	45	50	46
10	29	31	28	29	47	44	47	46
11	27	33	27	29	42	56	47	48
12	25	29	32	29	37	51	54	47
13	29	32	23	28	44	46	42	44
14	26	33	35	31	41	40	46	42
15	29	29	35	31	40	51	50	47
16	28	27	23	26	38	46	42	42
Promedio general*epoca de muestreo				29				45

Fuente: El autor (2015).

Para el cuadro 13, la población total de tallos a los 30 días después de la aplicación, los valores absolutos obtenidos demuestran que la media general es de 29 tallos, un mínimo de 26 tallos, un máximo de 31, una desviación de ± 1.59 de la media y un coeficiente de variación de 5.48%. Los datos obtenidos a los 60 días para la misma variable, reflejan una media de 45 tallos, un mínimo de 42 tallos, un máximo de 48 tallos, un desviación de datos de ± 1.82 y un coeficiente de variación de 4.04%.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la población total de tallos en dos épocas de muestreo.

Fuente de Variación	gl	30 dda				60 dda			
		SC	CM	Fc	Prob>F	SC	CM	Fc	Prob>F
<i>Modelo</i>	17.00	1.2	0.07	0.73	0.7509	2.12	0.12	1.36	0.2244
<i>Bloque</i>	2.00	0.34	0.17	1.76	0.1886	1.3	0.65	7.06	0.0031
<i>Volumen de Agua</i>	1.00	0.16	0.16	1.68	0.2045	0.03	0.03	0.37	0.5465
<i>Mezcla de Herbicidas</i>	7.00	0.51	0.07	0.76	0.6272	0.52	0.07	0.81	0.5889
<i>Vol. de Agua*Mezcla de Herb.</i>	7.00	0.18	0.03	0.27	0.9613	0.27	0.04	0.43	0.8778
<i>Error Experimental</i>	30.00	2.91	0.1			2.75	0.09		
<i>Total</i>	47.00	4.12				4.87			
C.V				5.77%				4.47%	

Fuente: El autor (2015).

En los registros de desarrollo a los 30 días después de la aplicación (cuadro 14), el análisis de varianza (ANDEVA) indica que ambos volúmenes de agua del factor “A” son iguales estadísticamente en los datos de población total de tallos por metro lineal ($P=0.2045$), en las mezclas de herbicidas del factor “B” el análisis de varianza refleja que son iguales ($P=0.6272$), no se encontraron diferencias estadísticas en la interacción de los dos factores evaluados ($P=0.9613$). Analizando la misma variable a los 60 días después de la aplicación, no se encontraron diferencias estadísticas en el factor “A” ($P=0.5455$), tampoco en las mezclas de herbicidas del factor “B” ($P=0.5889$) y mucho menos existió interacción en ambos factores evaluados ($P=0.8778$). Analizando cada uno de los factores y sus interacciones para la población total de tallos, encontramos que no existe un efecto detrimental que reduzca la población total de tallos en la época temprana del cultivo.

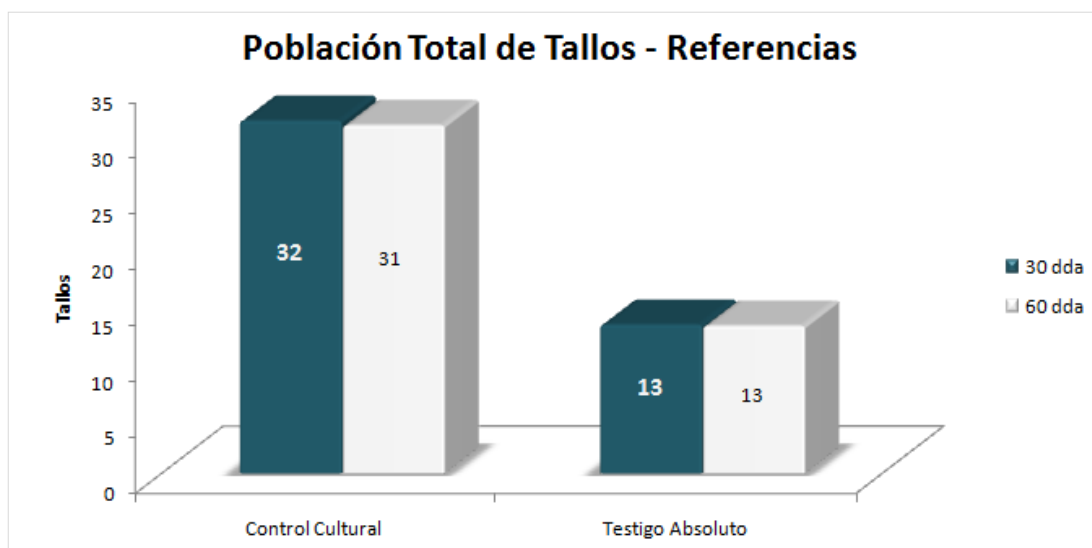


Figura19. Población total de tallos por metro lineal en dos épocas de muestreo. Fuente: El autor (2015).

En la figura 19, se muestra el total de tallos por metro lineal en dos épocas de muestreo, esto sirvió para compararlos con las mezclas de herbicidas aplicados encada una de las parcelas de referencia. Los resultados indican que a los 30 días después de haberse aplicado los herbicidas, encontramos una diferencia mínima de 3 tallos a favor de la parcela control cultural (sin herbicida) por arriba de las mezclas de herbicidas y existen 16 tallos de las mezclas de herbicidas por arriba de la parcela testigo absoluto, pero el análisis a los 60 días indica que la tendencia de tallos a favor de la parcela control cultural tiene 14 tallos por arriba de las mezclas de herbicidas y por último podemos determinar que hay una diferencia muy grande de 32 tallos de las mezclas de herbicidas por arriba del testigo absoluto (sin control). Analizando esta variable, el total de tallos de cada unidad experimental en las dos épocas de muestreo, encontramos menos tallos en las mezclas de herbicidas en comparación con la parcela control cultural, pero el impacto más fuerte se puede ver en la parcela testigo absoluto debido a la alta competencia de la maleza con el cultivo, siendo más dominante la maleza por la interferencia temprana de la plantación.

Los datos anteriores no son los que establecen si habrá o no perdidas en la producción debido a que gran parte de estos tallos no llegaran a la molienda

(tallos viables a cosecha) por la sencilla razón de competencia masiva que existe por sí mismo, por lo tanto fue necesario hacer una selección de tallos con buen potencial a la molienda a los 60 (DDA) que confirme o no el efecto nocivo de los herbicidas en la plantación de caña de azúcar.

▪ **Variables de desarrollo - Población de Tallos Viables a Cosecha**

Cuadro15. Valores de tallos viables a cosecha a los 60 días

Tratamiento	RI	RII	RIII	Promedio Tallos Viables a Cosecha
1	15	17	14	15
2	14	18	16	16
3	16	16	16	16
4	14	16	16	15
5	16	15	17	16
6	16	17	17	16
7	13	17	15	15
8	13	15	18	15
9	17	14	18	16
10	15	16	18	16
11	14	19	17	17
12	12	16	19	16
13	16	15	16	16
14	15	15	15	15
15	13	18	19	17
16	14	15	15	15
Promedio general*epoca de muestreo				16

Fuente: El autor (2015).

Utilizando la media aritmética de 3 repeticiones (cuadro 15), se encontraron datos muy similares en la población de tallos con tendencia a la molienda, esta variable de medición se utilizó con el objetivo poder evidenciar los efectos nocivos de los herbicidas.

Cuadro 16. Análisis de varianza para los tallos viables a cosecha a los 60 (DDA).

Fuente de Variación	gl	SC	CM	Fc	Prob>F
<i>Modelo</i>	17.00	0.84	0.05	1.35	0.2284
<i>Bloque</i>	2.00	0.58	0.29	7.84	0.0018
<i>Volumen de Agua</i>	1.00	4.0E-03	4.0E-03	0.11	0.7425
<i>Mezcla de Herbicidas</i>	7.00	0.11	0.02	0.41	0.8889
<i>Vol. de Agua*Mezcla de Herb.</i>	7.00	0.16	0.02	0.62	0.7355
<i>Error Experimental</i>	30.00	1.1	0.04		
<i>Total</i>	47.00	1.94			
C.V				4.68%	

Fuente: El autor (2015).

Los resultados del análisis de varianza del cuadro 16, indica que no existe diferencia estadística en el volumen de agua ($P=0.7425$), todas las mezclas son iguales estadísticamente ($P=0.8889$) y por ultimo encontramos que no existe interacción para ambos factores. Con base a este análisis estadístico encontramos que la población de tallos viables para la molienda (cosecha) no fue afectada por los herbicidas debido a que la población encontrada en esta variable es igual a la parcela de referencia identificada como control cultural (sin herbicida).

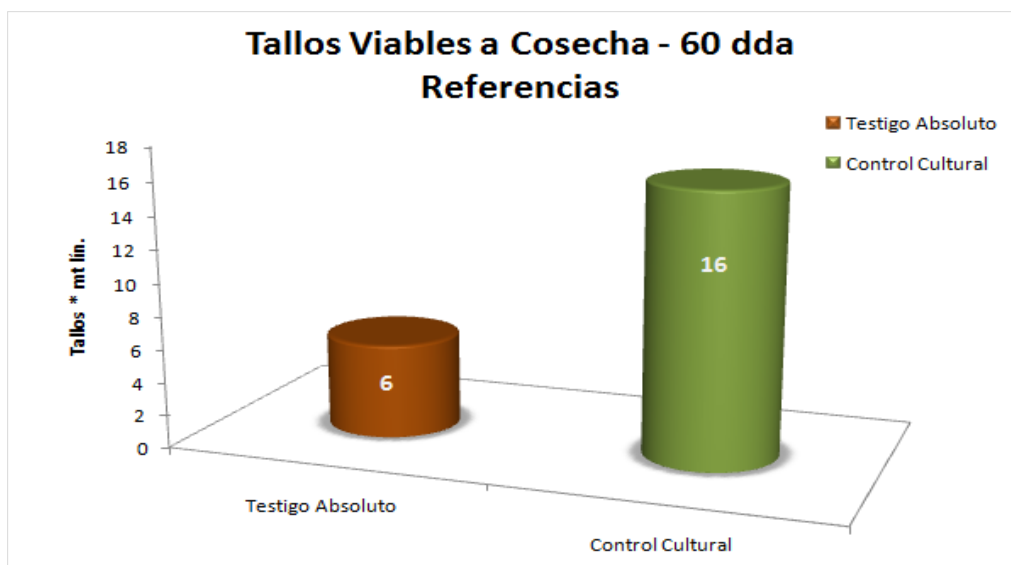


Figura 20. Población de tallos viables a cosecha de las parcelas de referencias.

Fuente: El autor (2015).

En la figura 20, se demuestra que al no ejercer algún tipo de control a las malezas, la población de tallos viables a cosecha se ve afectado, lo que se pierde por no controlar la maleza contra el control cultural es de 10 tallos, pero si comparamos los controles culturales con las mezclas de herbicidas, encontramos que no hay diferencias y por lo tanto no hay disminución de los tallos por posibles daños de los herbicidas ya que el cultivo de caña de azúcar en la etapa de iniciación tiene una capacidad alta de compensación de brotes.

X. CONCLUSIONES

En cuatro épocas de muestreo se demostró que los volúmenes de agua del factor “A” utilizados en los herbicidas, tienen igual respuesta estadística en el control de malezas.

Las mezclas de herbicidas del B1 al B7 demostraron ser muy eficientes en regular la cobertura de malezas en un 80% a los 30 dda, en excepción a la mezcla B8 y a partir de todas de los 50 y 60 (DDA), todas las mezclas de herbicidas dejaron de ser eficientes en el control de malezas.

Las mezclas de herbicidas que están por arriba de los 45 días control, con una cobertura de malezas del 20% (80% de eficacia Abbott) son: **B1** (Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL “TR1”; Dosis/ha= 0.20 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt), **B2** (Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL “TR2”; Dosis/ha= 4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt), **B3** (Harness 90 EC + Pledge 51 WG; Dosis/ha= 4 lt + 0.20 kg) y **B5** (Alion 50 SC + Sencor 48 SC; Dosis/ha= 0.20 lt + 2 lt).

Las mezclas más caras en cuanto a los costos por día control está el **B4**; (Alion 50 SC + Sencor 48 SC; Dosis/ha= 0.15 lt + 2 lt) y **B5**; (Alion 50 SC + Sencor 48 SC; Dosis/ha= 0.20 lt + 2 lt) y el resto de las mezclas sin incluir el B8, tienen costos similares a las dos mezclas comerciales utilizados en el Ingenio (B1 y B2).

Las mezclas de herbicidas aplicados en pre-emergencia a los 15 días después de la siembra, no afectaron los niveles de clorofila en el tejido foliar del cultivo evaluado a los 30 (DDA).

Únicamente la mezcla B3 (Harness 90 EC + Pledge 51 WG; Dosis/ha= 4 lt + 0.20 kg) tuvo la capacidad de reducir a pequeña escala la altura de los tallos a los 30 (DDA), pero 30 días después del primer muestreo (60 DDA) el efecto desaparece.

El muestreo realizado a los 60 (DDA) demuestra que la altura de tallos no ve afectado por la aplicación de herbicidas, únicamente la parcela Testigo Absoluto (sin control) muestra una reducción significativa en la altura.

¹Los resultados finales obtenidos a los 60 (DDA) indican que la población de tallos totales no se ven afectados por la aplicación de las mezclas de herbicidas, solo la parcela Testigo Absoluto tuvo una reducción sustancial de tallos.

²No se encontró una disminución de tallos viables a cosecha por aplicar herbicidas pre-emergentes, únicamente en la parcela Testigo Absoluto se redujo drásticamente la población de tallos por la alta presión de malezas existentes al momento del muestreo (45 DDS).

¹ DDA: Días Después de la Aplicación

² DDS: Días Después de la Siembra

XI. RECOMENDACIONES

Utilizar el volumen de 150 litros por hectárea para las mezclas de herbicidas con el fin de minimizar el uso del agua y poder reducir los costos de aplicación.

Seguir utilizando las mezclas comerciales **B1**(Alion 50 SC + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC + Weedmaster 46,5 SL; Dosis/ha= 0.20 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt) y **B2** (Prowl H2O + Ametrina 50 SC + Igual 50 SC+ Weedmaster 46,5 SL; Dosis/ha= 4 lt + 3.25 lt + 4 lt + 1 lt), también es necesario promover el uso la mezcla **B3**;(Harness 90 EC + Pledge 51 WG; dosis=4 lt + 0.20 kg)y la mezcla **B5** (Alion 50 SC + Sencor 48 SC; dosis/ha= 0.20 lt + 2 lt) para algunas áreas bajo condiciones muy similares, esto es con el objetivo de sustituir una de las mezclas de herbicidas comerciales descartando el uso del 2,4-D debido a las restricciones futuras en el país.

Si se considera el aspecto económico de las mezclas, la mejor alternativa es utilizar la mezcla de herbicida 3; Harness 90 EC + Pledge 51 WG (dosis= 4 lt + 0.20 kg) para áreas con altos bancos de semillas de malezas.

Para la mezcla 3, de preferencia ejecutarlo en total pre-emergencia para no tener quemaduras del follaje principalmente por el herbicida Pledge 51 WG.

Validar las mismas moléculas de esta investigación bajo diferentes condiciones y velar que se haga bajo un diseño experimental para obtener buenos resultados de campo.

Continuar con las evaluaciones con nuevas formulaciones de herbicidas disponibles en el mercado, con el objetivo de encontrar y poner en práctica las mejores alternativas de control de las malezas.

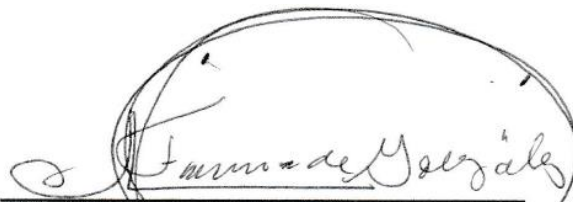
Se recomienda llevar esta investigación hasta cosecha para poder confirmar o descartar posibles efectos nocivos de los herbicidas a la plantación comparándolo con la parcela con control cultural (sin herbicida) y también se sugiere determinar el impacto que tiene en la producción final al dejar de controlar las malezas.

XII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala). (2014). *Economía y Estadística de Producción de Azúcar*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de <http://www.azucar.com.gt/economia.html>
2. Castro, O. (Agosto de 2015). *Expectativas del ENSO y el Clima 2015 de la Zona Cañera Guatemalteca*. Diplomado en Ingeniería Cañera. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, GT.: CENGICAÑA. Documento en PDF.
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (1996). *Estudio Semidetallado de Suelos de Sur de la Zona Cañera de Guatemala*. (2ª edición). Guatemala, GT.:
4. Cristoffoleti, P. (2013). *Características físico-químicas de los herbicidas. Seminario de MIP, Malezas y Madurantes*. Santa Lucia Cotzumalguapa, GT.: CENGICAÑA. Documento en PDF.
5. Espinoza, G. & Morales, J. (2009). *Catálogo de Herbicidas*. Escuintla, GT.: CENGICAÑA.
6. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2014). *El Cultivo de Caña de Azúcar en Guatemala*. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala, GT.: Artemis Edinter, S.A.
7. Garita, I. (2010). *Modo de acción de los herbicidas usados en caña de azúcar*. Congreso ATALAC, Investigación y Desarrollo Duwest. Costa Rica. Documento PPT.

8. Martínez, C.; Espinoza, G. & López K. (2013). *Evaluación de herbicidas pre-emergentes para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.), Ingenio La UNION, S.A. En la Costa Sur de Guatemala*. Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2012-2013. Guatemala, GT.: CENGICAÑA.
9. Matteucci, S. & Colma, A. (Enero 1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina, Arg.: Disponible en PDF.
10. Mostacedo, B. & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, BO.: Disponible en PDF.
11. Quan, M. (2015). *Eficacia de Flumioxazin en combinación con Acetoclor en el control pre-emergente de malezas en el cultivo de Caña de Azúcar (S. officinarum), en Finca Felicidad. Ingenio Tzulá. San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, GT.:*
12. Rosales, E. & Esqueda, V. (Julio de 2015). *Clasificación y uso de los Herbicidas por su modo de acción*. Escuintla, GT.:
13. Solórzano, E. (Noviembre de 2011). *Evaluación del efecto del herbicida pre-emergente indaziflam para el control de malezas en caña de azúcar Saccharum spp., plantía, en época de lluvia, Diagnóstico y Servicios realizados en la Finca la Flor, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala C.A. (Tesis Inédita de Agronomía) USAC. Facultad de Agronomía. Guatemala, GT.: Documento en PDF.*

14. Subiros Ruiz, F. (2000). El cultivo de Caña de Azúcar. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica, CR.:
15. Orozco, H.; Casto, O. & Buc, R. (2015). Censo de variedades de Caña de Azúcar en Guatemala, zafra 2014-15. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, GT.: CENGICAÑA. Disponible en PDF.


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



XIII. ANEXOS

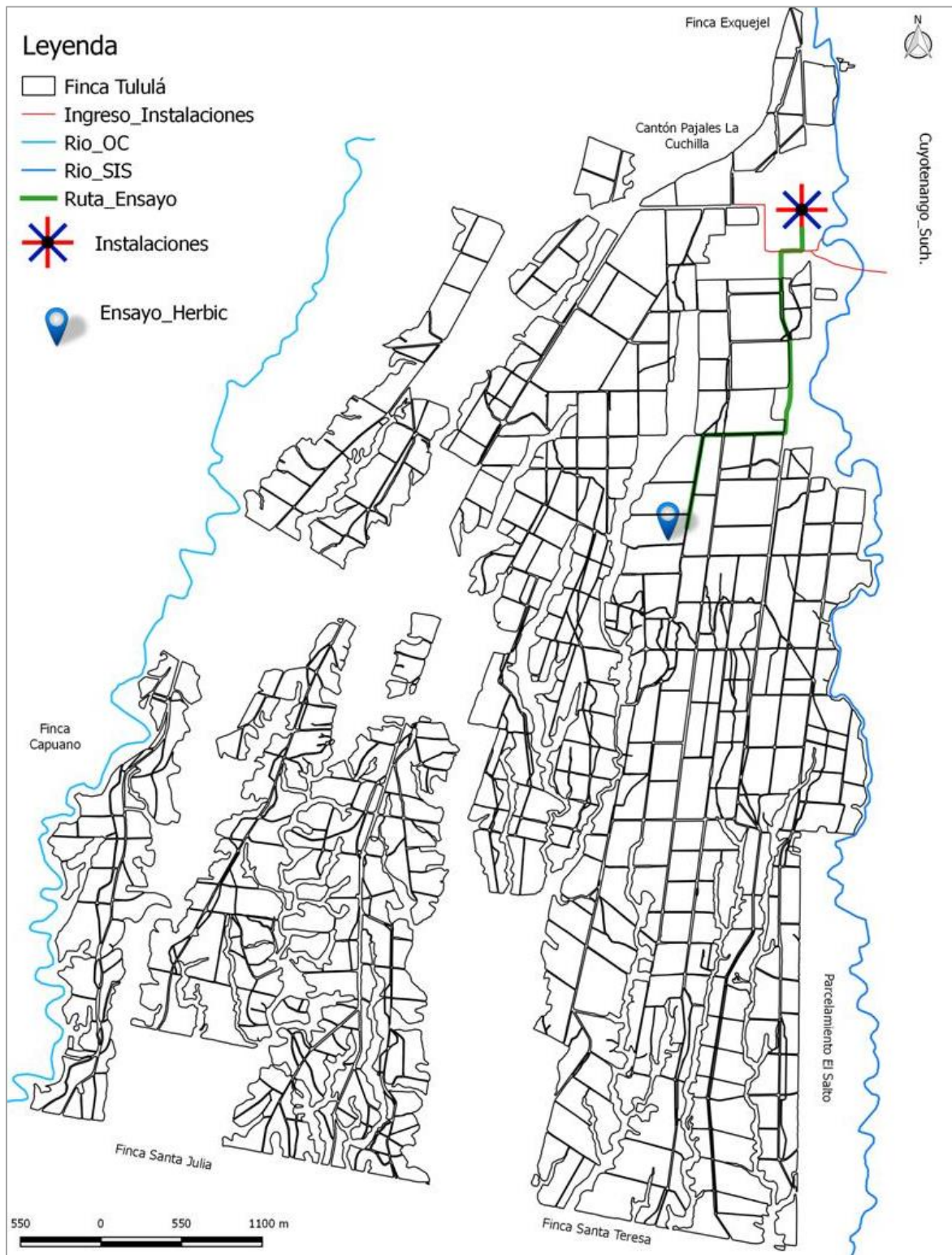


Figura 21. Mapa de Finca Tululá. Localización del ensayo y sus colindancias. Fuente: Ingenio Tululá. Ingeniería Agrícola (2015).

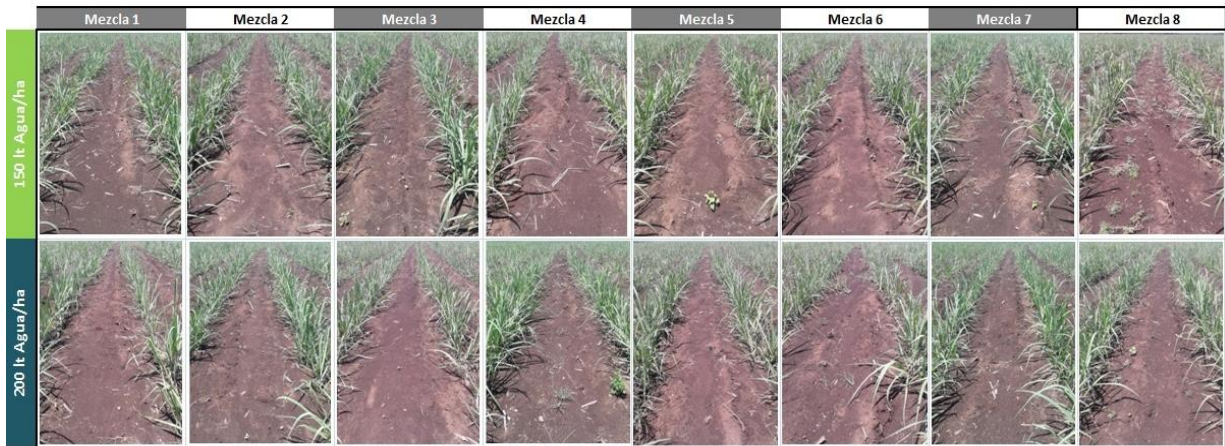


Figura 22. Cobertura de malezas a los 30 días después de la aplicación.
Fuente: El autor (2015).

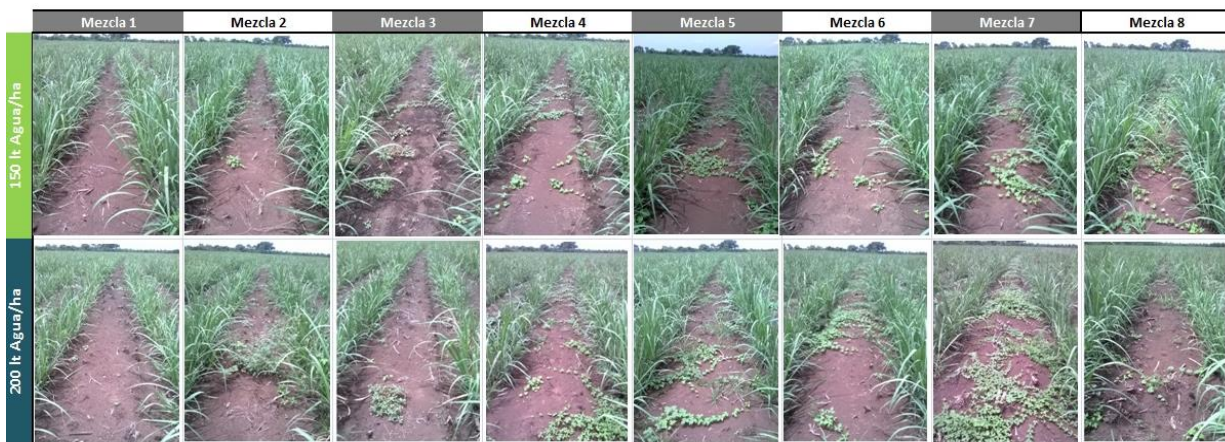


Figura 23. Cobertura de malezas a los 40 días después de la aplicación.
Fuente: El autor (2015).

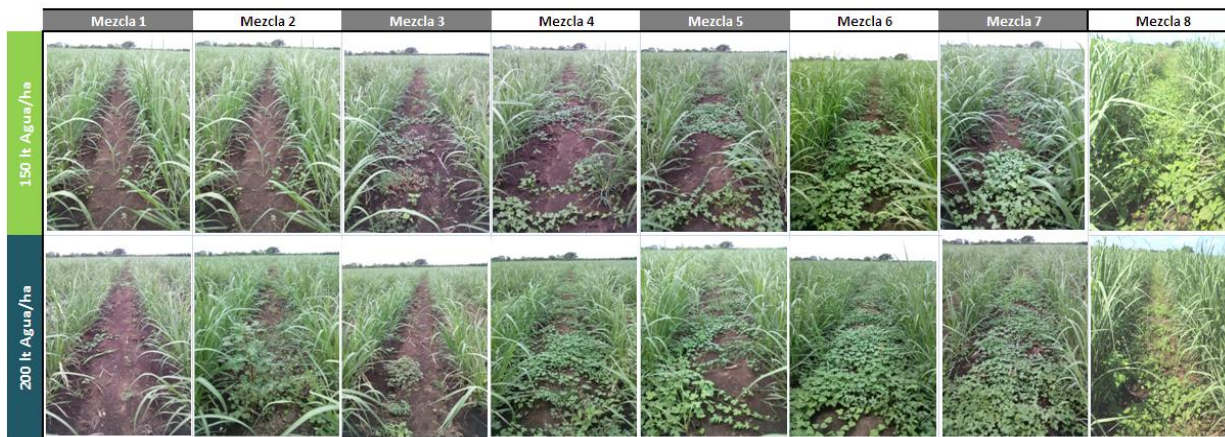


Figura 24. Cobertura de malezas a los 50 días después de la aplicación.
Fuente: El autor (2015).

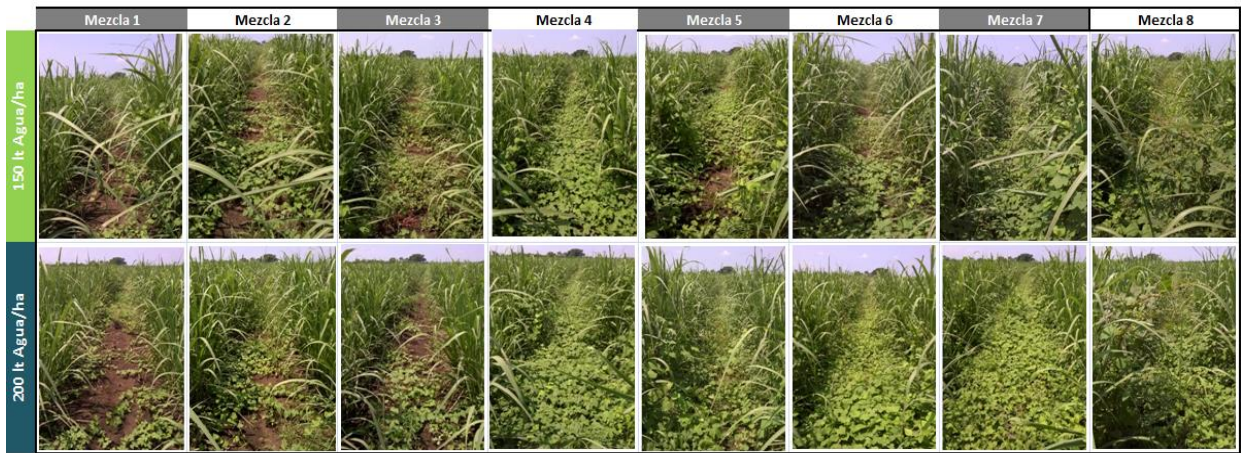


Figura 25. Cobertura de malezas a los 60 días después de la aplicación.
Fuente: El autor (2015).



Figura 26. Muestreo de malezas en la parcela Testigo Absoluto.
Fuente: El autor (2015).



Figura 27. Quemadura del follaje de las plantas por la mezcla de herbicida B3.
Fuente: El autor (2015).



Figura 28. Población de tallos afectados por las malezas - Testigo Absoluto (75 DDS).

Fuente: El autor (2015).



Figura 29. Aspecto fisiológico del cultivo en la parcela Control Cultural (sin herbicida) a los 75 (DDS).

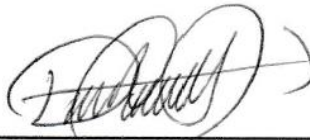
Fuente: El autor (2015).

Mazatenango, 06 de noviembre de 2015.



Balbino Antonio Yotz Santay

Estudiante de la carrera de Técnico en Producción Agrícola



Vo. Bo.

Ing. Agr. M.Sc. David Alvarado Güinac

Supervisor – Asesor



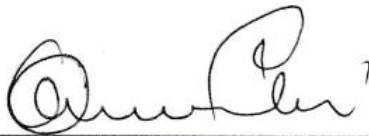
Vo. Bo.

Ing. Agr. M.Sc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Académico



“IMPRIMASE”



Vo. Bo.

Dra. Alba Ruth Maldonado de León

