


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on a white horse, holding a staff, set against a background of green hills and a blue sky. Above the figure is a golden crown and a lion rampant. The Latin motto "CAETERAS SORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum* spp.), EN LA ZONA
CUATRO DEL INGENIO MADRE TIERRA, LA NUEVA CONCEPCIÓN ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

JORGE RUBEN ZUMETA PORTILLO

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum* spp.), EN LA ZONA
CUATRO DEL INGENIO MADRE TIERRA, LA NUEVA CONCEPCIÓN ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.

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

POR

JORGE RUBEN ZUMETA PORTILLO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. JORGE FERNANDO ORELLANA OLIVA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Marlon Estuardo Gonzáles Álvarez
VOCAL QUINTO	P. Agr. Sergio Wladimir Gonzáles Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, MAYO DE 2021

Guatemala, mayo 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el Trabajo de Graduación realizado en el Departamento de Producción Agrícola del Cultivo de Caña de Azúcar (*Sacharum* spp.), en la Zona Cuatro del Ingenio Madre Tierra, La Nueva Concepción Escuintla, Guatemala, C.A, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Jorge Rubén Zumeta Portillo

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme la vida, por estar conmigo en todo momento y brindarme las fuerzas necesarias para seguir adelante y derramar bendiciones en abundancia en mi vida, gracias a Él obtuve este triunfo.

MIS PADRES

Jorge Zumeta y Sulma Portillo, gracias por su amor incondicional, apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación para poder conseguir mi superación personal, y gracias por creer en mí y enseñarme a ser una persona de bien, son mi ejemplo a seguir.

MIS ABUELOS

Luis Enrique Zumeta (Q.E.P.D) gracias por su amor incondicional que me dio en esta vida y sus oraciones para que yo pudiera alcanzar esta meta.

Violeta Posadas de Zumeta, gracias por su amor, su apoyo, sus consejos, sus oraciones y estar conmigo en todo momento.

Alejandro Portillo por su amor, consejos y apoyo brindado para poder cumplir con mis metas y ser un hombre de bien.

Julia Ruiz de Portillo por todo el apoyo y amor que me ha brindado para poder cumplir mis sueños.

MI HERMANA

Por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

MI NOVIA

Kimberly Ixcopal, por ser tan especial, brindarme su amor y apoyo incondicional, que ha sido la persona perfecta para poder alcanzar esta meta, gracias por tantas ayudas no solo para el desarrollo profesional, sino también para mi vida; eres mi mayor inspiración y mi motivación. Te amo demasiado.

MIS TIOS

Gracias por el apoyo brindado, en especial a Nohemy Cojolon, por ser una madre para mi durante mi etapa en la universidad.

MIS PRIMOS

Gracias por ayudarme en todo, en especial a Julia por ser un apoyo incondicional en los últimos años de estudio.

MIS AMIGOS

Javier Ruiz, Carlos Roquel, Michael Yos, Edyn Archila, Marvin Teleguario, Maria Salazar, Dulce Barillas, Christian Carcamo, Manuel Ixcot y Daniel Jocop gracias por su amistad incondicional.

TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A:

DIOS por darme la sabiduría en mi vida.

GUATEMALA el país de la eterna primavera, Mi Patria.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA mi alma mater y mi casa de estudio.

FACULTAD DE AGRONOMIA por la formación académica y profesional en el área agrícola.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi supervisor Ing. **Luis Montes** por su supervisión profesional y consejos brindados durante la realización de este trabajo de investigación.

Ing. **Manuel Martínez** por su asesoría y colaboración en el presente trabajo de investigación.

Ing. **Carlos López** por valiosa colaboración en la realización de este trabajo de graduación.

Ing. Agr. **Douglas Valenzuela**, Ing. Agr. **Juan Manuel Ortiz** por brindarme la oportunidad y el apoyo para poder realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en tan prestigiosa empresa.

P. Agr. **Selvin Estrada** y **Carlos Lemus** por su apoyo durante la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado en tan prestigiosa empresa.

Zona cuatro del Ingenio Madre Tierra por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A los trabajadores de la Zona Cuatro de Producción del Ingenio Madre Tierra, por el apoyo brindado.

A todas las personas que de alguna manera participaron en la elaboración del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
RESUMEN	XI
CAPÍTULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Descripción de la zona cuatro de Ingenio Madre Tierra	3
1.2.2 Localización de la zona cuatro	3
1.2.3 Condiciones climáticas	5
1.2.4 Condiciones edafológicas	6
1.2.4.1 Molisoles	6
1.2.4.2 Entisoles	7
1.2.5 Zona de vida	7
1.2.6 Vía de acceso	7
1.2.7 Recursos	8
1.2.7.1 Naturales	8
1.2.7.2 Físicos	9
1.2.8 Personal técnico	11
1.2.8.1 Gerente de zona	11
1.2.8.2 Asistente de zona	11
1.2.8.3 Mayordomo	11
1.2.8.4 Jefe de oficina y planilleros	11
1.2.8.5 Caporales	12
1.2.8.6 Tractorista	12
1.2.8.7 Bodeguero	12
1.2.8.8 Jornaleros	12
1.2.8.9 Guardianes	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 METODOLOGÍA	14
1.4.1 Fase de campo	14
1.4.1.1 Recorrido y caracterización	14
1.4.1.2 Fase de gabinete	15
1.5 RESULTADOS	16
1.5.1 Manejo agronómico en la producción del cultivo de caña de azúcar	16
1.5.1.1 Variedades	16
1.5.1.2 Proceso de siembra	18

	Página
1.5.2 Tipos de siembra.....	18
1.5.2.1 Labranza mínima.....	18
1.5.2.2 Labranza convencional.....	18
1.5.3 Manejo agronómico del proceso de siembra.....	19
1.5.3.1 Requema.....	19
1.5.3.2 Rastreado.....	19
1.5.3.3 Subsulado.....	19
1.5.3.4 Pulido.....	20
1.5.3.5 Surqueado y aplicación de fósforo.....	20
1.5.3.6 Tarjeteado y estaquillado.....	20
1.5.3.7 Corte de semilla.....	20
1.5.3.8 Descarga y transporte de semilla.....	21
1.5.3.9 Siembra.....	21
1.5.4 Manejo agronómico de la producción de caña de azúcar.....	21
1.5.4.1 Riego.....	21
1.5.4.2 Fertilización.....	22
1.5.5 Control de malezas.....	22
1.5.5.1 Control manual.....	22
1.5.5.2 Control mecánico.....	22
1.5.5.3 Control químico.....	23
A. Primer control químico.....	23
B. Segundo control químico.....	23
1.5.5.4 Foqueo químico.....	24
1.5.5.5 Rondeo.....	24
1.5.5.6 Rondeo químico.....	24
1.5.5.7 Rondeo mecánico.....	24
1.5.5.8 Despeje de rondas.....	25
1.5.5.9 Control de plagas.....	25
1.5.5.10 Aplicación de inhibidores y madurantes.....	25
1.5.6 Cosecha.....	26
1.5.6.1 Corte de la caña de azúcar.....	26
1.5.6.2 Alce.....	26
1.5.6.3 Transporte de la caña de azúcar.....	27
1.5.7 Principales problemas de la zona cuatro de producción del Ingenio.....	27
Madre Tierra.....	27
1.6 CONCLUSIONES.....	30
1.7 RECOMENDACIONES.....	31
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	32
CAPÍTULO II.....	33
2.1 PRESENTACIÓN.....	34
2.2 MARCO TEÓRICO.....	37
2.2.1 Marco conceptual.....	37
2.2.1.1 Importancia de la caña de azúcar.....	37
2.2.2 Aspectos generales de la planta.....	37
2.2.2.1 Características morfológicas.....	38

	Página
A. La raíz.....	38
B. El tallo.....	38
C. La hoja.....	38
D. La inflorescencia	39
2.2.2.2 Fenología del cultivo.....	39
A. Fase de iniciación.....	40
B. Fase de macollamiento	40
C. Fase de elongación	41
D. Fase de maduración.....	41
2.2.2.3 Propagación de la caña de azúcar	43
A. Esquejes.....	43
2.2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos	44
A. Temperatura.....	44
B. Humedad relativa.....	44
C. Lluvia	45
D. Luminosidad	45
E. Suelos.....	45
2.2.2.5 Riego	46
A. Sistemas de riego presurizados.....	47
B. Sistemas de aspersión con desplazamiento continuo	48
C. Sistemas de riego con goteo.....	48
2.2.2.6 Requerimientos nutricionales	49
2.2.2.7 Distanciamiento de siembra.....	50
2.2.2.8 Tratamiento térmico y químico	51
2.2.2.9 Plagas en caña de azúcar	52
A. Chinche Salivosa (Homóptera / <i>Cercopidae</i>).....	53
B. Barrenadores del género <i>Diatraea</i>	54
C. Gallina Ciega, <i>Phyllophaga</i> spp	54
D. Chinche Hedionda, <i>Scaptoris</i> spp	55
E. Gusano Alambre, <i>Agriotes</i> spp	55
2.2.2.10 Enfermedades.....	55
A. Muermo Rojo, <i>Physalospora tucumanensis</i>	56
B. Mal de Piña, <i>Ceratocystys paradoxa</i>	56
C. Carbón de la caña de azúcar, <i>Sporisorium scitamineum</i>	57
2.2.3 Marco referencial.....	58
2.2.3.1 Ubicación del ensayo.....	58
2.2.3.2 Temperatura.....	59
2.2.3.3 Precipitación pluvial	59
2.2.3.4 Zona de vida	59
2.2.3.5 Condiciones edáficas	59
A. Suelos molisoles	59
B. Drenajes	60
2.2.3.6 Variedad	60
A. Variedad de la caña de azúcar.....	60
B. Características agronómicas.....	60
2.2.3.7 Productos para tratamiento químico de la semilla.....	61

	Página
A. Pikudo 20 SC.....	62
B. Vértigo 32.5 SC	64
2.3 OBJETIVOS	65
2.3.1 Objetivo general	65
2.3.2 Objetivos específicos	65
2.4 HIPÓTESIS.....	65
2.5 METODOLOGÍA.....	66
2.5.1 Siembra con toletes	66
2.5.2 Siembra con esquejes	67
2.5.3 Descripción de tratamientos	67
2.5.4 Unidad experimental	69
2.5.5 Croquis del ensayo	69
2.5.6 Diseño experimental	70
2.5.7 Manejo del experimento	71
2.5.7.1 Siembra con toletes	71
2.5.7.2 Siembra con esquejes	73
2.5.8 Análisis de información	74
2.5.8.1 Variables de respuesta	74
A. Plagas y enfermedades.....	74
B. Altura	74
C. Brotación.....	75
D. Despoblación.....	75
E. Costos de producción.....	75
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
2.6.1 Plagas.....	79
2.6.2 Enfermedades.....	83
2.6.3 Altura.....	88
2.6.4 Brotación	92
2.6.5 Despoblación.....	97
2.6.6 Costos de Producción	101
2.7 CONCLUSIONES	109
2.8 RECOMENDACIONES.....	110
2.9 BIBLIOGRAFÍA	111
2.10 ANEXOS.....	114
2.10.1 Anexo 1. Medición de la altura de las plantas.	114
2.10.2 Anexo 2. Tolete enfermo.....	115
2.10.3 Anexo 3. Plagas en el suelo (<i>Phyllophaga</i> spp)	115
2.10.4 Anexo 4. Toletes a los 30 DDS	116
2.10.5 Anexo 5. Toletes sin tratamiento químico	116
CAPÍTULO III.....	117
3.1 PRESENTACIÓN.....	118
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA.....	118
3.3 OBJETIVO GENERAL.....	119
3.4 SERVICIOS PRESTADOS	119

	Página
3.4.1 Evaluación de dos frecuencias de riego y tratamiento térmico en la siembra de caña de azúcar (<i>Sacharum spp.</i>) en finca Barranquilla, Nueva Concepción, Escuintla.	119
3.4.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	119
3.4.2 OBJETIVOS	120
3.5 METODOLOGÍA	120
3.6 CONDICIONES EXPERIMENTALES	121
3.6.1 Ubicación	121
3.6.2 Diseño experimental	121
3.6.3 Unidad experimental	121
3.6.4 Aleatorización	121
3.6.5 Tratamientos y dosis	122
3.6.6 Manejo del experimento	122
3.6.7 Frecuencias de riego	123
3.6.8 Variables de respuesta	123
3.6.8.1 Porcentaje de brotación	123
3.6.8.2 Porcentaje de despoblación	123
3.6.8.3 Porcentaje de humedad del suelo	124
3.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	124
3.8 RESULTADOS	125
3.8.1 Porcentaje de brotación	126
3.8.2 Porcentaje de despoblación	128
3.8.3 Porcentaje de humedad	130
3.9 CONCLUSIONES	137
3.10 EVALUACIÓN DE TRES MEZCLAS DE HERBICIDAS EN EL CONTROL DE.. MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>SACCHARUM SPP.</i>). EN..... FINCA BARRANQUILLA, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA.....	138
3.11 INTRODUCCIÓN	138
3.12 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	139
3.13 OBJETIVOS	139
3.14 METODOLOGÍA	139
3.14.1 Diseño experimental	139
3.14.2 Unidad experimental	140
3.14.3 Equipo	140
3.14.4 Calibración	140
3.15 TRATAMIENTOS Y DOSIS	141
3.15.1 Aplicación de los tratamientos	141
3.15.2 Condiciones de aplicación	142
3.15.3 Variables respuesta	142
3.15.3.1 Eficiencia de aplicación	142
3.15.3.2 Densidad de malezas	142
3.15.3.3 Incidencia	142
3.16 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	143
3.17 RESULTADOS	144
3.18 DENSIDAD DE MALEZAS	147
3.19 COBERTURA DE MALEZAS Y EFICIENCIA DE CONTROL	148

	Página
3.19.1 Evaluación de eficiencia de control a los 15 días después de la aplicación.....	148
3.19.2 Evaluación de eficiencia de control a los 30 días después de la aplicación.....	149
3.19.3 Evaluación de eficiencia de control a los 45 días después de la aplicación.....	149
3.20 CONCLUSIONES	155
3.21 BIBLIOGRAFÍA	156

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Ubicación de la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra.....	5
Figura 2. Precipitación pluvial de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra en el año 2017..	6
Figura 3. Vía de acceso a la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.	8
Figura 4. Composición varietal de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.....	16
Figura 5. Diagrama de Pareto de los principales problemas de la zona	28
Figura 6. Fenología del cultivo de caña de azúcar.	42
Figura 7. Paquetes de esquejes de caña de azúcar.	43
Figura 8. Vista satelital de finca San Lorenzo.	58
Figura 9. Insecticida Pikudo 20 SC.	63
Figura 10. Fungicida Vertigo 32.5 SC.	64
Figura 11. Caja de toletes de variedad CP72-2086.....	66
Figura 12. Paquetes de esquejes de variedad CP72-2086.....	67
Figura 13. Aplicación del tratamiento químico en campo.	69
Figura 14. Croquis de campo.	70
Figura 15. Siembra de los tratamientos con toletes.	72
Figura 16. Distribución de los toletes.	73
Figura 17. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de plagas.....	80
Figura 18. Cantidad de individuos por metro cuadrado para la variable de plagas.....	83
Figura 19. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de	84
enfermedades.	84
Figura 20. Cantidad de esquejes enfermos por metro en los esquejes de caña de.....	87
azúcar.....	87
Figura 21. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable altura.	88
Figura 22. Altura de las plantas a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.	92
Figura 23. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de porcentaje ...	93
de brotación.....	93
Figura 24. Porcentaje de brotación a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.....	97
Figura 25. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de porcentaje	98
de despoblación.	98
Figura 26. Porcentaje de despoblación a los 45 DDS para los tratamientos evaluados. .	101
Figura 27A. Medición de la altura a los 45 DDS.....	114
Figura 28A. Tolete sin tratamiento químico afectado por la humedad.	115
Figura 29A. Gallina ciega en el suelo en el área de los tratamientos sin tratamiento.....	115
químico.....	115
Figura 30A. Estado de los toletes a los 30 DDS.....	116
Figura 31A. Raíz de toletes sin tratamiento químico.	116
Figura 32. Resultado de los tratamientos a los 70 DDS.....	125
Figura 33. Porcentaje de brotación a los 60 días después de la siembra.	127
Figura 34. Porcentaje de despoblación los 45 días después de la siembra.....	129

	PÁGINA
Figura 35. Porcentaje de humedad a los 9 DDS.	131
Figura 36. Porcentaje de humedad a los 17 DDS.	132
Figura 37. Porcentaje de humedad a los 24 DDS.	132
Figura 38. Porcentaje de humedad a los 32 DDS.	133
Figura 39. Porcentaje de humedad a los 39 DDS.	134
Figura 40. Porcentaje de humedad a los 47 DDS.	134
Figura 41. Porcentaje de humedad a los 54 DDS.	135
Figura 42. Porcentaje de humedad hasta los 62 días después de la siembra.	135
Figura 43. Medición del porcentaje de humedad.....	136
Figura 44. Aplicación de mezclas de herbicidas.....	144
Figura 45. Herbicidas utilizados en las mezclas.....	145
Figura 46. Resultados del tratamiento a los 30 días después de la aplicación.	146
Figura 47. Eficiencia de control a los 15 días después de la aplicación.....	148
Figura 48. Eficiencia de control a los 30 días después de la aplicación.....	149
Figura 49. Porcentaje de eficiencia de control a los 45 Días después de la aplicación....	153

INDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Fincas de la zona 4 del Ingenio Madre Tierra, 2018.....	4
Cuadro 2. Inventario de equipo y maquinaria agrícola de la zona.....	10
Cuadro 3. Toneladas netas por variedad de caña de azúcar en la zona cuatro del..... Ingenio Madre Tierra	17
Cuadro 4. Principales limitantes en el manejo agronómico de la caña de azúcar.....	28
Cuadro 5. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.....	39
Cuadro 6. Extracción de nutrientes por cada tonelada de caña comercial (kg/T caña) de.. cuatro variedades de caña de azúcar en Guatemala.	50
Cuadro 7. Factor de pérdida e índice de daño estimado para las principales plagas en.... Guatemala.....	53
Cuadro 8. Productos para tratamiento químico.....	61
Cuadro 9. Descripción de tratamientos.	68
Cuadro 10. Promedios generales de las variables y tratamientos.....	77
Cuadro 11. Muestreo de plagas antes de la siembra.	79
Cuadro 12. Medidas de resumen para la variable de la cantidad de insectos por metro... cuadrado en las plantas a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.	80
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable de plagas.....	81
Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey para la variable de plagas.....	82
Cuadro 15. Promedio de individuos por metro cuadrado.	82
Cuadro 16. Cantidad de esquejes enfermos por metro a los 60 DDS para los..... tratamientos evaluados.	85
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de esquejes enfermos.	86
Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey para la variable de enfermedades.....	86
Cuadro 19. Medidas de resumen de la altura de las plantas a los 60 DDS para los..... tratamientos evaluados.	89
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura.	90
Cuadro 21. Prueba de medias de Tukey para la variable de altura.....	90
Cuadro 22. Promedio de alturas a los 60 DDS.....	91
Cuadro 23. Medidas de resumen para la variable de porcentaje de brotación de las..... plantas a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.	94
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de brotación.	95
Cuadro 25. Prueba de medias de Tukey para la variable de brotación.....	95
Cuadro 26. Promedio de porcentajes de brotación.	96
Cuadro 27. Porcentaje de despoblación o espacios vacíos de las plantas a los 45 DDS.. para los tratamientos evaluados.....	99
Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de despoblación o..... espacios vacíos.	100
Cuadro 29. Descripción de los tratamientos y sus áreas.	102
Cuadro 30. Dosis de productos para tratamiento químico.	102

	PÁGINA
Cuadro 31. Costos de tratamiento químico	103
Cuadro 32. Jornales utilizados por tipos de siembra	104
Cuadro 33. Costo por hectárea para establecimiento del cultivo.	105
Cuadro 34. Costo de semilla.	106
Cuadro 35. Costos totales de siembra por hectárea.	107
Cuadro 36. Costo de oportunidad de la semilla ahorrada.	107
Cuadro 37. Aleatorización de los tratamientos	122
Cuadro 38. Descripción de los tratamientos.....	122
Cuadro 39. Frecuencias de riego para los tratamientos.	123
Cuadro 40. Análisis de andeva para la variable de brotación.	127
Cuadro 41. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de brotación a... los 60 DDS.	128
Cuadro 42. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de despoblación.....	129
Cuadro 43. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de..... despoblación.	130
Cuadro 44. Aleatorización de tratamiento de herbicidas.	140
Cuadro 45. Descripción de los tratamientos de las mezclas de herbicidas.	141
Cuadro 46. Tabla de fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar.....	143
Cuadro 47. Malezas en finca Barranquilla.....	147
Cuadro 48. Porcentaje de control a los 45 días después de la aplicación.	151
Cuadro 49. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de eficiencia de control.	152
Cuadro 50. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de control de..... malezas.	153
Cuadro 51. Fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar a los 15 días después de la..... aplicación.	154

RESUMEN

El cultivo de la caña de azúcar se ha convertido de mucha importancia en Guatemala, debido principalmente al incremento de área que ha tenido el cultivo de la caña de azúcar en los últimos años, por ello la calidad y cantidad de semilla a utilizar en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar es de suma importancia ya que así se lograra evitar una cantidad alta de resiembra que es una de las labores más caras en el proceso de producción de caña de azúcar junto con el riego y se lograra el éxito técnico y económico en el cultivo de caña de azúcar. Actualmente el azúcar es el producto más exportado en Guatemala con exportaciones de 61.30 millones de toneladas de azúcar. Generando empleo a 350,000 personas. Por lo tanto, es una de las mayores fuentes de ingresos para los guatemaltecos

Actualmente, el precio internacional del azúcar ha disminuido significativamente a \$. 0.13/kg, esto obliga a buscar alternativas para lograr ser más eficientes en las labores y con ello buscar la reducción de los costos de producción y lograr una mayor rentabilidad. Una actividad importante en el presupuesto para la producción del cultivo de la caña es la siembra y el material vegetal que se utilizara para esta labor.

Se realizó el diagnostico en el Ingenio Madre Tierra en la zona de producción cuatro, que tiene como objetivo principal detallar el proceso de producción de la caña de azúcar, identificando las principales limitantes para el proceso de producción y así contribuir con la implementación de nuevas tecnologías que den solución a las limitantes, esto se realizó por medio de protocolos de investigación y parcelas experimentales dentro del área de toda la zona, que comprende Suchitepéquez y Escuintla. La principal dificultad era las renovaciones de los cañales debido a que se presentaban poblaciones menores a cañales no renovados, por esta razón se decidió darle seguimiento e implementar un nuevo tipo de siembra con toletes tratados químicamente.

La investigación se realizó durante el periodo del Ejercicio Profesional Supervisado, en la finca San Lorenzo, Nueva Concepción, Escuintla del Ingenio Madre Tierra, donde se evaluó

un sistema de siembra utilizando toletes tratados químicamente en comparación al sistema de siembra convencional en el cual se utilizan los esquejes que de manera tradicional son de 60 cm de longitud.

Al evaluar los porcentajes de brotación, población y altura de las plantas de caña de azúcar obtenidos de los tratamientos, los porcentajes que mayor adecuación a las necesidades del Ingenio se adaptan es el sistema de siembra con toletes tratados químicamente, obteniendo así mismos costos de producción menores con rendimientos similares al sistema de siembra utilizado convencionalmente.

Se recomienda evaluar la implementación del sistema de siembra mediante el uso de toletes tratados químicamente y siembra convencional, enfocándose en que los rendimientos sean iguales o mayores, y que los costos de producción no sobrepasen el límite presupuestado, para conocer qué tipo de siembra es más viable técnica y económica.



1.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Madre Tierra se distribuye en 5 zonas de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), para la cual cada zona cuenta con su propia administración, ya que cada zona es independiente. El diagnóstico se realizó en la zona cuatro de producción, la cual su sede se encuentra ubicada en finca El Mixqueño en el municipio de Patulul departamento de Suchitepéquez. La zona cuatro de producción se encuentra a de 50 m a 200 m s.n.m aproximadamente y cuenta con un área de producción de 4800 ha. se encuentra en las siguientes coordenadas: N 14°16' 22" y W 91° 16' 08".

El objetivo principal del diagnóstico en la zona de producción cuatro es la caracterización del manejo del agrónomo del cultivo de la caña de azúcar y así mismo describirlo.

El inicio del diagnóstico se llevó a cabo con la presentación de los mayordomos y caporales de la zona además de un recorrido por todas las fincas de la zona. En el proceso de recorrido por las fincas de la zona se realizó la descripción de las labores que se realizan para el manejo agrónomo del cultivo con el propósito de identificar limitantes en el proceso de producción de la zona cuatro. Para este propósito se le realizó entrevistas y encuestas a los trabajadores y mediante un diagrama de Pareto, se identificaron, las principales problemáticas a resolver para el mejor desarrollo del cultivo y aumentar la eficiencia de producción.

En base a las encuestas y entrevistas, y el análisis realizado, se determinó que la principal limitante en la zona de producción 4 del Ingenio Madre Tierra, es baja población en los cañales renovados en el cultivo de caña de azúcar. El 67.4 % indicó que este el principal problema.

El 13.24 % indicó que el uso limitado del agua para el riego en la caña de azúcar es una de los grandes retos, por lo tanto, es la segunda limitante en el manejo agrónomo de la caña de azúcar en el Ingenio Madre Tierra.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Descripción de la zona cuatro de Ingenio Madre Tierra

La zona cuatro del Ingenio Madre Tierra, que se dedica a la producción de caña de azúcar (*Sacharun* spp.), se encuentra localizada en la jurisdicción del departamento de Suchitepéquez, dentro del municipio de Patulul, sobre la carretera que conduce al municipio de la Nueva Concepción Escuintla, aproximadamente a 9 km del cruce de Cocales, a 122 kilómetros de la Ciudad Capital, comienza 50 m s.n.m hasta llegar a los 200 m s.n.m (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

La zona cuatro colinda al Norte con el municipio de Patulul, Suchitepéquez al sur colinda con Tecojate que pertenece al municipio de la Nueva Concepción; al este con la aldea Las Playas y Cerro Colorado que pertenecen al municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, al oeste colinda con Tiquisate. (Instituto Geográfico Nacional, 2018).

El área administrativa de la finca se encuentra ubicada en finca el Mixqueño la cual se encuentra a 26 km del Ingenio Madre Tierra. (Valenzuela, 2018).

1.2.2 Localización de la zona cuatro

La zona de producción 4 del Ingenio Madre Tierra se encuentra dividida en 14 fincas y 24 Parcelas, de las cuales finca El Mixqueño es la finca central, es la que cuenta con la mayor cantidad de área. (Valenzuela, 2018)

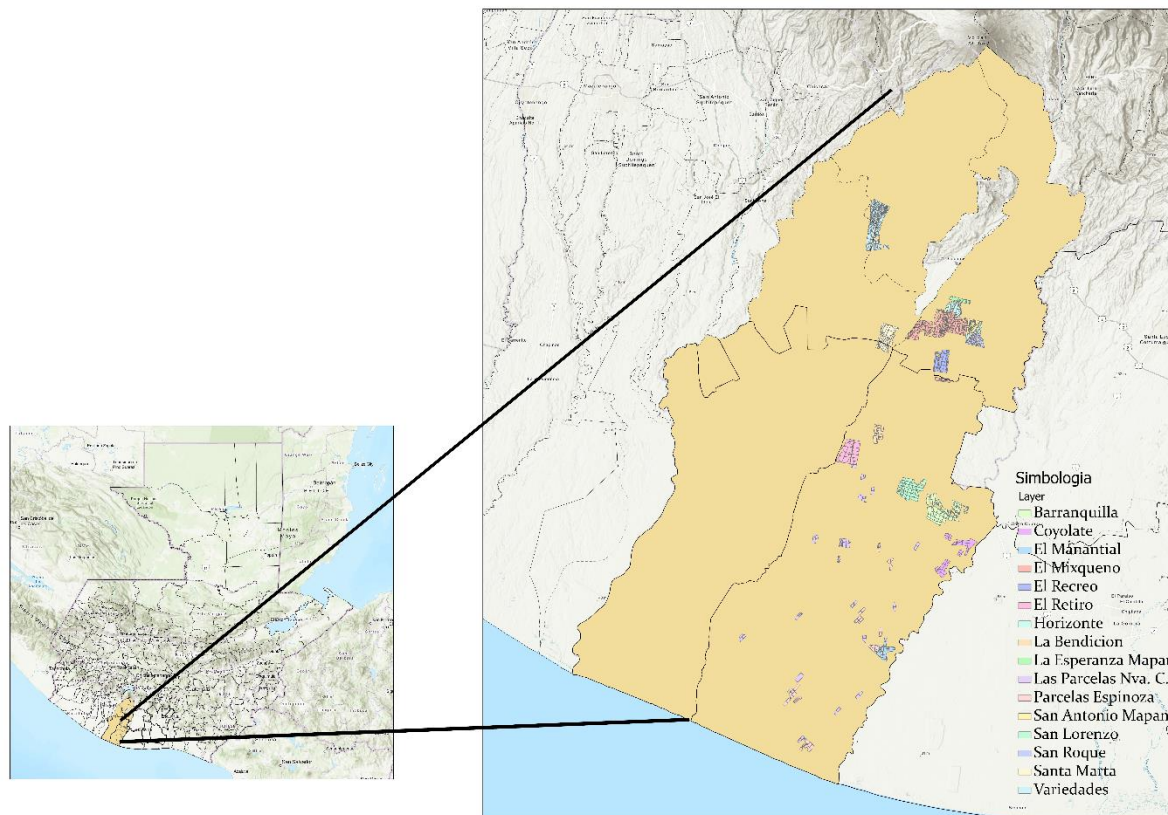
En el cuadro 1, se muestran las áreas de las fincas, estas son áreas netas para la producción de caña de azúcar.

Cuadro 1 Fincas de la zona 4 del Ingenio Madre Tierra, 2018.

Finca	Nombre de finca	Área (ha)	Porcentaje de área
008	El Mixqueño	792.74	17.25
009	Variedades	481.11	10.47
013	El Retiro	340.59	7.41
017	Coyolate	252.86	5.50
018	San Roque	115.75	2.52
040	El Manantial	135.6	2.95
053	La Esperanza Mapán	59.12	1.29
067	La Bendición	124.62	2.71
069	San Lorenzo	353.39	7.69
070	Las Parcelas Nva. C.	365.91	7.96
090	Santa Marta	285.02	6.20
094	Horizonte	183.55	4.00
095	Barranquilla	468.16	10.19
197	San Antonio Mapán	106	2.31
199	Parcelas Espinoza	314.19	6.84
200	El Recreo	215.8	4.70
Total		4,594.41	100.00

Fuente: Valenzuela (2018).

En la figura 1 se grafica las fincas que pertenecen a la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra.



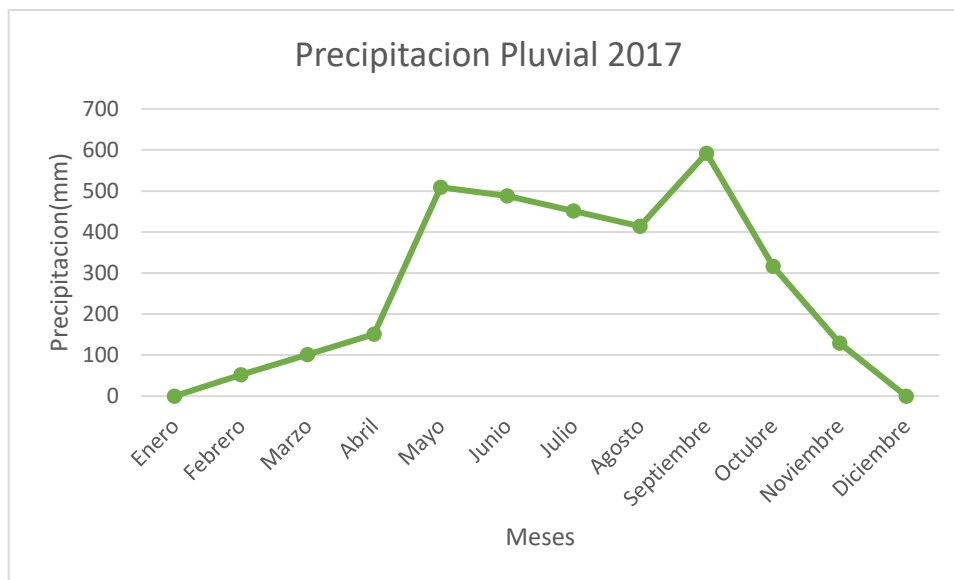
Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Madre Tierra (2018).

Figura 1. Ubicación de la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra.

1.2.3 Condiciones climáticas

Según los registros de precipitación pluvial de la zona de los últimos 5 años, precipitación promedio de la zona es de 3,200 mm anuales, principalmente como se muestra en la figura 2, con temperaturas medias de 30 C y con vientos con dirección es de Norte a Sur y de Sur a Norte. (Departamento de Ingeniería Agrícola, Madre Tierra, 2018).

En la figura 2 se observa la precipitación acumulada para el año 2017 para la zona de producción cuatro del Ingenio Madre Tierra.



Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Madre Tierra (2018).
 Figura 2. Precipitación pluvial de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra en el año 2017.

1.2.4 Condiciones edafológicas

Según los análisis de suelos realizados por el Departamento de Investigación del Ingenio Madre Tierra y Cengicaña, en el área de la zona cuatro, existen los siguientes ordenes de suelos. (Departamento de Investigación, Madre Tierra, 2018).

1.2.4.1 Molisoles

Los Molisoles son suelos de color oscuro, con altos contenidos de materia orgánica. Son los suelos más fértiles ya que se encuentran en zonas cálidas, con altos contenidos de arcillas y buena cantidad de cationes que forman bases y sales nutritivas para las plantas. Presentan texturas pesadas debido a condiciones de mecanización continua lo que los hace susceptibles a procesos de compactación. Son suelos muy productivos en la costa sur del país. (Jordán, 2006)

1.2.4.2 Entisoles

Los Entisoles son suelos derivados de fragmentos de roca suelta, que están formados típicamente por arrastre y depósito de materiales sedimentarios que son transportados por la acción del agua. Son suelos jóvenes y sin horizontes genéticos naturales. (Jordán, 2006)

1.2.5 Zona de vida

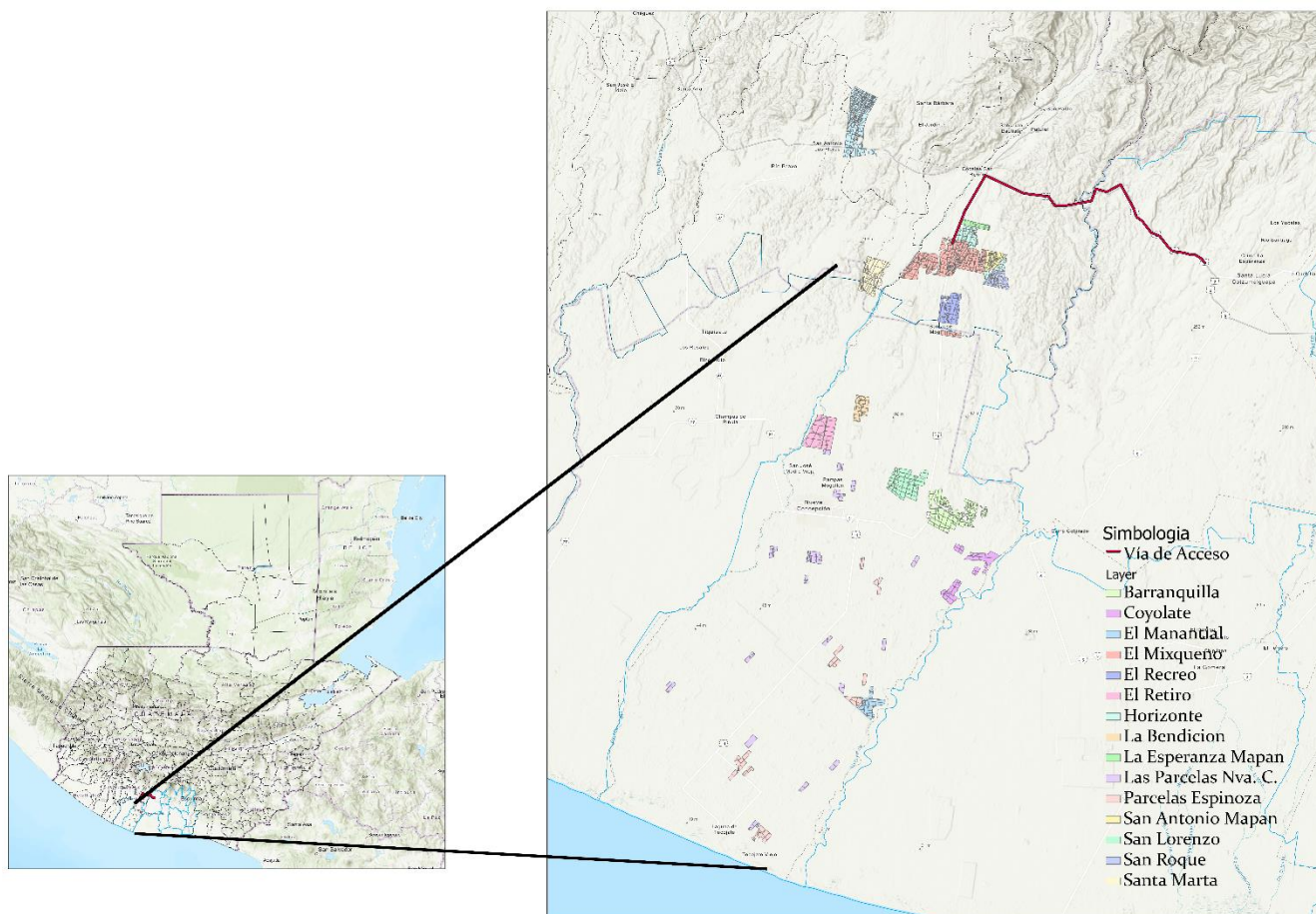
La zona cuatro y las áreas cañeras se encuentran dentro de la zona de vida Tropical Húmeda, con una biotemperatura mayor a los 30 C, además de mencionar que la zona cuenta con tipo de clima Cálido, característico de la región por estar ubicada en la costa sur, La cual tiende a elevarse en los meses de marzo a mayo. La humedad relativa de la zona cuatro es de 70.30 %. Con un promedio de 10 a 11 horas de luz diarias lo cual es importante para el rendimiento de la caña de azúcar de acuerdo con el tipo de fotosíntesis de las plantas de fisiología C4. (Holdrige, 2018)

1.2.6 Vía de acceso

La vía de acceso para llegar a la zona cuatro de producción tomando como referencia de punto de partida el Ingenio Madre Tierra, se describen a continuación:

Teniendo como punto de partida el Ingenio Madre Tierra, se debe desplazar hasta el kilómetro 118 que se encuentra ubicado en el municipio de Patulul, hasta llegar al cruce de Cocales, de este punto avanzar hacia el sur, tomando la carretera hacia la Nueva Concepción, 6 km después del cruce se encuentra ubicada finca El Mixqueño, que es la finca central de la zona cuatro. (Valenzuela, 2018).

En la figura 3 se muestra la vía de acceso a la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.



Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Madre Tierra (2018).

Figura 3. Vía de acceso a la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.

1.2.7 Recursos

1.2.7.1 Naturales

La zona cuatro cuenta con un área de 4,417.86 ha, las cuales se dedican única y exclusivamente a la producción del cultivo de caña de azúcar, además de que la zona cuatro tiene colindancia con el río Madre Vieja, Mascalate, los cuales abastecen una parte del agua para riego. (Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Madre Tierra. 2018).

1.2.7.2 Físicos

En el cuadro 2, se presentan los recursos físicos con los que cuenta la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra. (Valenzuela, 2018).

Cuadro 2. Inventario de equipo y maquinaria agrícola de la zona.

Inventario de equipo y maquinaria agrícola de la zona			
Código	Descripción	Código	Descripción
Tractores		Equipos de Riego	
A14002	John Deere	F04016	Equipo mini aspersión San Lorenzo
A11024	John Deere	F04014	Equipo mini aspersión Manantial
A11030	John Deere	F04015	Equipo Mini Aspersión Manantial
A11023	John Deere	F04003	Equipo mini aspersión San Roque
A20204	John Deere	Chapeadoras	
A11014	John Deere	E15010	Chapeadora
A18029	John Deere	E15022	Chapeadora
A11039	John Deere	E15027	Chapeadora
A11012	John Deere	Surqueador	
A11008	John Deere	E07026	Surqueadores
A20102	John Deere	E07012	Surqueadores
A11028	John Deere	E07004	Surqueadores
Bombas de Riego		E07030	Surqueadores
F01030	Bomba De Caudal	E07023	Surqueadores
F01033	Bomba De Caudal	E07028	Surqueadores
F01107	Bombas Riego Asp.	E07025	Surqueador (tiburón)
F01108	Bombas Riego Asp.	Subsolador	
F01109	Bombas Riego Asp.	E06044	Subsuelos
F01110	Bombas Riego Asp.	E06033	Subsuelos
F01119	Bombas Riego Asp.	E06043	Subsuelos
F01127	Bombas Riego Asp.	Fertilizadoras	
F01128	Bombas Riego Asp.	E01041	Fertilizadoras
F01129	Bombas Riego Asp.	E01022	Fertilizadoras
F01016	Bombas Riego Asp.	E01014	Fertilizadoras
F01076	Bombas Riego Asp.	Rastra	
F01087	Bombas Riego Asp.	E04001	Rastra pesada
F01093	Bombas Riego Asp.	E05009	Rastra convencional
F01098	Bombas Riego Asp.	Cultivadoras	
F01139	Bombas Riego Asp.	E01002	Cultivadoras
F01140	Bombas Riego Asp.	E01010	Cultivadoras
F01099	Bombas Riego Asp.	Descarnador	
F02010	Bombas Pivote	E06005	Descarnador
F02011	Bombas Pivote	Cuchilla	
F02012	Bombas Pivote	E06019	Cuchilla niveladora

1.2.8 Personal técnico

Las zonas de producción del Ingenio Madre Tierra se distribuyen con los siguientes rangos o puestos (Ortiz, 2018).

1.2.8.1 Gerente de zona

Es el responsable de todas las fincas de la zona, se encarga de supervisar y evaluar que se esté cumpliendo todos los objetivos propuestos por la zona de producción. Además de que se esté cumpliendo correctamente con los lineamientos del Ingenio. (Ortiz, 2018)

1.2.8.2 Asistente de zona

Es el encargado de supervisar las labores para el manejo agronómico del cultivo y que se cumpla con lo coordinado. (Ortiz, 2018)

1.2.8.3 Mayordomo

Es el responsable de un sector de fincas, es quien coordina y ejecuta las labores para el manejo agronómico del cultivo. (Ortiz, 2018)

1.2.8.4 Jefe de oficina y planilleros

Es una extensión del Departamento de Recursos Humanos. Son los responsables del control del presupuesto, de los pagos catorcenales, de los estimados catorcenales, de los trámites administrativos de los trabajadores como suspensiones de IGSS, permisos laborales y préstamos. (Ortiz, 2018)

1.2.8.5 Caporales

Son los encargados de que se estén cumpliendo con las tareas asignadas en campo por el mayordomo de la finca, además de reportar los jornales utilizados en las labores diarias. (Ortiz, 2018)

1.2.8.6 Tractorista

Son los encargados de la aplicación de herbicidas, de fertilizantes, del manejo del cultivo, además de transportar insumos y tubería para riego y personal de riego. En la época de siembra son los encargados de transportar los esquejes. (Ortiz, 2018)

1.2.8.7 Bodeguero

Es el encargado de entregar los insumos necesarios para las diferentes labores, también lleva un control diario de los insumos despachados al igual que el mayordomo y planilleros. (Ortiz, 2018)

1.2.8.8 Jornaleros

Son los encargados directamente de ejecutar las labores del manejo agronómico del cultivo. (Ortiz, 2018)

1.2.8.9 Guardianes

Son los encargados por cuidar las instalaciones y equipos de riego de la zona. (Ortiz, 2018)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Caracterizar el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) utilizado por la zona de producción cuatro del Ingenio Madre Tierra.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Describir el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) utilizado por la zona de producción cuatro del Ingenio Madre Tierra.
2. Identificar las principales limitantes en el proceso de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y el manejo agronómico.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Fase de campo

1.4.1.1 Recorrido y caracterización

Se realizó un recorrido y caracterización de las fincas de la zona 4 donde se encuentra el cultivo de caña de azúcar, además se realizó una descripción del manejo agronómico del cultivo (*Sacharun* spp.) que se realiza en la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra.

A. Recolección de información

Por medio de fuentes primarias utilizando el sondeo, se recolecto información sobre el cultivo de caña de azúcar, en donde se detalló el manejo agronómico del cultivo y sus principales limitantes para su producción (*Sacharun* spp).

1. ¿Cómo se realiza el control de malezas en el cultivo?
2. ¿Qué labores de preparación del suelo se realiza antes de la siembra?
3. ¿Qué labores post-siembra se realizan en el cultivo?
4. ¿Qué tipos de fertilizante se aplica al cultivo?
5. ¿Qué tipos de riego existen en la zona?
6. ¿Qué calibración se realizan a los implementos agrícolas?
7. ¿Cuál es la maleza más problemática de la zona?
8. ¿Qué tipo de propagación se utiliza comúnmente para establecer el cultivo?
9. ¿Cuál es la mayor dificultad que se encuentra en este tipo de cultivo?
10. ¿Existe algún tipo de plaga o enfermedad que dañe el cultivo?

1.4.1.2 Fase de gabinete

A. Análisis de la información

Consistió en el ordenamiento y tabulación de la información obtenida por medio del sondeo realizado, de donde se obtuvieron las conclusiones y las principales limitantes en el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar.

B. Elaboración de diagnóstico

Se elaboró el informe final del diagnóstico sobre el cultivo de caña de azúcar (*Sacharun* spp), dentro de las fincas de la zona 4 de producción del Ingenio Madre Tierra.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Manejo agronómico en la producción del cultivo de caña de azúcar

El proceso de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) consiste básicamente en tres fases de las cuales se desprenden una diversidad de labores, las fases de producción de la caña de azúcar son: siembra, manejo agronómico post-siembra y proceso de cosecha.

1.5.1.1 Variedades

La zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra cuenta con una predominancia por la variedad CP 72-2086 para la producción de caña de azúcar, como se muestra a continuación en la figura 4.

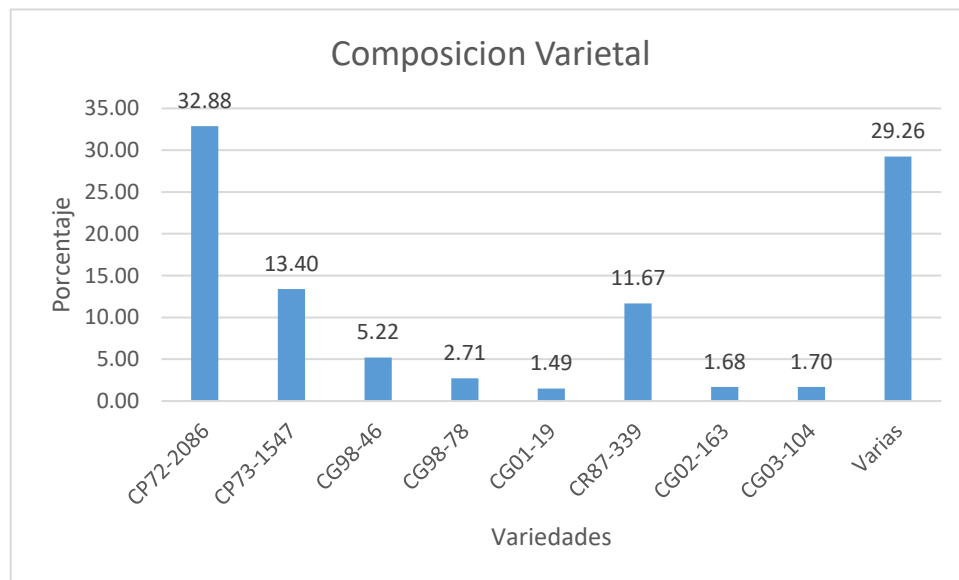


Figura 4. Composición varietal de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra

La variedad con más predominancia es la CP 72-2086 cubriendo un total de 32.88 % de la zona (1,510.16 ha) debido a que es una variedad altamente productora de azúcar, seguido de variedades como CP 73-1547 y CR87-339, las cuales son variedades que adaptan perfectamente a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

En el cuadro 3 se observa las toneladas por hectárea de cada variedad de caña de azúcar que existe en la zona cuatro.

Cuadro 3. Toneladas netas por variedad de caña de azúcar en la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra

Variedad	Área	T/Ha	Toneladas netas
CP72-2086	1510.86	100.54	151901.86
CP73-1547	615.48	119.63	73629.87
CG98-46	239.83	114.41	27438.95
CG98-78	124.42	70.86	8816.40
CG01-19	68.40	97.00	6634.80
CR87-339	536.23	71.81	38506.68
CG02-163	76.98	134.45	10349.96
CG03-104	77.88	94.17	7333.96
Varias	1344.33	74.00	99480.42

La variedad con rendimiento más alto es la CG02-163 y la que cuenta con más área establecida es la CP72-2086, la cual es la que más azúcar produce y se adecua más a los suelos de la zona de producción, mientras que la variedad con menos rendimiento es la CR87-339, esta variedad está sembrada en terrenos en los cuales se tiene poco acceso al agua como en finca Variedades, suelos muy arcillosos y poco drenados por lo cual se ha incrementado el uso de esta variedad aunque no presente la mayor producción por año.

1.5.1.2 Proceso de siembra

En la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra existen dos tipos de siembra: labranza mínima que es utilizada para cañales soca y labranza convencional para cañales que se renovaran es decir plantía o destinados a semillero. El principal material vegetativo para la siembra de la caña de azúcar son los esquejes de 60 cm, las yemas varían ya que depende de la distancia de los entrenudos.

1.5.2 Tipos de siembra

1.5.2.1 Labranza mínima

La labranza mínima se utiliza generalmente cañales soca o en terrenos muy pedregosos, ya que consiste en la aplicación de herbicida generalmente Glifosato para la eliminación de los rastrojos y caña vieja que ha germinado, a una dosis de 4.30 L de Glifosato/ha, la aplicación se hace mediante bombas de presión constante, su eficiencia es de 1.50 ha por jornal. Luego de la aplicación de glifosato se subsuela y se surquea el entre surco y así tapan la caña aplicada con herbicida y depositar la semilla en los surcos nuevos. Esta labranza se realiza a los 15 días después de haber brotado la caña soca.

1.5.2.2 Labranza convencional

Este tipo de labranza se realiza a los 5 días después del corte de la caña, la cual consiste en eliminar la caña soca y exponer la raíz a la luz, así eliminar por completo la cepa vieja, para esto se hace un rastreado con el implemento Ron-Plow, después de esto se esperan 2 días para luego pasar el subsolador, cultivadora y surquear y pasar a la siembra de la caña.

1.5.3 Manejo agronómico del proceso de siembra

Las labores que se realizan en el proceso de siembra y las eficiencias por jornal se describirán a continuación.

1.5.3.1 Requema

Consiste quemar los rastrojos de caña que quedan luego de la cosecha de la caña, esta labor se realiza a los 2 días después del corte. Su eficiencia es de 5 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.2 Rastreado

Se realiza con el implemento Ron-Plow, se realiza con este implemento para obtener una mejor aireación y eliminar los rastrojos de caña soca. Su eficiencia es de 10 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.3 Subsulado

El subsulado en la labranza convencional se realiza a los dos días después del paso de la rastra, se deja este tiempo para que la cepa de la caña soca se expuesta al sol y eliminarla por completo, en labranza mínima se realiza a los 6 a 8 días después de la aplicación de herbicidas con bombas de presión constante. El subsolador va a profundidad de 40 cm, su eficiencia es de 10 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.4 Pulido

Para esta labor se utiliza una rastra pulidora, con el fin de mullir bien el suelo permitiendo una mejor aireación donde se realizarán los surcos esto se hace el mismo día del subsolado o al día siguiente. La eficiencia es de 12 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.5 Surqueado y aplicación de fósforo

El surqueado en terrenos donde la cosecha será manual la distancia entre surcos será de 1.5 m utilizando surqueadores tipo tiburón, en lotes donde la cosecha será mecanizada, la distancia entre surcos será de 1.75 m para permitir un mejor desplazamiento de la cosechadora, el implemento va a una profundidad de 25 cm a 30 cm con dos ganchos para realizar el surco doble. En la elaboración de los surcos se va incorporando la aplicación de fósforo. La eficiencia es de 8 ha a 9 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.6 Tarjeteado y estaquillado

El estaquillado consiste en ir marcando los surcos cada 8.40 m donde se dejará un paquete de semilla con 30 esquejes a cada 8 surcos, esto con el fin de contabilizar cuanta semilla se utilizará para la siembra y también cada estaca tendrá asignada la tarea a realizar por cada jornal. La eficiencia es de 4 ha a 5 ha por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.7 Corte de semilla

El corte de semilla consiste en que cada jornalero haga un paquete de semilla con 30 esquejes de 60 cm de longitud, utilizando hojas de caña para amarrarlos y evitar uso de lazos. La eficiencia es de 100 paquetes por jornal. (Estrada, 2018)

1.5.3.8 Descarga y transporte de semilla

Los paquetes son llevados en camiones o tractores con carretón, cada uno de ellos debe 1,000 paquetes y llevar 4 jornaleros, la eficiencia debe ser de 2 viajes al día. La descarga es en base al estaquillado, puede ser banqueteado o banqueteado paqueteado.

1.5.3.9 Siembra

La siembra es el proceso de colocar los esquejes en los surcos y luego taparlos, el tapado puede ser manual que se realiza con los jornaleros con azadón o puede ser mecánico, que es realizado con el tractor y un implemento. La eficiencia de siembra es de 0.32 ha/jornal. (Estrada, 2018)

1.5.4 Manejo agronómico de la producción de caña de azúcar

1.5.4.1 Riego

El riego realizado en la zona es por aspersión, midiaspersión, mini aspersión y riego por pivote. La frecuencia de riego por aspersión es de 14 días regando 2 horas por turno aplicando una lámina de 50 mm en un área de 0.16 ha. El riego midiaspersión es un riego de mediana presión (no mayores a 40 psi), se hace cada 18 días regando por 5 horas, aplicando una lámina de 50 mm y regando un área de 0.07 ha. El riego mini aspersión se hace cada 18 días regando por 5 horas, aplicando una lámina de 50 mm y regando un área de 0.07 ha. El riego pivote avanza a una velocidad de 1 m/min aplicando una lámina de 5 mm cada dos días hasta completar el recorrido. (Alvarado, 2018)

1.5.4.2 Fertilización

La fertilización es realizada mecánicamente con el tractor y la ferticultivadora, la descarga es de 430 kg en cañales soca y 308 kg en cañales plantía. La eficiencia de aplicación en cañales soca es de 25 ha y en plantía es de 23 ha. (Duarte, 2018)

Los fertilizantes aplicados son: urea y fosfato. La urea se aplica a los 15 días después de la siembra o el corte y la aplicación de fosfato se realiza a los 45 días después de la siembra o el corte. (Duarte, 2018)

1.5.5 Control de malezas

1.5.5.1 Control manual

En el control manual de malezas únicamente se realiza la labor de arranque de caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) el cual consiste en la eliminación de la caminadora ya sea manual o con machete, esta labor se realiza en cañales mayores de 5 meses y donde la maleza ya este demasiado grande de altura. (Salazar, 2018)

1.5.5.2 Control mecánico

para el control mecánico se realiza con una cultivadora o con el escardillo, controla principalmente malezas de hoja ancha, este control consiste también en brindar una mejor aireación al suelo para un mejor desarrollo de la planta. La desventaja de este control es que ayuda a propagar malezas que se desarrollan por medio de estolones y rizomas. Este control suele realizarse a los 30 días después del primer control químico de malezas. La eficiencia de aplicación es de 12 ha/día. (Salazar, 2018)

1.5.5.3 Control químico

El control químico se divide en: primer control, segundo control y foqueo químico.

A. Primer control químico

Este control se realiza a los 8 días después de la siembra o el corte, busca el control de malezas por control pre-emergente, la finalidad de esta labor es el control de malezas en la etapa de iniciación del cultivo de caña de azúcar, esta labor se puede realizar mediante el uso del aguilón o por bombas de presión contante. (Salazar, 2018)

Para el primer control químico se busca utilizar productos pre-emergentes, la mezcla comercial de la zona cuatro del ingenio madre tierra es: IGRAM 500 SC+ PROWL + INEX MERLIN 75 WG + GESAPAX 500 SC + INEX. En el primer control suele añadirse glifosato a la mezcla para el control de Coyolio (*Cyperus rotundus*). (Salazar, 2018)

B. Segundo control químico

Este control se realiza a los 75 días después de la siembra o 60 días después del corte, con el fin de eliminar las malezas al momento que el cañal se cierre, es decir hasta que las hojas de la caña se traslapen y hagan el efecto de sombra para evitar que las malezas crezcan durante la etapa de elongación. (Salazar, 2018)

Las mezclas utilizadas en la zona de producción cuatro son: Velpar 75 WG + Diuron 80 SC + Espuela 30.4 SL + INEX, para el control de gramíneas y malezas de hojas anchas. Esta aplicación puede ser por bombas de presión contante o por medio de un tractor con aguilón, por medio del aguilón puede ser aplicación total o en banda. (Salazar, 2018)

1.5.5.4 Foqueo químico

El foqueo químico se realiza cuando el cañal se encuentra en la etapa de elongación y se realiza por medio de bombas manuales matabii, esto debido a que el control va dirigido directamente a la maleza, para la zona en la que se encuentran ubicadas las fincas de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra, se realiza foque únicamente para el zacate (*Panicum máximum*) aplicándole Glifosato + INEX, ya que esta es la mezcla de la zona, y para el bejuco se aplica Espuela 30.4 SL + INEX. (Salazar, 2018)

1.5.5.5 Rondeo

El rondeo consiste en la eliminación de las malezas de las calles del cultivo de caña de azúcar, el rondeo puede ser mecánico o químico.

1.5.5.6 Rondeo químico

En el rondeo químico se realiza mediante el uso de aguilonos a las orillas de los cañales, consiste en rodear los lotes aplicándoles la misma mezcla de herbicidas usadas para el segundo control químico. (Alvarado, 2018)

1.5.5.7 Rondeo mecánico

El rondeo mecánico se realiza mediante chapeadoras conectadas al tractor para eliminar las malezas que crecen en las rondas de los cañales. (Alvarado, 2018)

1.5.5.8 Despeje de rondas

El despeje de rondas consiste en empujar hacia adentro del cañal la caña que ha sido botada en las rondas, ya sea por fuertes vientos o por otros factores, se realiza mediante un implemento llamado despejador. (Alvarado, 2018)

1.5.5.9 Control de plagas

El control de plagas en la zona cuatro se dividen en tres plagas que son de significancia para su control, las cuales son: Chinche Salivosa (*Aeneolamia* spp.) siendo esta la principal plaga que se controla mediante la aplicación de Jade 0.8 GR ya sea de manera manual y aérea por medio de una avioneta. Las siguientes plagas son el Saltón Coludo y el Gusano Barrenillo. (Estrada, 2018)

1.5.5.10 Aplicación de inhibidores y madurantes

La aplicación de inhibidores se realiza con el fin de evitar la etapa de floración de la caña y así la caña continuar su crecimiento del tallo y evitar que se encorche el tallo, la aplicación de inhibir se realiza en los cañales donde se encuentre establecida la variedad CP73-1547 y la aplicación se realiza aérea por medio de un helicóptero. (Estrada, 2018)

La aplicación de madurantes se realiza conforme a los tercios de los cañales, para los cañales del primer tercio se aplican 60 días antes del corte, para los del segundo tercio se realiza a los 45 días antes del corte y para los del tercer tercio se realiza de 40 a 30 días antes del corte. al momento de la aplicación del madurante se suspende el riego, esto con el fin de que la caña produzca más azúcar y no se concentre en el crecimiento vegetativo. La aplicación se realiza mediante un helicóptero y el producto utilizado es Glifosato o TouchDown. (Estrada, 2018)

1.5.6 Cosecha

El proceso de cosecha de la caña de azúcar inicia en la etapa 1 donde se realiza la quema y el corte de la caña de azúcar, continuando con la etapa 2 que es el alce de la caña a las jaulas y terminando con el transporte de la caña al ingenio donde pasara por el proceso de moliendo y como resultado final el azúcar. (Lemus, 2018)

La cosecha en la zona cuatro puede ser manual o mecanizada, la cosecha manual se realiza en las fincas donde los terrenos no son planos y presentan bordos, es decir del estrato alto y medio, y la cosecha mecanizada se realiza en el litoral o estrato bajo es decir terrenos que son prácticamente planos. (Lemus, 2018)

1.5.6.1 Corte de la caña de azúcar

El corte de la caña de azúcar en la zona cuatro puede ser manual o mecanizada, dependiendo la topografía del terreno, para el corte manual de la caña existen los frentes de cosecha, los cuales tienen a su cargo a 475 personas encargadas de corte, la caña antes de ser cortada se debe quemar esto con el fin de que los cortadores obtengan mayor rendimiento respecto a las toneladas cortadas, el promedio de toneladas de caña cortada por jornal es de 6.75. (Lemus, 2018)

En la cosecha mecanizada puede ser en verde o quemado, la cosecha mecanizada en verde es una práctica que se realiza sin quemar la plantación, aunque una de sus desventajas es el incremento de las malezas de hoja ancha que germinaran, mientras en la cosecha mecanizada en quemado se quema la plantación, esta cosecha mecanizada se realiza en terrenos de topografía plana para tener un mejor corte de la caña de azúcar. (Lemus, 2018)

1.5.6.2 Alce

El alce de la caña de azúcar se hace mediante el uso de alzadoras, las cuales son las encargadas de depositar la caña de azúcar en las jaulas para su traslado a la báscula del

ingenio, el peso obligatorio para que cada jaula sea llevada al ingenio es de 30 a 35 toneladas, para dos jaulas es peso obligatorio es de 65 T a 70 T y el de tres jaulas es de 85 a 90 toneladas de caña de azúcar. (Lemus, 2018)

1.5.6.3 Transporte de la caña de azúcar

El transporte de la caña de azúcar al ingenio se realiza mediante camiones de 2 a 3 jaulas, el peso obligatorio para dos jaulas obligatorio es de 65 T a 70 T y el de tres jaulas es de 85 T a 90 T de caña de azúcar. Los operadores de los camiones trabajan por turnos cada turno consiste de 12 horas en los cuales deben 4 viajes cuando la distancia es corta y cuando es larga se realizan únicamente 3 viajes. (Lemus, 2018)

1.5.7 Principales problemas de la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra

Se realizó una encuesta a los trabajadores de labores varias (caporales), a los operadores de riego y mayordomos de la zona cuatro para determinar mediante un análisis de las entrevistas, cuáles eran las principales limitantes que existen en la zona, entre las principales que fueron mencionadas por los trabajadores se encontraron: despoblación en los cañales renovados, La falta de agua, falta de drenaje de los terrenos en la época de invierno, precipitaciones pluviales muy altas en época de lluvia, daños ocasionados por chinche salivosa.

Mediante un análisis de Wilfredo Pareto se determinó cuáles eran las principales limitantes que debían ser priorizadas, en la figura 5 se observan las principales limitantes de la zona de producción de caña de azúcar.

En el cuadro 4 se muestran los resultados del sondeo con respecto a las principales limitantes en el manejo agronómico en la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.

Cuadro 4. Principales limitantes en el manejo agronómico de la caña de azúcar.

Limitante	Porcentaje de respuestas (%)	Prioridad
Decrecimiento en población de cañales	67.4	Alta
Uso limitado de agua	13.24	Media
Alta incidencia de malezas	12.22	Media
Falta de drenajes	5.72	Baja
Incidencia de Chinche Salivosa	1.42	Baja
Cantidad de personas = 28		

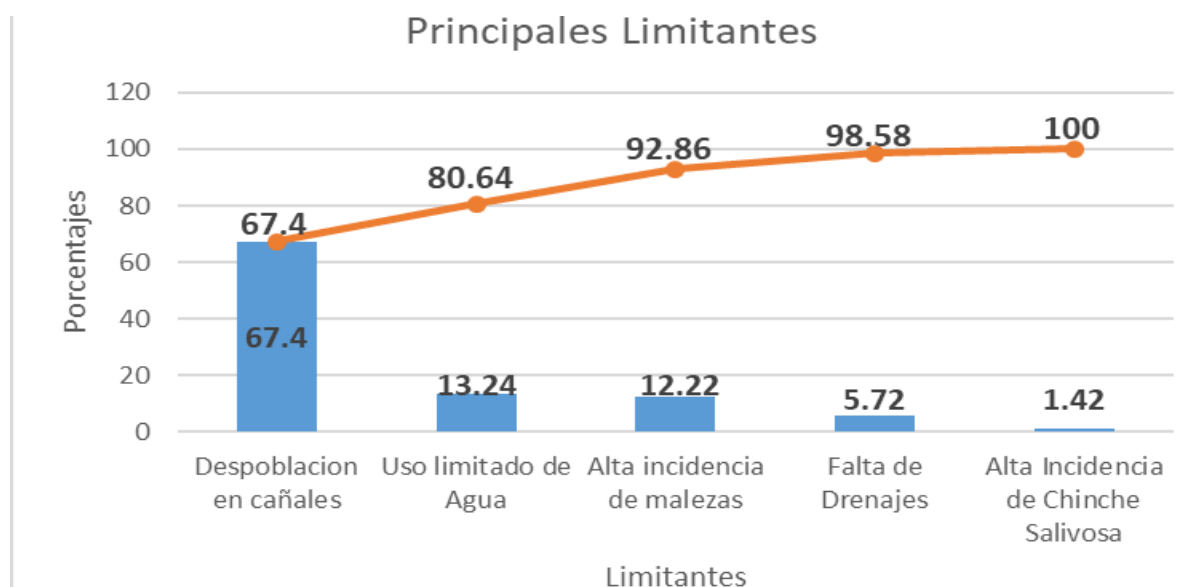


Figura 5. Diagrama de Pareto de las principales limitantes de la zona.

El diagrama muestra que las dos principales limitantes es la despoblación en los cañales renovados y el uso limitado del agua, por lo tanto, se debe encontrar una forma de incrementar la eficiencia de la siembra para aumentar la población en los cañales e incrementar la eficiencia en el uso del agua para obtener un mejor aprovechamiento del

riego. Se debe tener prioridad a estas dos problemáticas ya que comprenden el 80 % de las limitantes de la zona de producción cuatro del Ingenio Madre Tierra.

1.6 CONCLUSIONES

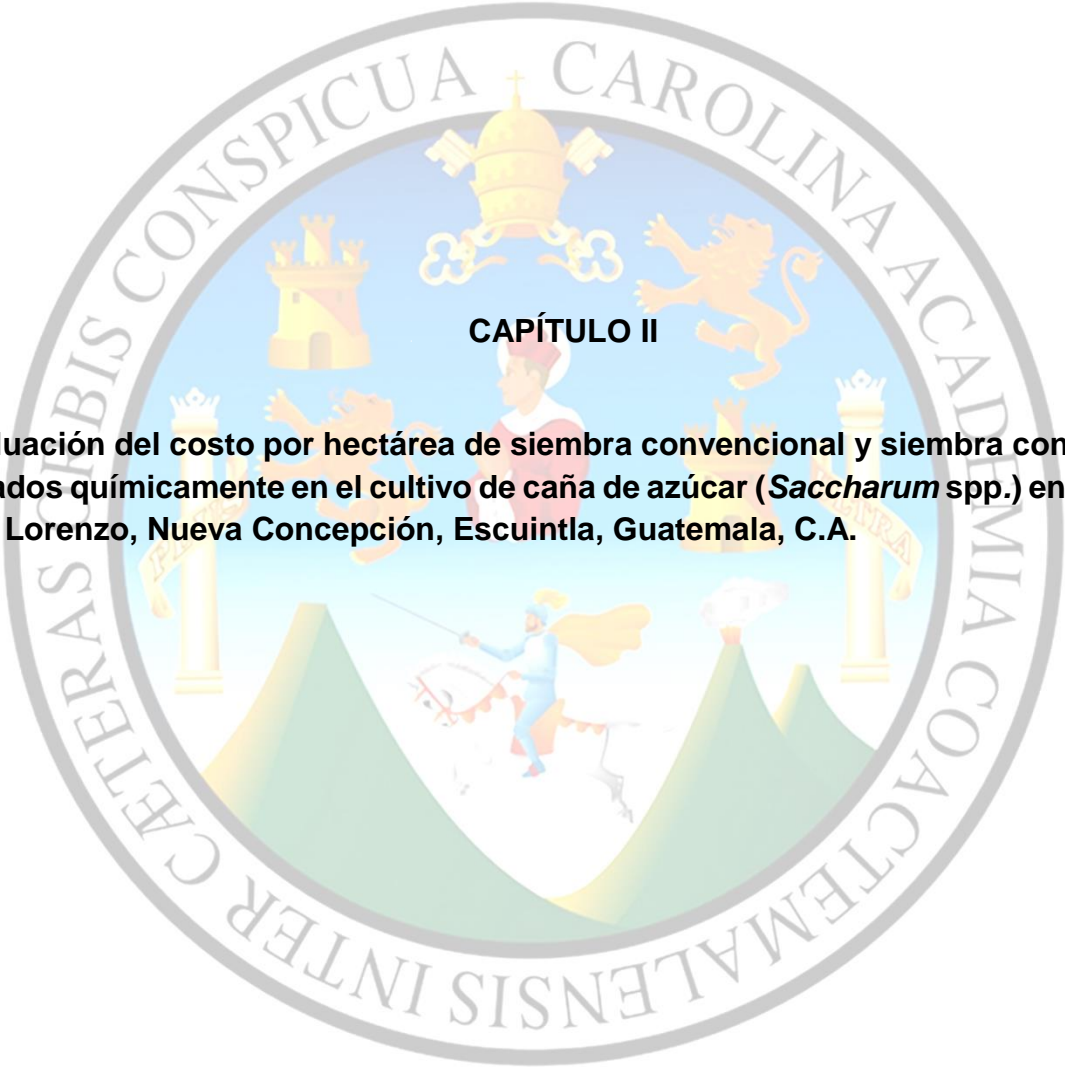
1. El manejo agronómico que se le da al cultivo de la caña de azúcar en la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra son la siembra, el manejo post siembra que incluye las labores como control de malezas, fertilización, riego, control de plagas, aplicación de madurantes, y por la cosecha.
2. Las principales limitantes en la producción de caña de azúcar en la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra la baja población en los cañales renovados, esto se debe a la falta de preparación de la semilla al momento de la siembra, otra limitante es el uso limitado de agua para riego, esto debido a la prohibición que tienen los ingenios de tomar agua del río Madre Vieja, el cual era su principal fuente de agua.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Implementar técnicas post siembra como la resiembra a los 20 DDS, para obtener un mejor porcentaje de brotación y así asegurar que el porcentaje de despoblación en la etapa de macollamiento sea bajo y por lo tanto obtener buenas producciones de toneladas de caña por hectárea.
2. Implementar pozos y norias, para suplir las necesidades de agua en los cañales en la época de verano, así mismo evaluar otros tipos de riego que sean más eficientes y se adapten mejor a la textura de los suelos.
3. Diseñar e implementar planos o diseño de riego que se adapten a la topografía del terreno y favorezca a una disminución en las revoluciones de las bombas de riego para disminuir el combustible, así mismo haya una presión de 70 psi en los aspersores y un mayor traslape entre los aspersores

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, J. (2018.). *Manejo del riego en zona cuatro de Ingenio Madre Tierra*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
2. CENGICAÑA. (2012.). *Guía de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar*. Guatemala.
3. Duarte, H. (2018). *Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
4. Estrada, S. (2018). *Descripción del manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
5. Lemus, C. (2018.). *Proceso de la cosecha manual y mecanizada*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
6. López, L. (2018). *Manual de producción del cultivo de caña de azúcar*. Honduras: Universidad Zamorano.
7. Melgar, M; Meneses, A; Espinosa, R y Orozco, H. 2014. *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Artemis Edinter. Cengicaña. Guatemala 512 p
8. Ortiz, J. M. (2018.). *Zona cuatro del Ingenio Madre Tierra*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
9. Valenzuela, D. (2018). *Descripción de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra*. Ingenio Madre Tierra. Guatemala.
10. Villatoro, B. (2018). *Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala*. Guatemala: CENGICAÑA.



CAPÍTULO II

Evaluación del costo por hectárea de siembra convencional y siembra con toletes tratados químicamente en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la finca San Lorenzo, Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de caña de azúcar en los últimos años ha alcanzado gran importancia en Guatemala, en la región de la costa sur; siendo la industria azucarera una de las mayores proveedoras de empleo directo e indirecto en Guatemala, además de estar posicionado en el cuarto lugar a nivel mundial como exportador de azúcar. De acuerdo con cifras de Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA), la agroindustria azucarera guatemalteca representa el 3 % del PIB; cálculos indican que el azúcar ha generado en promedio el 1.11 % del PIB nacional durante los últimos 9 años, en el año 2016 su aporte fue de 1.15 %.

ASAZGUA indica que el sector emplea a 350 mil personas, de los cuales 35 mil corresponden a cortadores de caña. Para la zafra 2017 y 2018 la cantidad de quintales producidos fueron de 61.30 millones de los cuales el 75 % fue de exportación y el 25 % restante fue para el consumo local, generando divisas de 979 millones de dólares.

Durante los últimos 5 años la cotización del azúcar ha experimentado un fuerte descenso en la bolsa de Nueva York, esto se ve influenciado por diversos factores tales como la oferta y la demanda, pero también el dólar y el valor del petróleo, condiciones climáticas y la evolución del mercado de la transformación y comercialización del azúcar crudo. Paso de estar en el año 2011 en \$. 0.27/kg a \$. 0.13/kg en lo que va del 2018 (precios promedios en azúcar crudo).

En cuanto a estas razones los ingenios azucareros se han dado a la tarea de buscar métodos más eficientes de producción en fábrica y en el campo, buscando bajar los costos de producción para seguir teniendo rentabilidad ante estas fluctuaciones a la baja del precio. El proceso de siembra de la caña de azúcar en los ingenios azucareros se basa principalmente en el uso de esquejes de 60 cm sin realizarle ningún tratamiento químico que ayude a la prevención de plagas y enfermedades.

En el proceso de siembra con toletes al cual se le aplicó el tratamiento químico, se tomaron en cuenta sus dosis recomendadas por parte de las casas comerciales; para el corte de semilla y siembra de la caña de azúcar se utilizaron nuevas labores (aplicación de tratamiento químico, transporte de cajas) extras a las cuales se realizan en la finca, además de que en el corte los esquejes no debían ser mayores a 20 cm; también se agregó una nueva labor que consistía en sumergir las cajas de toletes en tanques con la mezcla de tratadores químicos.

En el presente estudio se trata de establecer un nuevo método de siembra en el cual se utilizan toletes tratados químicamente y tomando los efectos en las variables de respuesta los cuales fueron: cantidad de brotación, altura de plantas y población de tallos.

Se hace necesario en la actualidad buscar alternativas y adaptar tecnologías como el uso de riegos más eficientes, densidades de siembra más bajas, variedades resistentes a plagas y enfermedades, y fertilización a requerimiento de los cultivos.

Los tipos de siembra convencionales en la caña de azúcar tienden a utilizar esquejes mayores a los 60 cm y sin la aplicación de tratadores químicos de semilla, lo cual incrementa el daño por plagas y enfermedades que se encuentren en el suelo. Se planteó esta investigación con el objetivo de determinar el costo por hectárea de los tipos de siembra convencional y el costo por hectárea de la siembra con toletes tratados químicamente.

En este estudio se pudo determinar que el uso de toletes, que son esquejes no mayores de 20 cm, presenta reducciones del 54 % en la cantidad de material vegetal además de una ganancia de Q. 200/ha utilizados en la siembra de caña de azúcar, y teniendo un costo de oportunidad de Q 1,350.00, siendo este el tratamiento con toletes los cuales son esquejes de 20 cm que cuentan de 2 a 3 yemas vegetativas.

Se determinó que el tratamiento donde se utilizaron tratadores químicos de semilla que consiste en una mezcla de Difenconazole y Fipronil, esta mezcla del tratamiento químico tiene un precio de Q. 45.00 para la siembra con toletes y un precio de Q. 80.00 para la

siembra con esquejes, se reduce el costo del tratamiento en la siembra con esquejes esto es debido a que la cantidad de semilla a utilizar por toletes es 6.10 T de caña de azúcar menor a la siembra con esquejes. Los tratamientos cuales presentan mejores resultados en cuanto de brotación y población, es el tratamiento 1 (toletes y tratamiento químico) que presenta mayor porcentaje de brotación y población en base a un menor daño de plagas y enfermedades del suelo.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Importancia de la caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar contribuye significativamente a la economía del país en general, Actualmente existen unas 265,000 ha cultivadas con caña (CENGICAÑA, 2013). La agroindustria es de las que más contribuye dentro de la economía del país; por medio de exportaciones de azúcar, en el año 2010 se reportó que contribuyo el 10.25 % del PIB de las exportaciones totales del país; 20.80 % de las exportaciones agrícolas y generó \$ 493 millones de divisas. En Guatemala operaran 12 ingenios, ubicados en cuatro departamentos del área de la costa sur del pacifico; siendo ellos Escuintla, Santa Rosa, Retalhuleu. La agroindustria azucarera guatemalteca, genera aproximadamente 421,000 empleos directos e indirectos, de los cuales 32,000 corresponden a cortadores de caña. (AZASGUA, 2015).

2.2.2 Aspectos generales de la planta

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo con altas concentraciones de sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en un ingenio azucarero se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico. (Villalobos, 2013)

2.2.2.1 Características morfológicas

A. La raíz

La raíz es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80 % de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso. (Villalobos, 2013)

B. El tallo

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. (Díaz, 2002)

C. La hoja

Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales puede dar lugar al nacimiento de una nueva planta. (Díaz, 2002)

D. La inflorescencia

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica. (Santisteban, 2015)

2.2.2.2 Fenología del cultivo

El ciclo fenológico del cultivo de la caña de azúcar se divide en 4 fases de desarrollo, las cuales son: iniciación, macollamiento, elongación y maduración. En el cuadro 1 se describe la duración de las fases fenológicas del cultivo. (Melgar, Meneses, Espinosa, Orozco, & Castro, 2012)

El cuadro 5 muestra los días para cada una de las etapas en ciclo vegetativo de la caña de azúcar.

Cuadro 5. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.

Cultivo de caña de azúcar	Etapa			
	Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
Caña Plantía	45 días	90 días	180 días	45 días
Caña Soca	30 días	90 días	195 días	45 días

Fuente: Melgar, Meneses, Espinosa, Orozco, & Castro, 2012.

A. Fase de iniciación

La fase de Iniciación empieza cuando se siembra el esqueje y termina hasta la germinación y brotación de las yemas, este proceso tiene un periodo de 10 a 15 días después de la siembra y se extiende hasta los 45 días. (Rosales, 2013)

En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas, la germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos, los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo y los internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional, la temperatura óptima para la brotación es de alrededor de 28 °C y 30 °C. La temperatura mínima para la germinación es de 12 °C ya que la germinación produce una mayor respiración es importante tener una buena aireación del suelo. (Ponce, 2015)

B. Fase de macollamiento

La fase de macollamiento dura aproximadamente 3 meses es decir 90 días, comienza alrededor de los 45 días después de la siembra y se extiende hasta los 135 días después de la siembra. (Rosales, 2013)

El macollamiento es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, es decir que la planta de caña se ramifica en su parte basal y genera nuevas brotaciones, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario. El macollamiento le da al cultivo un número adecuado de tallos, que permitan obtener un buen rendimiento. (Ponce, 2015)

Existen diversos factores, tales como la variedad, la luz, la temperatura, la humedad del suelo y las prácticas de fertilización afectan el macollamiento. La luz es el factor externo más importante que afecta el macollamiento. La incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta de caña durante este periodo es de mucha importancia. Una

temperatura cercana a 30 °C es considerada como óptima para el mientras que temperaturas inferiores a 20 °C retardan el macollamiento. (Ponce, 2015)

Los brotes que se logran formar primero dan origen a tallos más gruesos y pesados. Los brotes tardíos mueren o se quedan cortos o inmaduros. (Ponce, 2015)

C. Fase de elongación

La fase de elongación dura 6 meses es decir 180 días, esta etapa comienza a los 135 días después de la plantación y se extiende hasta los 315 días. (Rosales, 2013)

Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la caña y su rendimiento. En esta fase ocurre una formación frecuente y rápida de hojas, alcanzando un índice de área foliar (IAF) de 6 m² a 7 m². Bajo condiciones favorables los tallos crecen rápidamente, formando de 4-5 nudos por mes (Marroquín, 2014)

El riego y la presencia de condiciones climáticas de calor, humedad y luz favorecen una mayor elongación de la caña. Temperaturas sobre 30 °C, con humedad cercana al 80 %, son más adecuadas para un buen crecimiento. (Marroquín, 2014)

D. Fase de maduración

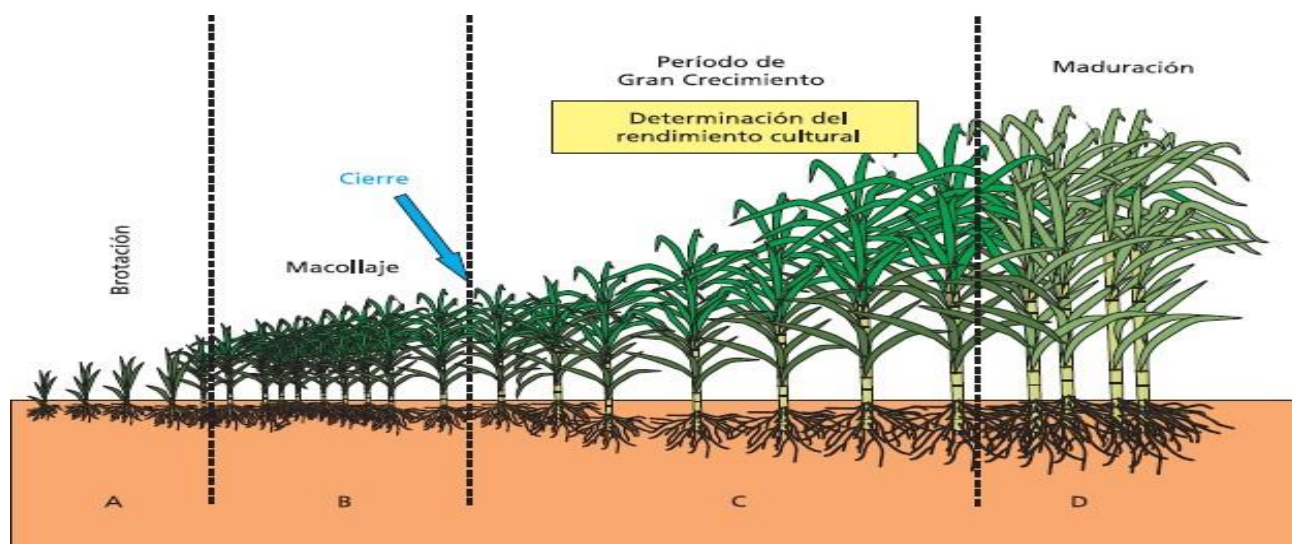
La fase de maduración dura cerca de 3 meses, comenzando a los 270 días a 360 días. Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar, con una rápida acumulación de azúcar y el crecimiento vegetativo disminuye. A medida que avanza la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) son convertidos en azúcar de caña (sacarosa, que es disacárido). (Espinoza, 2012)

En la etapa de maduración la planta de caña disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. En general, el proceso de maduración es gradual hasta

llegar a un punto máximo, después del cual el contenido de sacarosa en los tallos de caña declina. (Espinoza, 2012)

La concentración de sacarosa en el jugo depende de varios factores como la oscilación de la temperatura entre el día y la noche (15 °C), la humedad del suelo o precipitación (30 mm/mes a 100 mm/mes) y la luminosidad (11.5 horas luz a 12.5 horas luz) entre 4 y 6 semanas antes de la cosecha. Esta etapa es clave por ser la etapa de la concentración del producto industrial final de interés: la sacarosa. En Guatemala, las condiciones ambientales antes mencionadas ocurren entre noviembre y abril que es el período donde se realiza la zafra. (Espinoza, 2012)

En la figura 6 se observa el ciclo del cultivo con sus etapas fenológicas que son brotación, macollamiento, elongación y maduración.



Fuente: Romero (2009).

Figura 6. Fenología del cultivo de caña de azúcar.

2.2.2.3 Propagación de la caña de azúcar

La caña se propaga comercialmente mediante la plantación de esquejes, de cada nudo sale una planta nueva idéntica a la original; una vez plantada la planta crece y acumula azúcar en su tallo, el cual se corta cuando está maduro. La planta brota varias veces (caña soca) y puede seguir siendo cosechada. Estos cortes sucesivos se llaman "zafras". La planta se deteriora con el tiempo y por el uso de la maquinaria que pisa las raíces, así que se debe replantar cada 5 años o dependiendo de la variedad utilizada (Marroquín, 2014).

A. Esquejes

Los esquejes son segmentos de los tallos cortados, utilizados para la reproducción vegetativa, al introducirlos al suelo, estos brotan y enraízan naciendo una planta nueva idéntica a la anterior. Los esquejes utilizados para la reproducción de caña de azúcar tienen 60 cm de longitud con un promedio de 3 a 4 yemas dependiendo de la variedad (Marroquín, 2014)

En la figura 7 se observan los paquetes con 30 esquejes de 60 cm de longitud.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7. Paquetes de esquejes de caña de azúcar.

2.2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos

La temperatura, la humedad relativa, lluvia y la luminosidad son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña. La caña de azúcar es una planta tropical y se desarrolla mejor en lugares calientes y soleados (Estévez, 1995)

Cuando prevalecen temperaturas altas la caña de azúcar alcanza un gran crecimiento vegetativo y bajo estas condiciones la fotosíntesis se desplaza, hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Se tienen reportes que a bajas temperaturas todas las variedades de caña tienen una menor eficiencia y más baja proporción de desarrollo. (Estévez, 1995)

A. Temperatura

La temperatura influye en la brotación, en el crecimiento y en la maduración de la caña de azúcar. La temperatura óptima para la brotación de los esquejes es de 32 °C a 38 °C. La brotación disminuye bajo 25 °C, llega a su máximo entre 30 °C a 34 °C, se reduce por sobre los 35 °C y se detiene cuando la temperatura sube sobre 38 °C. Temperaturas sobre 38 °C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12 °C a 14 °C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña. (MAG, Costa Rica 1991)

B. Humedad relativa

Durante el período del gran crecimiento condiciones de alta humedad (80 a 85%) favorecen una rápida elongación de la caña. Valores moderados, de 45 a 65 %, acompañados de una disponibilidad limitada de agua, son beneficiosos durante la fase de maduración. (MAG, Costa Rica 1991)

C. Lluvia

Una precipitación total entre 1,100 mm y 1,500 mm es adecuada, siempre que la distribución de luz sea apropiada y abundante en los meses de crecimiento vegetativo, seguido de un período seco para la maduración. Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña, la elongación y la formación de entrenudos. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo, favorece el crecimiento vegetativo, la formación de cañas de agua y aumenta la humedad del tejido. Además, dificulta las operaciones de cosecha y transporte. (MAG, Costa Rica 1991)

D. Luminosidad

La caña de azúcar es una planta que adora el sol. Crece bien en áreas que reciben energía solar de 18 MJ/ m² a 36 MJ/m². Por ser una planta C4 la caña de azúcar es capaz de altas tasas fotosintéticas y este proceso tiene un alto valor de saturación de luz. El macollamiento es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar. Una alta intensidad y larga duración de la irradiación estimulan el macollamiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan adversamente. El crecimiento del tallo aumenta cuando la luz diurna se extiende entre 10 días a 14 días. El incremento del índice de área foliar es rápido durante el tercer y quinto mes de crecimiento, coincidiendo con la fase formativa del cultivo, y alcanza los valores máximos al comienzo de la fase del gran crecimiento. (MAG, Costa Rica 1991)

E. Suelos

Para la zona cañera en Guatemala que es un área donde se poseen los mejores suelos del país, no existen problemas para la producción de la caña de azúcar, debido a que el cultivo de caña de azúcar prefiere de suelos francos, que presenten un buen drenaje de amplia profundidad y con un óptimo pH que se localice entre los 5.5 y 7.5. Sin embargo, el cultivo

de caña de azúcar no es muy exigente en cuanto a suelos. Únicamente presente problemas para su producción en suelos ácidos y calizos en donde pueden ocasionar la clorosis de las plantas. (Pérez, 2012)

Cuando en el cultivo cuenta con sistemas de riego se obtienen mejores rendimientos que en cultivos sin riego. El cultivo de la caña también se puede dar en suelos marginales como por ejemplo los suelos arcillosos y arenosos pero que tengan amplio drenaje. Los suelos no recomendados para la producción de caña de azúcar son los suelos limosos y los suelos franco-limosos. (Pérez, 2012)

2.2.2.5 Riego

El riego en la zona cañera de Guatemala es una actividad muy importante, se desarrolla junto con la zafra en el período seco, del 15 de noviembre al 15 de mayo. La actividad del riego se incrementa en la dirección al mar, debido al aumento del déficit hídrico. El despegue de la actividad del riego en la zona cañera guatemalteca empezó en el año 2000, en ese entonces el área de riego era del 61 %, pero en la zafra 2009 a 2010, llegó a ocupar el 80 % en relación con el área total administrada. La labor del riego tiene como objetivos: Asegurar la población inicial de la caña de azúcar e incrementar el peso de los tallos, para tal fin, se realizan riegos pos-corte o siembra y precorte para cada una de las etapas fenológicas tipificadas por sus necesidades hídricas. (Castro, 2012)

Actualmente, para seleccionar sistemas de riego se han utilizado los parámetros: eficiencia en el uso del agua, y economía en la inversión y manejo del sistema de riego, los cuales han permitido optimizar el uso del agua derivada de la diversidad de fuentes como: ríos, norias, pozos profundos, pozos artesanales y aguas servidas de origen industrial. (Castro, 2012)

A. Sistemas de riego presurizados

Permanecen fijos mientras riegan, se diferencian por el tipo de energía y presión de operación en los aspersores, se clasifican de la siguiente forma. (Castro, 2012)

a. Aspersión presión alta tipo cañón, con energía por gravedad

Este sistema utiliza la energía por diferencial de altura, tiene tubería fija en la conducción y distribuye el agua a la parcela a través de hidrantes. Utiliza tubería móvil en la distribución con aspersores de alta presión (40 a 50 psi). En cada hidrante operan dos aspersores. La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 75 y 80 %. (Barneond, 2011)

b. Aspersión presión alta tipo cañón con energía fósil

Sistema móvil en todos sus componentes, funciona con motobomba, tubería en la conducción y distribución con aspersores de alta presión (40 a 50 psi). El número de aspersores en operación varía entre dos y ocho. La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 75 y 80 %. (Barneond, 2011)

c. Aspersión con presión media y con energía fósil

Se utiliza las variantes: sistema móvil en todos sus componentes y el sistema móvil solo en la distribución del agua. Funciona con motobomba, los aspersores son de presión media (30 a 40 psi). El número de aspersores por lateral varía entre 25 y 30. La moda del diseño del sistema motobomba es para operar con ocho laterales. En la industria se conoce como mini aspersión (su nombre se origina al compararse con el sistema cañón de presión alta). La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 80 y 85 %. (Barneond, 2011)

B. Sistemas de aspersión con desplazamiento continuo

Estos sistemas se desplazan mientras riegan, se diferencian por la forma de desplazamiento, los aspersores se caracterizan por operar con baja presión (< 20 psi). (Castro, 2012)

a. Pivotes (desplazamiento circular) fijo y móvil

Sistema con ramal de riego con un extremo fijo, por el que recibe el agua y la energía eléctrica y otro móvil que describe un círculo girando sobre el primero, se caracterizan porque se mueve mientras riega; está formado por una tubería porta-emisores que va sustentada sobre torres automotrices. Tiene aproximadamente 11 torres. La pluviometría es variable en cada una de las torres. La movilidad del ramal puede también ser hidráulica. La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 85 y 90 %. (Barrios, 2018)

b. Avance frontal (desplazamiento paralelo)

La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 85 y 90 %. Es un sistema que se desplaza paralelamente a sí misma mientras riega, formada por un lateral o ala, en un extremo recibe el agua a través de un canal por medio de una motobomba. Su longitud suele variar entre 200 m y 600 m. La pluviometría no varía a lo largo del lateral al regar. (Barrios, 2018)

C. Sistemas de riego con goteo

Sistemas de riego que se caracterizan por distribuir el agua por gotas y solo humedecen el área con la mayor concentración de raíces de la caña de azúcar. El agua tiene que ser de

buena calidad y posee una alta eficiencia en la distribución del agua cercana a 95 %. (Castro, 2012)

2.2.2.6 Requerimientos nutricionales

El cultivo de la caña de azúcar requiere para su óptimo crecimiento y desarrollo 16 elementos denominados esenciales. Estos nutrientes son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Adicionalmente debe incluirse el silicio (Si), aunque no se le considera esencial es importante y es un elemento benéfico en la nutrición del cultivo de caña de azúcar. El C, H y O provienen del agua y del aire, y son los elementos que constituyen la mayor parte del peso de las plantas. Los otros 13 elementos son minerales y provienen del suelo o son adicionados como fertilizantes. (Pérez, 2012)

El requerimiento de nutrientes para la caña de azúcar varía según la variedad, el suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo.

En el cuadro 6 se presentan las extracciones totales de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) extraídas por cuatro variedades de caña de azúcar, bajo condiciones de riego, en la zona central de la región cañera de Guatemala. (Pérez, 2012)

Cuadro 6. Extracción de nutrientes por cada tonelada de caña comercial (kg/T caña) de cuatro variedades de caña de azúcar en Guatemala.

Nutriente	Variedad			
	CP72-2086	PGM89-968	SP79-2233	CG96-59
Nitrógeno (N)	1.00	0.92	0.88	1.19
Fosforo (P)	0.40	0.45	0.45	0.48
Potasio (N)	2.65	2.81	3.1	2.87
Calcio (Ca)	0.60	0.51	0.64	0.65
Magnesio (Mg)	0.27	0.19	0.33	0.21

Fuente: Pérez (2012).

En el cuadro 6 se observa que el K es el nutriente requerido en mayores cantidades por el cultivo de caña de azúcar y varía de 2.65 kg en la variedad CP72-2086 a 3.10 kg de K₂O por tonelada de caña en la variedad SP79-2233. Con relación a N, los requerimientos entre las variedades también son diferentes. Por ejemplo, la variedad CG96-59 requiere más N que las otras variedades con 1.19 kg de N/ T caña. (Pérez, 2012)

Por su parte, la variedad CP72-2086 se considera intermedia con una extracción de 1 kg de N/T caña. Variedades como la SP79-2233 y PGM89-968 tienen menores requerimientos ya que presentan menores valores de extracción de 0.88 y 0.92 kg de N/T de caña comercial. (Pérez, 2012)

2.2.2.7 Distanciamiento de siembra

El distanciamiento de siembra o distanciamiento entre surcos utilizado actualmente en la industria cañera guatemalteca es de 1.50 m y en algunas áreas el distanciamiento es de 1.5 m entre surcos, principalmente en suelos francos y franco arenosos con riego con el fin de evitar el pisoteo de la macolla por el paso de la maquinaria. (Calderón, 1995)

La población de tallos, la longitud, el grosor y la densidad de estos constituye los componentes principales del rendimiento de la caña; pero la población de tallos por unidad de área y su peso, han sido considerada como el componente más importante del rendimiento. (Calderón, 1995)

La población de los tallos por unidad de área está directamente afectada por el espaciamiento entre surcos y entre plantas, por lo tanto, es posible incrementar la productividad mediante el manejo de este factor. La siembra de caña de azúcar a densidades elevadas ocasiona un aumento teórico del rendimiento. Esto se debe a que la población de plantas aumenta exponencialmente, a medida que la distancia entre ellas disminuye aritméticamente. (Calderón, 1995)

Por lo general, la separación entre los surcos oscila entre 1.30 m y 1.80 m, dependiendo de las condiciones del clima y las características edáficas de la zona, la variedad, la fertilidad del suelo y las practicas del cultivo, entre otras; pero lo más común es que se utilice una separación entre surcos de 1.5 m. (Subiros, 1995)

2.2.2.8 Tratamiento térmico y químico

El material de siembra para el establecimiento del cultivo de caña de azúcar se debe tratar en forma térmica y químicamente para evitar la diseminación de enfermedades. Entre los sistemas más comúnmente empleados se encuentran: aire caliente a 54 °C, durante 8 horas; vapor aireado a 54 °C, durante 4 horas; y agua caliente a 50 °C, durante 2 horas. Este último sistema es el más efectivo en el control del raquitismo de la soca, enfermedad que afecta la germinación de las yemas en algunas variedades. (Victoria, 1995)

Se hace en cámaras especiales y consiste en un tratamiento previo de la semilla en agua a 50 °C durante 10 minutos, seguido de un periodo de reposo de 8 a 12 horas en temperatura

ambiente, y de nuevo tratamiento en agua a una temperatura de 51 °C durante una hora. (Victoria, 1995)

Se debe tener en cuenta que, al sumergir la semilla en agua caliente, la temperatura de esta disminuye, aproximadamente entre 4 °C y 6 °C, por lo tanto, el tiempo de tratamiento se debe contabilizar una vez que la temperatura del agua alcance de nuevo 51 °C. Si el tratamiento con agua caliente se hace 12 horas después de haber efectuado el pretratamiento, este último empieza a perder su efecto protector sobre las yemas y 36 horas después desaparece completamente. (Victoria, 1995)

La semilla que se trata con agua caliente no debe medir más de 60 cm, ya que a mayor longitud hay menor deficiencia en la eliminación de la bacteria que causa el raquitismo de la soca como resultado de la baja conductividad del calor que tienen los tejidos de la caña. (Victoria, 1995)

2.2.2.9 Plagas en caña de azúcar

El programa MIP-CENGICAÑA en colaboración con el Comité de Manejo Integrado de Plagas (CAÑAMIP) ha generado valores de pérdida e índices de daño para las principales plagas, las que se presentan en el cuadro 7. Estos valores son relativos y variables, según las condiciones locales y valores de manejo para cada ingenio. (Melgar, Meneses, Espinosa, Orozco, & Castro, 2012)

Cuadro 7. Factor de perdida e índice de daño estimado para las principales plagas en Guatemala.

Plaga	Factor de perdida	Índice de daño	Umbral económico
Chinche Salivosa	8.21 TCH/1 ad/tallo 5.83 kg Az/t/1adulto/tallo	1,465g Az/ha/1 adulto/tallo	0.05-0.10 ninfas y adultos/tallo
Gallina Ciega	0.62 TCH/larva/m2	70.90 kg Az/ha/1 larva/m2	10 larvas/m ²
Barrenador del Tallo	0.36 kg Az/t/1% intensidad de infestación	32.40 kg Az/ha/1 % intensidad de infestación	7 % de intensidad de infestación
Chinche Hedionda	0.053 TCH/insecto/m ²	6.09 kg Az/ha/insecto/m ²	100 insectos/m ²
Rata de campo	0.5 TCH/1 % infestación. 2.19 kg Az/t/1% i.i	65 kg Az/ha/ 1% infestación	6 % de tallos dañados

Fuente: Melgar, Meneses, Espinosa, Orozco, & Castro, 2012

A. Chinche Salivosa (Homóptera / Cercopidae)

Aeneolamia postica y *Prosapia simulans* son las especies de importancia en el cultivo de caña de azúcar, con el 96 y 4 % de abundancia, respectivamente. Es un insecto con aparato bucal picador-chupador, que se alimenta del xilema de una gran variedad de gramíneas neotropicales y cuya infestación en caña de azúcar se repite cada año con los huevos diapáusicos depositados en el suelo, el ciclo anterior. Estos huevos dan origen a la primera generación de ninfas en la estación lluviosa, y de ahí surgen varias generaciones de adultos cuyos huevos ya no tienen diapausa y eclosionan en 15 días, lo que aumenta la densidad poblacional en el campo. (Márquez, 2012)

B. Barrenadores del género *Diatraea*

Las especies del género *Diatraea* (Lepidóptera: Pyralidae) son las de mayor importancia económica y mayor distribución geográfica en Guatemala. *Diatraea nr. crambidoides* (grote) tiene una abundancia relativa del 73 % en el estrato bajo y litoral, comparado con un 27 % de *D. saccharalis* (Fabricius). La biología de las especies de *Diatraea* indica que ambas colocan huevos agregados en posturas y requieren entre 5 días y 6 días para eclosionar. El período de desarrollo larval es significativamente diferente, ya que en *D. saccharalis* es de 21 a 23 días, en tanto que en *D. nr. crambidoides* se prolonga de 33 días a 43 días. Es por ello que el ciclo promedio de vida se estima entre 41 días y 57 días, respectivamente. (Márquez, 2012)

C. Gallina Ciega, *Phyllophaga* spp.

Las larvas de la familia de Scarabidae (Coleóptera) se conocen como gallina ciega, se alimenta de las raíces de las plantas, especialmente de las gramíneas, los adultos son llamados ronrones o escarabajos. (Macz, 1999)

Para Guatemala se ha reportado los géneros de las subfamilias *Melolonthinae*, *Anomala*, *Cyclocephala* y *Phyllophaga*. Entre las distintas especies de *Phyllophaga* spp. identificadas existen hábitos alimenticios rizófagos (raíces) y saprófagos (materia orgánica en descomposición). Los adultos se alimentan de hojas, brotes tiernos, botones y néctar de flores. Para los rizófagos estrictos, la materia orgánica puede actuar como un fago estimulante y como un atrayente para alimentarse de las raíces de las plantas y causar daño. (Macz, 1999)

El daño que causan las larvas de gallina ciega en las raíces se manifiesta con mayor intensidad en los meses de agosto, septiembre y octubre, que es cuando la larva se encuentra en el tercer estadio, dura mucho tiempo y está adaptado a condiciones ambientales adversas. (Macz, 1999)

D. Chinche Hedionda, *Scaptoris* spp.

Scaptoris spp, es conocida como chinche hedionda de la raíz de la caña de azúcar, se distingue por sus hábitos fosoriales que es su característica de expeler sustancias de mal olor para su defensa. Afecta el desarrollo normal de las plantas de caña de azúcar, provocando un crecimiento lento y delgado de los tallos, disminuyendo considerablemente el peso de los mismo al succionar los jugos nutritivos de la caña de azúcar provocando heridas con su aparato bucal, siendo una entrada para agentes patógenos. (Gonzales, 2000)

E. Gusano Alambre, *Agriotes* spp.

Comúnmente se les conoce a las larvas de Elateridae (Coleóptera) como gusanos alambre, nombrados así porque son de cuerpo duro, alargado, cilíndrico y de color café-rojizo, lo cual los asemeja a un alambre de cobre o bronce. El gusano alambre pueden llegar a ser muy perjudiciales que destruyen completamente las semillas e impiden su germinación, atacan las raíces, pueden barrenar las partes subterráneas de tallo de las plántulas y facilitan la entrada de enfermedades en las plantas atacadas. (Macz, 1999)

2.2.2.10 Enfermedades

Las enfermedades en el cultivo de caña de azúcar pueden afectar procesos tales como la fotosíntesis, respiración, circulación del agua y de la savia en los haces vasculares, absorción de agua y nutrientes del suelo y, en consecuencia, disminuye la producción de sacarosa en el caso de la caña de azúcar. Por eso es importante mantener al cultivo libre de enfermedades, lo cual puede lograrse ya sea por la aplicación de productos químicos o por el uso de variedades resistentes. En caña de azúcar, en la mayoría de los países del mundo se enfoca el control de enfermedades con el uso de variedades resistentes y Guatemala no es la excepción. (Ovalle, 2018)

A. Muermo Rojo, *Physalospora tucumanensis*

La enfermedad puede presentarse en las hojas y en los tallos. En los tallos provoca un cambio de coloración a color rojo en los tejidos internos. De los trozos de tallo infectados usados como semilla la infección puede pasar las bases de tallos jóvenes. Se ha observado que puede causar pudriciones secas en los ápices de tallos terciarios o cuaternarios. También puede presentarse en tallos con daños mecánicos como cortes o perforaciones de insectos. En las hojas causan lesiones alargadas en el haz de las nervaduras principales. Las lesiones varían en longitud desde 0.5 cm hasta lo largo de toda la hoja, son de color rojo intenso al principio y café rojizo después. (Ovalle, 2018)

Si las condiciones ambientales son favorables, el hongo esporula abundantemente, produciendo acérvulos que se observan como pequeños puntos negros como una especie de pelos o setas sobre el área necrótica de la lesión. En los trozos de semilla su efecto puede ser severo, provocando fallas en la emergencia o marchitando y matando tallos jóvenes. Esto se observa raramente en Guatemala y ha pasado en pequeños parches, cuando hay mal drenaje. (Ovalle, 2018)

B. Mal de Piña, *Ceratocystys paradoxa*

El principal efecto de la enfermedad ocurre en los trozos de semilla los cuales se infectan y son invadidos por el hongo a través de los cortes. Inicialmente la infección se observa como un cambio de coloración roja o café rojizo. Posteriormente se observa como un cambio de coloración oscura llegando a ser negra cuando el hongo esporula. En ocasiones se observan estrías de color negro en la corteza del tallo. En estados iniciales de la infección las lesiones emiten un olor similar a la de la piña. El principal efecto es sobre la brotación de las yemas las cuales en ocasiones muere el trozo completo de semilla. (Ovalle, 2018)

En Guatemala se han observado infecciones por el mal de piña en semilleros de 6 y 7 meses en la variedad CP73-1547 y en plantaciones comerciales de la variedad CG98-78. En algunos casos la apariencia externa de los tallos (Ovalle, 2018)

C. Carbón de la caña de azúcar, *Sporisorium scitamineum*

El síntoma característico es una estructura en forma de látigo en el ápice del tallo infectado, tal estructura inicialmente está cubierta por una membrana delgada y brillante que al romperse permite la liberación de las esporas de color café oscuro. Cuando el último látigo ha perdido su cubierta de esporas es de apariencia corchosa y de color café claro. En algunos casos ocurre infección en yemas laterales y entonces se puede observar pequeños látigos laterales en los brotes desarrollados, aunque la yema apical puede tener un crecimiento normal. (Ovalle, 2018)

Cuando la infección ocurre en las yemas de los trozos de semilla, los tallos que emergen son delgados, con entrenudos largos y en algunos casos dejan de ser cilíndricos para tomar una forma ovalada. En este caso, la apariencia de la cepa puede ser zacatosa, las hojas son delgadas y erectas. Todo ellos antes de emerger un látigo. (Ovalle, 2018)

2.2.3 Marco referencial

2.2.3.1 Ubicación del ensayo

Finca San Lorenzo se ubica en las coordenadas latitud $14^{\circ}11'46.36''$ Norte y longitud $91^{\circ}14'37.16''$ Oeste, tiene una extensión territorial de 353.39 ha, se encuentra a una altura de 20 m s.n.m, en el municipio de la Nueva Concepción, del Departamento de Escuintla, Guatemala. (IGN, 2019)

A continuación, se presenta la imagen satelital de Google Earth de finca San Lorenzo.



Fuente: Google Earth (2018).

Figura 8. Vista satelital de finca San Lorenzo.

2.2.3.2 Temperatura

La temperatura media anual en la finca es de 24 a 30 °C, Con temperaturas mínimas de hasta 20 °C y máximas de 36°C. (INSIVUMEH, 2019)

2.2.3.3 Precipitación pluvial

La precipitación pluvial de la finca es de 1,800 mm anuales distribuidos en los meses de abril a noviembre. (INSIVUMEH, 2019)

2.2.3.4 Zona de vida

Según el sistema de zonas de vida de Holdrige, la finca San Lorenzo se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálida (bh- S (c)). (Holdrige, 2018)

2.2.3.5 Condiciones edáficas

A continuación, se presentan las condiciones edáficas de la finca en donde se ubicará la investigación.

A. Suelos molisoles

Estos suelos ocupan alrededor del 45 % del área cañera en Guatemala. Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Presentan un horizonte superficial grueso de color oscuro, rico en materia orgánica, saturación de bases mayor de 50 % en todos sus horizontes y un grado de estructuración de moderado a fuerte. Predominan las texturas franco-arenosas, franca y franco arcillo arenosa, y de subsuelo frecuentemente arenoso. El pH varía de ligeramente ácido a neutro. (Jordán, 2006)

B. Drenajes

El drenaje de la finca San Lorenzo es de muy pobre a bien drenado debido a las betas que existen en el lugar, además el nivel freático se encuentra bastante cercano a la superficie durante el invierno. (INSIVUMEH, 2019)

2.2.3.6 Variedad

A continuación, se presentan los detalles agronómicos de la variedad utilizada en la investigación.

A. Variedad de la caña de azúcar

Variedad CP 72-2086. (Melgar, Meneses, Espinosa, Orozco, & Castro, 2012)

B. Características agronómicas

La variedad CP72-2086 fue seleccionada de una progenie proveniente del cruce entre CP62-374 x CP63-588 realizado en 1967. CP es el lugar de origen Canal Point (Florida), 72 es el año en que fue seleccionada y 2086 el número de correlativo de selección de la variedad. (CENGICAÑA, 2008).

Esta variedad tiene hábitos de crecimiento de tallos semiabiertos con regular cantidad de follaje. El deshoje natural es catalogado como regular y el cogollo es largo (CENGICAÑA, 2008).

Esta es una variedad de buena apariencia general, germinación y encepamiento. De porte erecto no deshoja bien, de excelentes rendimientos en toneladas de caña y azúcar a inicio y al final de zafra. Su comportamiento a las enfermedades es el siguiente: Resistente a la

roya, peca amarilla y moderadamente resistente al carbón, al mosaico y mancha de anillo (CENGICAÑA, 2008).

Prospera bien en suelos húmedos y bajo riego a una altitud de 0 m a 220 m s.n.m, se adapta bien a suelos francos, francos limosos, franco arenoso y franco arcilloso profundos (Solares, 2011).

2.2.3.7 Productos para tratamiento químico de la semilla

Para realizar un tratamiento químico a los esquejes para la siembra del cultivo de caña de azúcar se utiliza una mezcla de un insecticida que asegure un control de para las plagas en el suelo como la gallina ciega y del gusano alambre, y de un fungicida que ayude a la prevención de enfermedades en el tallo como el mal de piña y el muermo rojo, en el cuadro 8 se describen los productos utilizados para el tratamiento químico de los esquejes. (Foragro.com, 2018)

En el cuadro 8 se detallan los productos utilizados para el tratamiento químico de los esquejes de caña de azúcar.

Cuadro 8. Productos para tratamiento químico.

Número	Producto
1	Pikudo 20 SL
2	Vértigo 32.5 SC

Fuente: elaboración propia, 2018.

A. Pikudo 20 SC

a. Características del producto

El producto presenta las siguientes características.

Pikudo 20 SC cuyo ingrediente activo Fipronil pertenece a la clase de plaguicidas denominada fenil pirazola; se trata principalmente, de productos químicos con efecto insecticida. El fipronil realiza su acción por contacto y a través del estómago en los insectos, es estable a temperatura normal durante un año. Pero no es estable en presencia de iones metálicos. Con la luz solar se degrada y produce diversos metabolitos. (Foragro.com, 2018)

- Clase: Insecticida.
- Grupo químico: Fenilpirazol.
- Ingrediente activo: Fipronil.
- Concentración: 20 %.
- Modo de acción: Insecticida sistémico.

La presentación del producto se encuentra en la figura 9, en donde muestra la etiqueta del producto y su toxicidad.



Fuente: Foragro (2018)

Figura 9. Insecticida Pikudo 20 SC.

b. Uso agronómico

Pikudo 20 SC, es una molécula extremadamente activa y es un potente alterador del sistema nervioso central de los insectos, vía canales de cloro regulados por el gamma- ácido aminobutírico (GABA). Es un insecticida que actúa por contacto e ingestión que requiere bajas dosis para controlar insectos perforadores, chupadores y masticadores. (Foragro.com, 2018)

B. Vértigo 32.5 SC

a. Características del producto

Fungicida de acción sistémica que actúa de forma preventiva y curativa, siendo activo contra patógenos pertenecientes a las clases Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos (Foragro.com, 2018)

- Clase: Fungicida.
- Grupo químico: Triazol y Estrobilurina.
- Ingrediente activo: Difenconazole y Azoxystrobin.
- Concentración: 8 y 20 %.
- Modo de acción: Fungicida sistémico.

En la figura 10 se muestra la presentación del producto en donde muestra la etiqueta del producto y su toxicidad.



Fuente: Foragro (2018).

Figura 10. Fungicida Vertigo 32.5 SC.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia en las variables de altura, brotación y despoblación de la siembra convencional vs la siembra con toletes tratados químicamente en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y determinar su rentabilidad.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la efectividad del insecticida (Fipronil) y fungicida (Difenoconazole) como tratadores químicos para el control de plagas y enfermedades en los esquejes caña de azúcar (*Saccharum spp.*)
2. Determinar las diferencias de la implementación de la siembra con toletes tratados químicamente sobre la siembra convencional en base a los rendimientos de altura, brotación y despoblación en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*)
3. Determinar la diferencia de costos de producción entre la siembra convencional y la siembra con toletes en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

2.4 HIPÓTESIS

El uso de toletes disminuirá significativamente la cantidad de semilla a utilizar en el proceso de siembra de la Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*) y se tendrán disminución en los costos del proceso de siembra en comparación con la siembra convencional.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Siembra con toletes

La siembra con toletes se basa en 3 partes fundamentales que son: la reducción del tamaño de los esquejes de caña de azúcar (20 cm), la disminución de la densidad de siembra a 10 yemas buenas/m y la aplicación del tratamiento químico que consiste en la mezcla de un fungicida y un insecticida para el control de las plagas y enfermedades que se encuentran en el suelo. (Victoria, 1995)

En la figura 11 se observan dos cajas con toletes de caña de azúcar de 20 cm de la variedad CP72-2086.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 11. Caja de toletes de variedad CP72-2086.

2.5.2 Siembra con esquejes

La siembra con esquejes o convencional como se le conoce consiste en la utilización de esquejes de caña de azúcar de 60 cm, la densidad de siembra es de 16 yemas buenas/m, y normalmente no se le realiza ningún tratamiento a la semilla antes de ser utilizada para la siembra. Debido a la falta de aplicación de insecticidas y herbicidas se utilizan mayores densidades para compensar las yemas que no broten o sean atacadas por plagas y enfermedades. (Victoria, 1995)

En la figura 12 se observan paquetes de esquejes con promedio de 60 cm de longitud de la variedad CP72-2086.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Paquetes de esquejes de variedad CP72-2086.

2.5.3 Descripción de tratamientos

Los tratamientos consisten en la utilización de esquejes de 20 cm conocidos como toletes además de la aplicación del tratamiento químico y esquejes de 60 cm utilizados en la

siembra convencional, los cuales no se les aplica ningún tratamiento químico antes de la siembra. En el siguiente cuadro se muestra la distribución de los tratamientos a evaluar. (Marroquín, 2014)

A continuación, en el cuadro 9 se describen los tratamientos a evaluar.

Cuadro 9. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1	Toletes + tratamiento químico
T2	Toletes sin tratamiento químico
T3	Esquejes + tratamiento químico
T4	Esquejes sin tratamiento químico

Fuente: elaboración propia, 2018.

En la figura 13 se observa cómo debe realizarse la inmersión de los esquejes de caña de azúcar en las cámaras con tratamiento químico.



Fuente: elaboración propia, 2018.

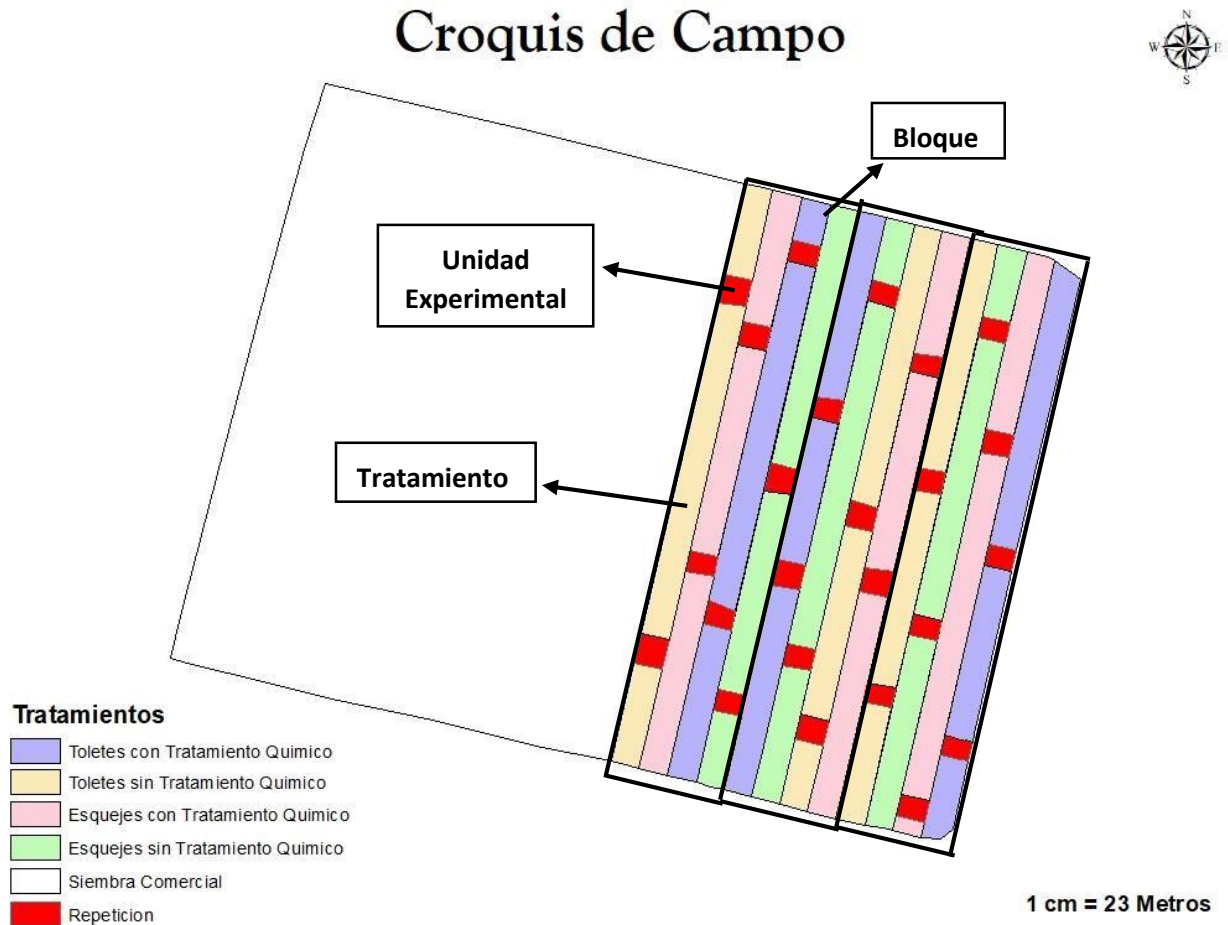
Figura 13. Aplicación del tratamiento químico en campo.

2.5.4 Unidad experimental

Para esta investigación se utilizaron bloques de 0.40 ha y dentro de los bloques se realizaron parcelas pequeñas las cuales están constituidas cada parcela por 8 surcos de 10 m lineales a un distanciamiento de 1.75 m, es decir que cada unidad experimental es de 140 m².

2.5.5 Croquis del ensayo

A continuación, en la figura 14 se detalla el croquis del ensayo de cómo se encuentra ubicada en la finca San Lorenzo



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Croquis de campo.

2.5.6 Diseño experimental

Para el análisis de la información se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas y submuestreo donde el factor principal de estudio es la altura, despoblación y brotación de la caña de azúcar de los toletes con respecto a los esquejes, estas variables fueron seleccionadas debido a que influyen con respecto a la producción final y se busca asegurar un buen desarrollo en sus primeras etapas de producción. Así mismo la humedad es un factor que influye en la etapa de iniciación del cultivo, por lo tanto, influye en la brotación de las plantas hasta un 30 % por ende afectando la altura y población

del cultivo, así mismo en suelos muy húmedos propician a la proliferación de enfermedades e insectos. (López, 2008)

El modelo estadístico para un diseño de bloques al azar con submuestreo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij} + \delta_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es la ijk -ésima observación

μ = es la media general

α_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j -ésimo bloque

e_{ij} = es el error experimental

δ_{ijk} = es el error de submuestreo

(López, 2008)

2.5.7 Manejo del experimento

A continuación, se detallará el manejo que se llevó a cabo para cada uno de los tipos de siembra.

2.5.7.1 Siembra con toletes

En el corte de semilla de caña de azúcar se colocaron a 5 trabajadores los cuales se les indicó que debían cortar toletes de 2 a 3 yemas y no mayores a 20 cm, luego se colocaron 110 toletes por caja como se muestra en la figura 6, para luego ser sumergidas las cajas en cámaras especiales con mezcla de Fipronil y Difenconazole. La densidad de siembra fue de 10 yemas buenas/m, por lo cual se utilizaban 264 cajas de toletes por hectárea, la siembra se realizó a doble surco y el tapado se hizo manual con azadón. (Marroquín, 2014)

El primer riego se realizó al momento de la siembra y se realizó un solo riego más a los 15 días después del primer riego, esto se debe a que son cañales del tercer tercio (abril a mayo) que es cuando se da el inicio de la época lluviosa. El primer control químico de malezas se realizó a los 8 días después de la siembra (DDS) para evitar la germinación de semillas de malezas y malezas de hoja ancha recién germinadas. La fertilización se realizó únicamente con urea a los 45 DDS el cual fue incorporado que una fercultivadora y a una dosis de 40 qq/ha. A los 8 días después de la fertilización se realizó la segunda aplicación de herbicidas para el control de la maleza emergida y así evitar que el cañal se cierre con mucha población de malezas en su etapa de iniciación.

En la figura 15 se observa el momento de la siembra de los tratamientos con toletes, los cuales son almacenados en cajas para evitar el daño de la yema vegetativa.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Siembra de los tratamientos con toletes.

En la figura 16 se observa la distribución de los toletes al momento de la siembra.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16. Distribución de los toletes.

2.5.7.2 Siembra con esquejes

En el corte de semilla de caña de azúcar se colocaron 7 trabajadores a cortar esquejes de 60 cm en donde solo debían ser amarrados para su transporte. Se les indico que los esquejes debían ser de 60 cm y que cada paquete de esquejes debe contener 30 esquejes como se muestra en la figura 7. La densidad de siembra fue de 16 yemas buenas /m, ya que el estaquillado era de 8.44 m/paquete para que se lograra sembrar una hectárea con 680 paquetes. La siembra al igual que con lo toletes se realizó a doble surco y el tapado fue manual con azadón. (Marroquín, 2014)

El manejo post-siembra del experimento fue igual que el de la siembra con toletes ya que el primer riego se realizó de igual manera al momento de la siembra y se realizó un solo riego más a los 15 días después del primer riego. El primer control químico de malezas se realizó a los 8 (DDS) para evitar la germinación de semillas de malezas como bejuco y malezas de hoja ancha recién germinadas. La fertilización también se realizó únicamente con urea a los

45 (DDS) el cual fue incorporado que una ferticultivadora y a una dosis de 40000 kg/ha. A los 8 días después de la fertilización se realizó la segunda aplicación de herbicidas para el control de la maleza emergida y así evitar que el cañal se cierre con mucha población de malezas en su etapa de Iniciación. (Marroquín, 2014)

2.5.8 Análisis de información

Para el análisis de cada una de las variables medidas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa Infostat. Así mismo se realizaron pruebas de medias utilizando el método de comparación Tukey. (Infostat, 2018)

2.5.8.1 Variables de respuesta

A continuación, se detallarán las variables de respuesta evaluadas durante la investigación.

A. Plagas y enfermedades

Se realizó un muestreo de plagas (Gallina Ciega y Gusano Alambre) antes de la siembra y plagas y enfermedades (Muermo Rojo y Mal de Piña) a los 45 días después de la siembra para medir la eficiencia de aplicación del tratamiento químico.

B. Altura

Se seleccionaron 5 plantas por unidad experimental y se muestrearon a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra tomando su altura de la base hasta la última lígula visible.

C. Brotación

Se realizó un conteo después de la siembra de los brotes por metro lineal. Estas lecturas fueron tomadas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra.

D. Despoblación

Se realizó una medición de los espacios vacíos a los 45 días después de la siembra para determinar la cantidad de despoblación, el máximo porcentaje aceptado es del 5 %.

E. Costos de producción

Se llevó un control estricto de los gastos realizados para el establecimiento, los datos que se tomaron control son los siguientes:

a. Labores siembra

- Tarjeteado y estaquillado.
- Tratamiento de semilla.
- Carga y descarga de semilla.
- Siembra.
- Corte de semilla.

b. Producto aplicado por paquetes

c. Cantidad de producto aplicado por cajas

d. Jornales utilizados para cada labor

e. Eficiencias por jornal

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La siembra es la labor más importante en el manejo agronómico de la caña de azúcar por lo cual se busca técnicas que hagan más efectiva la labor de siembra incrementando la brotación, altura y población en las primeras etapas de la caña de azúcar. El asegurar porcentajes mayores del 85 % de estas variables asegura que se obtendrá una buena producción en toneladas por ha (rendimientos mayores a 100 T/ha).

La siembra con toletes reduce la densidad de siembra por lo tanto también reduce la cantidad de semilla a utilizar para la siembra, aprovechando la semilla ahorrada para molienda y así producir más azúcar, el producto final de importancia. La siembra con toletes presenta desventaja ya que al ser tallos más cortos (40 cm a 45 cm) que los esquejes convencionales, son más susceptibles a enfermedades y plagas como la gallina ciega y el gusano alambre.

En el cuadro 10 se presentan los promedios generales de las variables por tratamientos.

Cuadro 10. Promedios generales de las variables y tratamientos.

Variable	Siembra con toletes y tratamiento químico. (T1)	Siembra con toletes sin tratamiento químico. (T2)	Siembra con esquejes y tratamiento químico. (T3)	Siembra con esquejes sin tratamiento químico. (T4)
Plagas (ind./m)	2.50	2.67	11.17	12.00
Enfermedades (enfermo/m)	0.50	1.17	1.50	2.17
Altura (cm)	43.83	38.58	43.75	43.50
Brotación (%)	95.00	78.33	89.58	85.42
Despoblación (%)	2.59	3.99	3.07	3.10
Costo oportunidad (Q.)	1,350.00	1,350.00	0.00	0.00
Costo parcial/Ha (Q./ha)	2,926.75	2,494.26	3,762.48	3,038.87
Costo total/ Ha (Q./ha)	1,576.75	1,144.26	3,762.48	3,038.87

En el cuadro 10 podemos observar los resultados de las variables de los tratamientos evaluados en el cual, las primeras variables evaluadas que son la de plagas y enfermedades podemos observar que en los tratamientos donde se realizó la aplicación de Fipronil y Difenconazole presenta una reducción significativa entre los tratamientos evaluados donde no se les aplicó tratamiento químico, para la variable plagas la diferencia es considerable ya que casi es 6 veces más grande con respecto a los tratamientos.

Para la variable altura el tratamiento 2 es la única que presenta menores resultados con respecto a las demás esto se debe a la alta presencia de plagas en el suelo y toletes enfermos, por lo cual el tratamiento químico sí es importante para la siembra con toletes.

El porcentaje de brotación presenta resultados significativos, ya que el tratamiento 1 y tratamiento 2 presentan resultados con diferencia del 17 %, en esta variable se logra observar nuevamente la importancia del tratamiento químico en la siembra con toletes para obtener mejores rendimientos. Para la variable despoblación no presenta resultados significativos por lo tanto cualquier tratamiento a utilizar mantendrá una buena población de tallos.

En cuanto a los costos, los tratamientos de siembras con toletes presentaron costo de oportunidad de Q. 1,350.00 que proviene de las toneladas de semilla que no se utiliza para la siembra y se ingresa a molienda para posteriormente obtener azúcar.

Los costos para el proceso de siembra con los tratamientos de siembra con esquejes son 45 % más elevados que los toletes, para el tratamiento de siembra con esquejes que presenta buenos rendimientos para las variables evaluadas, aunque el precio es el más elevado por lo cual es descartado por no maximizar sus resultados comparados con sus precios. Los costos de siembra que presentan precios más bajos que es lo que se busca actualmente en la industria azucarera, son los tratamientos con siembra con toletes, el precio más bajo es el del tratamiento 2 aunque es el tratamiento que presenta los rendimientos más bajos, por lo cual se descarta por ser ineficiente en rendimientos.

El tratamiento 1 presenta los rendimientos más altos y presenta un precio menor a la siembra convencional además de presentar un costo oportunidad de Q 1,350.00 lo cual lo hace un sistema de siembra eficaz y eficiente en cuanto a precio y rendimiento de variables.

2.6.1 Plagas

Las plagas en el suelo como la gallina ciega, gusano alambre, etc. Son plagas que se alimentan de la raíz de la caña de azúcar por lo cual afectan el crecimiento y rendimiento de la planta produciéndole raquitismo, muerte de plantas recién emergidas y bajar el rendimiento en toneladas.

En el cuadro 11 se muestra el muestreo antes de la siembra en la cual se observan pocos individuos por metro cuadrado, las únicas dos plagas encontradas en el muestreo pre-siembra son: Gallina Ciega (*Phyllophaga* spp.) y el Gusano Alambre (*Agriotes* spp.).

Cuadro 11. Muestreo de plagas antes de la siembra.

Tratamientos	Insectos	
	Gallina Ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.) (individuos/m ²)	Gusano Alambre (<i>Agriotes</i> spp.) (individuos/m ²)
Tratamiento 1	1.00	1.00
Tratamiento 2	1.00	2.00
Tratamiento 3	3.00	2.00
Tratamiento 4	1.00	1.00

En la figura 17 se presenta la gráfica de la distribución de los datos en cuanto a la variable de plagas.

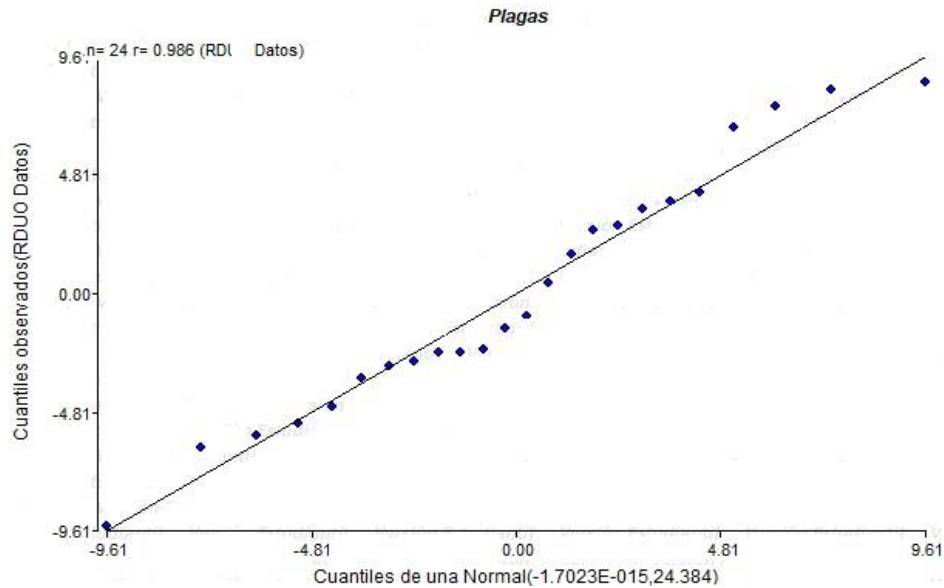


Figura 17. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de plagas.

En la figura 17 se puede observar que los datos siguen una distribución normal, pues se aprueba la hipótesis nula, esta indica que valores siguen su distribución normal, por lo tanto, si se cumple con el supuesto de normalidad y los datos siguen una tendencia homogénea.

En el cuadro 12 se presenta las medidas de resumen para la variable de plagas.

Cuadro 12. Medidas de resumen para la variable de la cantidad de insectos por metro cuadrado en las plantas a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.

Variable	Datos (individuos/m ²)
Datos	24.00
Media	7.08
Mediana	5.50
Desviación estándar	5.56
Coficiente de variación	41.43
Mínimo	2.00
Máximo	16.00

En el cuadro 12 se muestra la exploración de datos para la variable de plagas la cual se observa datos importantes como la media que se encuentra en 7.08 y una mediana de 5.50 con una desviación estándar de 5.56 y un coeficiente de variación de 41.43 %, en este caso es mayor al 20 % es decir que hubo factores externos que influyeron en el manejo del experimento como la lluvia y la temperatura. Además de los tratamientos donde no se aplicó tratamiento químico.

En el cuadro 13 se presenta el análisis andeva para la variable plagas, para poder analizar si existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable de plagas.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	Significancia
Modelo	11.00	614.83	55.89	7.06	0.0011	S
Bloque	2.00	30.08	15.04	1.90	0.1919	NS
Tratamiento	3.00	488.17	162.72	20.55	0.0001	S
Bloque*Tratamiento	6.00	96.58	16.10	2.03	0.1392	NS
Error	12.00	95.00	7.92	-		
Total	23.00	709.83	-			

NS= No significativo, S=Significativo

Según nuestro análisis de varianza (ANDEVA) se observa que presenta una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, es decir que al menos uno de los tratamientos presenta mejores resultados en el control de las plagas en el suelo con respecto a los demás tratamientos.

A continuación, en el cuadro 14, se encuentra en análisis post andeva de prueba de medias de Tukey, con el cual se logra analizar y especificar que tratamiento presenta diferencia significativa con respecto a los demás.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey para la variable de plagas.

Tratamientos	Medias	Grupo Tukey
1	2.50	A
3	2.67	A
2	11.17	B
4	12.00	B

Según muestra prueba de medias de Tukey se puede concluir que los tipos de siembra en donde se utilizó el tratamiento químico obtuvo mejores resultados que en donde no se aplicó tratamiento químico, por lo tanto, se recomienda aplicar en el tratamiento químico el insecticida el cual el ingrediente activo es el Fipronil, el cual redujo significativamente la cantidad de individuos por metro cuadrado en el suelo.

El cuadro 15 muestra el promedio de insectos por metro cuadrado encontrados en los tratamientos evaluados.

Cuadro 15. Promedio de individuos por metro cuadrado.

Número	Tratamientos	Individuos/m²
T1	Toletes con tratamiento químico	2.50
T2	Toletes sin tratamiento químico	11.17
T3	Esquejes con tratamiento químico	2.67
T4	Esquejes sin tratamiento químico	12.00

A continuación, en la figura 18, se observa la gráfica de los promedios de individuos por metro cuadrado presentes en los tratamientos evaluados.

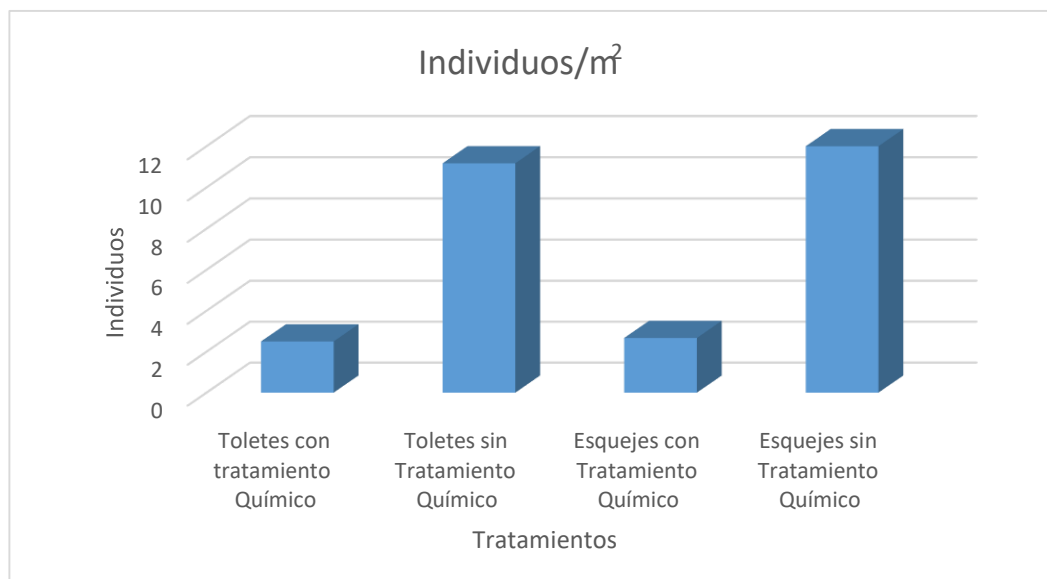


Figura 18. Cantidad de individuos por metro cuadrado para la variable de plagas.

En la figura 18 se observa el comportamiento de la cantidad de individuos de plagas por metro cuadrado aumento en los tratamientos en donde no se aplicó la mezcla de Fipronil y Difenconazole como tratamiento químico, por lo tanto, la aplicación de un tratamiento químico antes de la siembra de los toletes y esquejes de la caña de azúcar reduce significativamente la presencia de las plagas en el suelo.

2.6.2 Enfermedades

En los cañales del tercer tercio el mayor problema en las siembras es el exceso humedad por las grandes cantidades de milímetros de lluvias que se dan durante esa época, por lo cual tiende a que los esquejes o toletes sufran de una pudrición o conocido coloquialmente como “engüeramiento” por lo tanto con el tratamiento químico se espera disminuir la cantidad de esquejes o toletes con pudrición.

Como se muestra en la figura 20, la cantidad menor de toletes que se encuentran en estado de pudrición se encuentran en el tratamiento 1 en los toletes con tratamiento químico y el

que presenta una mayor cantidad de esquejes en estado de pudrición es el tratamiento 4 que es esquejes sin tratamiento químico, lo cual se muestra en el cuadro 13.

En la figura 19 se observa la gráfica de la distribución normal para los datos de la variable enfermedades.

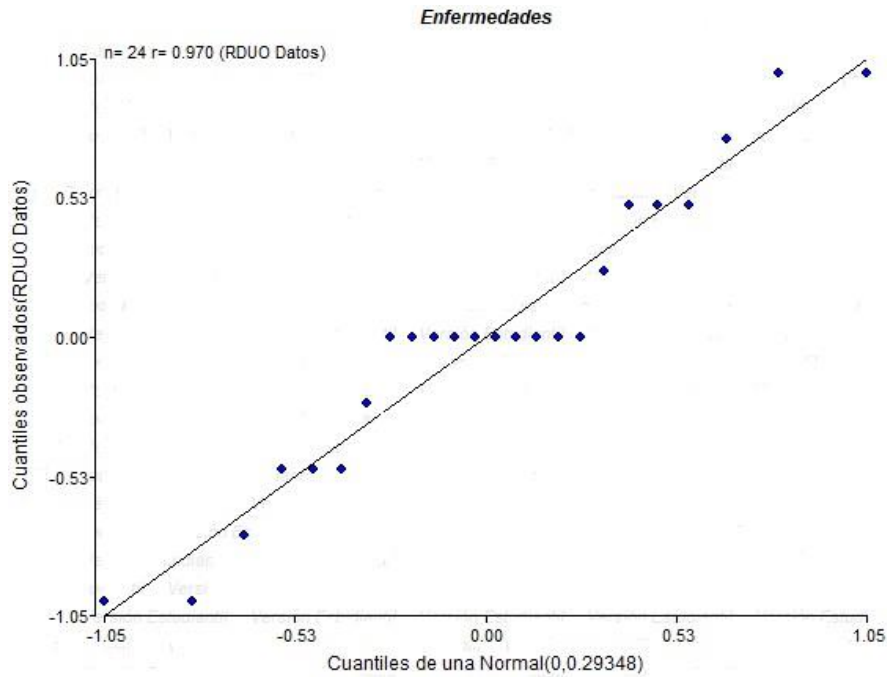


Figura 19. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de enfermedades.

En la figura 19 se puede observar que los datos siguen una distribución normal, pues se aprueba la hipótesis nula, esta indica que valores siguen su distribución normal, por lo tanto, si se cumple con el supuesto de normalidad y los datos siguen una tendencia homogénea.

A continuación, en el cuadro 16 se presenta la cantidad de esquejes enfermos por metro.

Cuadro 16. Cantidad de esquejes enfermos por metro a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.

Variable	Datos (m)
Datos	24.00
Media	1.46
Mediana	1.00
Desviación estándar	0.87
Coeficiente de variación	39.43
Mínimo	0.50
Máximo	4.00

En el cuadro 16 se muestra la exploración de datos para la variable enfermedades de la cual se observa datos importantes como la media que se encuentra en 1.46 y una mediana de 1 con una desviación estándar de 0.87 y un coeficiente de variación de 39.43 %, en este caso es mayor al 20 % es decir que hubo factores externos que influyeron en el manejo del experimento como la lluvia y la temperatura. Además de los tratamientos donde no se aplicó tratamiento químico.

En el cuadro 17 se presenta el análisis de varianza realizado para la variable de enfermedades.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de esquejes enfermos.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	Significancia
Modelo	11.00	15.33	1.39	2.09	0.1104	NS
Bloque	2.00	0.33	0.17	0.25	0.7828	NS
Tratamiento	3.00	8.67	2.89	4.33	0.0275	S
Bloque*Tratamiento	6.00	6.33	1.06	1.58	0.2343	NS
Error	12.00	8.00	0.67	-		
Total	23.00	23.33	-			

NS= No significativo, S=Significativo

En el análisis de varianza realizado, se observa que existe una diferencia significativa con respecto al tratamiento, es decir que al menos uno de los tratamientos evaluados presenta mayor o menor rendimiento en cuanto a la pudrición de los esquejes, por lo tanto, se recomienda una prueba de medias para determinar el mejor tratamiento.

El cuadro 18 presenta análisis post andeva realizado por medio de una prueba de medias de Tukey para determinar que tratamiento presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey para la variable de enfermedades.

Tratamientos	Medias	Grupo Tukey
1	0.50	a
3	1.17	a b
2	1.50	a b
4	2.17	b

Según nuestra prueba de media de Tukey el tratamiento 1 de los toletes tratados químicamente presenta mejores resultados en el control de enfermedades o pudrición de los toletes por metros, por lo tanto, la aplicación de tratamiento químico antes de la siembra de los toletes se obtiene un mejor control de enfermedades.

En la figura 20 se muestra la gráfica del promedio de esquejes enfermos por metro.

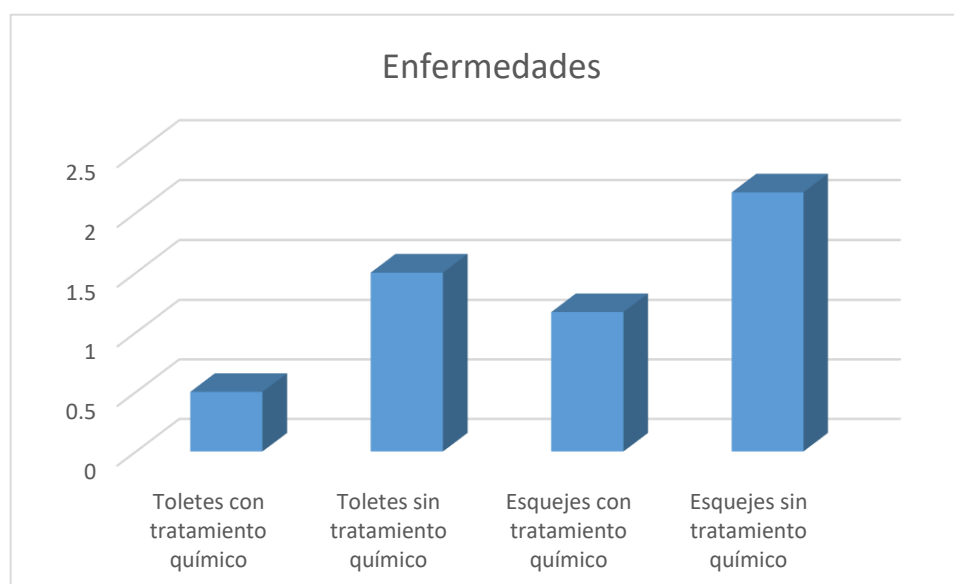


Figura 20. Cantidad de esquejes enfermos por metro en los esquejes de caña de azúcar.

En la figura anterior se observa que en los tratamientos que se les aplicó tratamiento químico antes de la siembra presentan mejores resultados en cuanto al control de las enfermedades, por lo tanto, aplicar un tratamiento químico a los esquejes a utilizar antes de la siembra se logrará obtener una mejor brotación en la caña de azúcar.

2.6.3 Altura

La altura de la planta es un factor importante en la producción de la caña de azúcar ya que la cantidad de producción final depende de las primeras etapas fenológicas del cultivo y las condiciones óptimas (luz, temperatura, riego y humedad) para tener un crecimiento y desarrollo deseable afectando de forma directa a las cantidades de toneladas por hectárea de caña de azúcar.

Como se puede observar en la figura 22, el tratamiento que presenta mayor altura es el tratamiento 1 que son los toletes tratados químicamente por otro lado el tratamiento de los toletes sin tratamiento químico es el que posee una menor altura.

A continuación, se observa la figura 21 la gráfica de la distribución de los datos en cuanto a la variable de la altura.

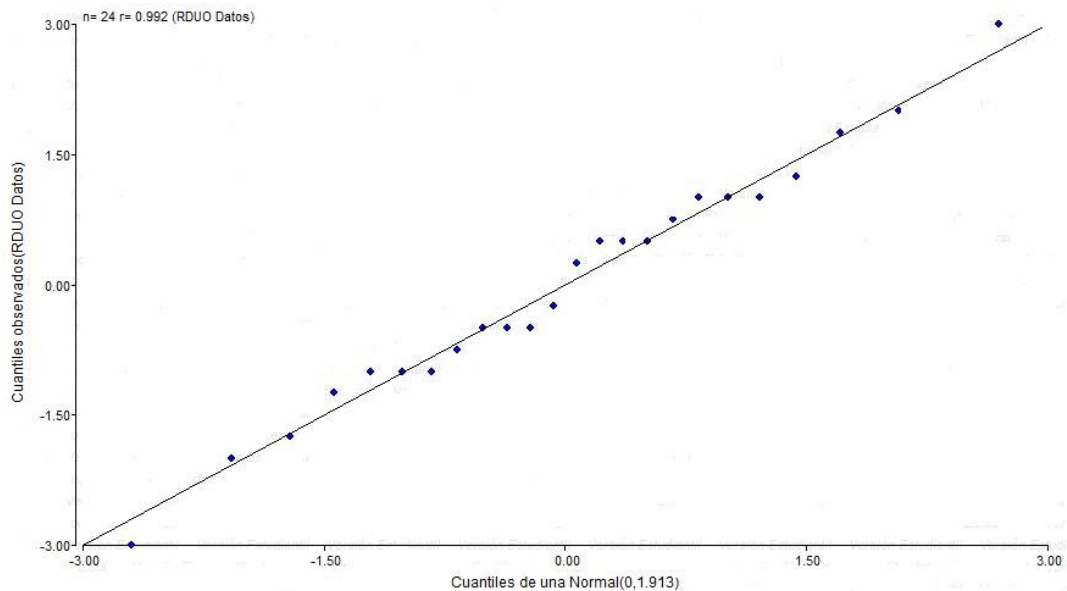


Figura 21. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable altura.

En la figura 21 se puede observar que los datos siguen una distribución normal, pues se aprueba la hipótesis nula, esta indica que valores siguen su distribución normal, por lo tanto, si se cumple con el supuesto de normalidad y los datos son homogéneos.

A continuación, el cuadro 19 detalla las medidas de resumen para la variable altura.

Cuadro 19. Medidas de resumen de la altura de las plantas a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.

Variable	Datos (cm)
Datos	24.00
Media	42.42
Mediana	43.00
Desviación estándar	2.78
Coefficiente de variación	6.56
Mínimo	37.00
Máximo	47.00

En el cuadro 19 se muestra la exploración de datos para la variable altura de la cual se observa datos importantes como la media que se encuentra en 42.42 cm con una desviación estándar de 2.78 cm y un coeficiente de variación de 6.56 % debido a que es menor del 20 % se obtiene que se tuvo un buen manejo del experimento.

El cuadro 20 se presenta el análisis de varianza para la variable altura, el cual indica si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	Significancia
Modelo	11.00	133.83	12.17	3.32	0.0251	NS
Bloque	2.00	4.52	2.26	0.62	0.5561	NS
Tratamiento	3.00	117.92	39.31	10.72	0.0010	S
Bloque*Tratamiento	6.00	11.40	1.90	0.52	0.7842	NS
Error	12.00	44.00	3.67	-		
Total	23.00	177.83	-			

NS= No significativo, S=Significativo

Según los resultados se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo cual se recomienda una prueba de medias para determinar que tratamiento presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos.

El cuadro 21 muestra la prueba de medias de Tukey realizadas para determinar cuál es el tratamiento que presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 21. Prueba de medias de Tukey para la variable de altura.

Tratamientos	Medias	Grupo Tukey
1	43.83	A
3	43.75	A
4	43.50	A
2	38.58	B

Según la prueba de medias de Tukey se observa que el tratamiento de toletes sin tratamiento químico presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos por lo cual no se recomienda el uso de toletes sin tratamiento químico.

A continuación, en el cuadro 22 presenta los promedios de altura que se obtuvieron por tratamiento.

Cuadro 22. Promedio de alturas a los 60 DDS.

Numero	Tratamientos	Altura (cm)
T1	Toletes con tratamiento químico	43.83
T2	Toletes sin tratamiento químico	38.58
T3	Esquejes con tratamiento químico	43.75
T4	Esquejes sin tratamiento químico	43.50

En la figura 22 se observa la gráfica del promedio de las alturas de las plantas para cada uno de los tratamientos evaluados.



Figura 22. Altura de las plantas a los 60 DDS para los tratamientos evaluados.

El comportamiento de la altura con respecto a los tratamientos evaluados de toletes y esquejes a los 60 días después de la siembra (DDS), se observa que los tratamientos uno, tres y cuatro presentan una altura similar mientras que el tratamiento dos presenta una altura menor a los demás tratamientos.

2.6.4 Brotación

La brotación es un factor limitante para la producción final debido a que la población inicial aumenta en cuanto al tonelaje de caña por hectárea esto debido a que el número de tallos primarios influye directamente a la cantidad final de caña producida ya que son tallos más desarrollados

Como se puede observar en la figura 19, el tratamiento que presenta mayor porcentaje de brotación es el tratamiento 1 que son los toletes tratados químicamente por otro lado el tratamiento de los toletes sin tratamiento químico es el que posee un menor porcentaje de brotación.

A continuación, en la figura 23 se observa la distribución de los datos para la variable brotación.

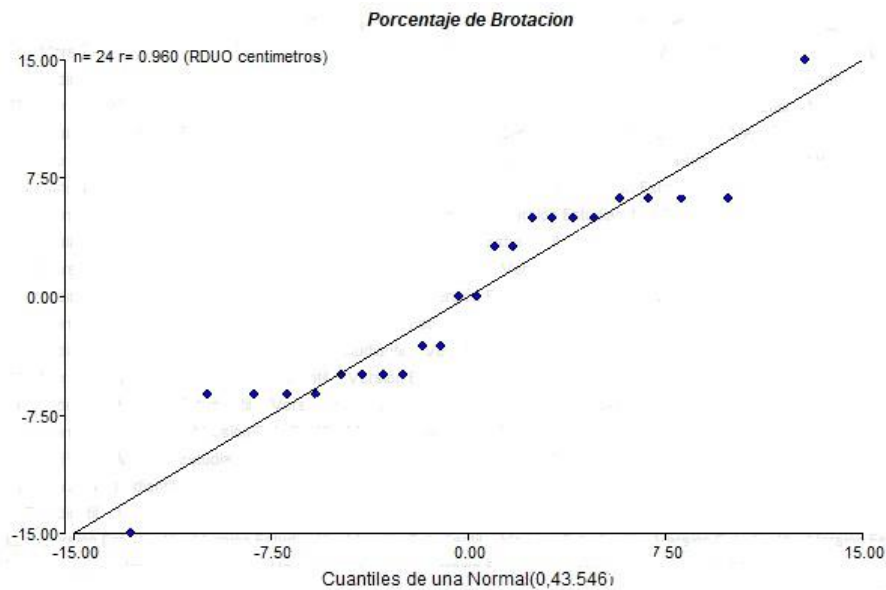


Figura 23. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de porcentaje de brotación.

En la figura 23 se puede observar que los datos siguen una distribución normal, pues se aprueba la hipótesis nula, esta indica que valores siguen su distribución normal, por lo tanto, si se cumple con el supuesto de normalidad y los datos siguen una tendencia homogénea.

En el cuadro 23 se puede observar las medidas de resumen para la variable de brotación.

Cuadro 23. Medidas de resumen para la variable de porcentaje de brotación de las plantas a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.

Variable	Datos (%)
Datos	24.00
Media	87.08
Mediana	88.75
Desviación estándar	9.82
Coeficiente de variación	11.28
Mínimo	60.00
Máximo	100.00

El cuadro 23 muestra la exploración de datos para la variable porcentaje de brotación de la cual se observa datos importantes como la media que se encuentra en 87.08 % y una mediana de 88.75 % con una desviación estándar de 9.82 % y un coeficiente de variación de 11.28 % debido a que es menor del 20 % se obtiene que se tuvo un buen manejo del experimento.

A continuación, en el cuadro 24 se presenta el análisis de varianza realizado para la variable brotación para conocer si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de brotación.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	Significancia
Modelo	11.00	1166.15	106.01	1.21	0.3728	NS
Bloque	2.00	164.19	82.10	0.94	0.4187	NS
Tratamiento	3.00	889.58	296.53	3.38	0.0541	S
Bloque*Tratamiento	6.00	112.37	18.73	0.21	0.9653	NS
Error	12.00	1051.56	87.63	-		
Total	23.00	2217.71	-			

NS= No significativo, S=Significativa

Según el análisis de varianza (ANDEVA) se puede observar que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, es decir que al menos uno de los tratamientos está teniendo un mayor o menor porcentaje de brotación con respecto a los demás tratamientos.

El cuadro 25 muestra la prueba de medias de Tukey para conocer cuál de los tratamientos está presentando diferencia significativa.

Cuadro 25. Prueba de medias de Tukey para la variable de brotación.

Tratamientos	Medias	Grupo Tukey
1	43.83	a
3	43.75	a b
4	43.50	a b
2	38.58	b

Según la prueba de medias de Tukey el tratamiento 1 de los toletes tratados químicamente presenta un mayor porcentaje de brotación con respecto a los demás tratamientos, por lo tanto, al utilizar el método de siembra de toletes tratados químicamente se obtendrán mejores resultados en cuanto al porcentaje de brotación.

En el cuadro 26 presenta el promedio de brotación obtenido para cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 26. Promedio de porcentajes de brotación.

Número.	Tratamientos	Brotación (%)
T1	Toletes con tratamiento químico	95.00
T2	Toletes sin tratamiento químico	78.33
T3	Esquejes con tratamiento químico	89.58
T4	Esquejes sin tratamiento químico	85.42

En la figura 14 se observa la gráfica de los promedios de brotación para cada uno de los tratamientos evaluados.

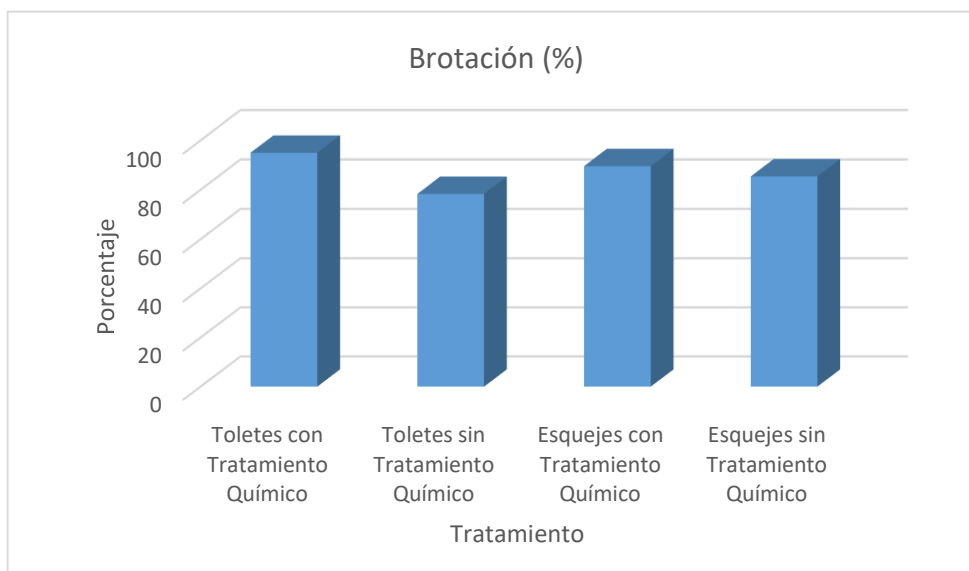


Figura 24. Porcentaje de brotación a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.

El comportamiento en la brotación respecto a los diferentes tipos de siembra evaluados a los 45 DDS, se observa que el tratamiento con mayor porcentaje de brotación es el tratamiento uno, siembra con toletes tratados químicamente y el que presenta un menor porcentaje de brotación es el tratamiento dos, la siembra con toletes sin tratamiento químico.

2.6.5 Despoblación

La población de tallos primarios es de suma importancia para la producción final debido a la cantidad tallos primarios obtenidos por metros se obtendrán mayor cantidad de tallos secundarios en lo cual aumentará la cantidad de tallos producidos, debido a esto se debe obtener un porcentaje de despoblación menor al 5 %, para obtener mejores resultados en la producción final

Como se puede observar en la figura 21, el tratamiento que presenta menor porcentaje de despoblación es el tratamiento 1 que son los toletes tratados químicamente por otro lado el

tratamiento de los toletes sin tratamiento químico es el que posee un mayor porcentaje de despoblación.

A continuación, en la figura 25 se observa la gráfica de distribución normal, el cual nos muestra si los datos cumplen con el supuesto de normalidad.

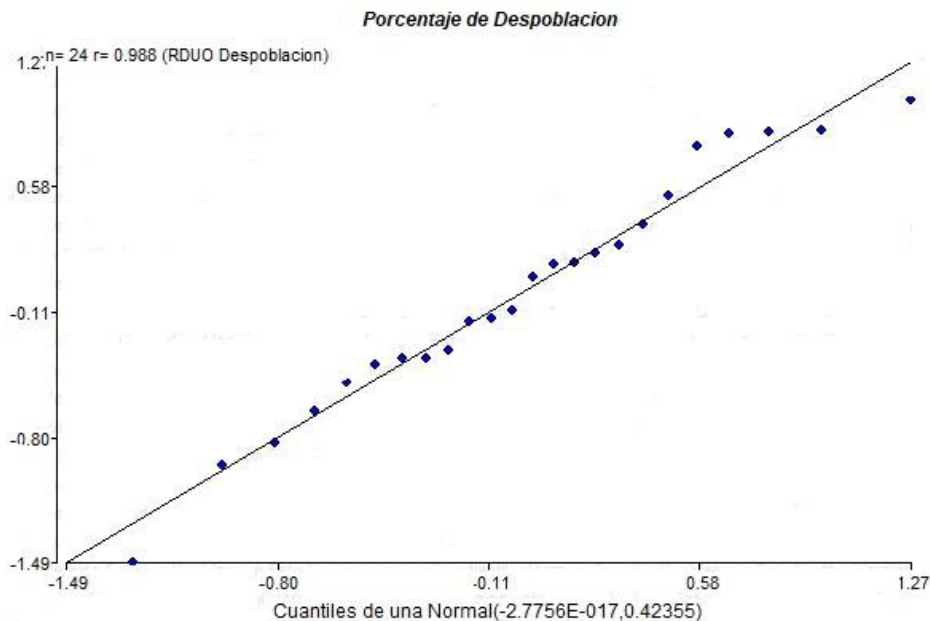


Figura 25. Gráfica de la distribución normal de los datos para la variable de porcentaje de despoblación.

En la figura 20 se puede observar que los datos siguen una distribución normal, pues se aprueba la hipótesis nula, esta indica que valores siguen su distribución normal, por lo tanto, si se cumple con el supuesto de normalidad y los datos siguen una tendencia homogénea.

En el cuadro 27 se presenta las medidas estadísticas de resumen para la variable despoblación para cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 27. Porcentaje de despoblación o espacios vacíos de las plantas a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.

Variable	Datos (%)
Datos	24.00
Media	3.19
Mediana	3.00
Desviación estándar	0.92
Coefficiente de variación	29.00
Mínimo	2.10
Máximo	5.60

En el cuadro 27 se muestra la exploración de datos para la variable despoblación de la cual se observa datos importantes como la media que se encuentra en 3.19 % y una mediana de 3 % con una desviación estándar de 0.92 y un coeficiente de variación de 29 %, en este caso es mayor al 20 % es decir que hubo factores externos que influyeron en el manejo del experimento como la lluvia y la temperatura.

A continuación, en el cuadro 28 se presenta el análisis de varianza para conocer si los tratamientos evaluados presentan diferencias significativas.

Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de despoblación o espacios vacíos.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	
Modelo	11.00	10.14	0.92	1.16	0.3978	NS
Bloque	2.00	1.06	0.53	0.67	0.5292	NS
Tratamiento	3.00	6.12	2.04	2.57	0.1026	NS
Bloque*Tratamiento	6.00	2.95	0.49	0.62	0.7107	NS
Error	12.00	9.51	0.79	-		
Total	23.00	19.66	-			

NS= No significativo, S=Significativo

Según nuestro análisis de varianza (ANDEVA) no existe diferencia significativa entre los tratamientos que han sido evaluados, por lo tanto, estadísticamente no presentan diferencia significativa es decir que estadísticamente son iguales.

La figura 26 muestra el promedio de despoblación para cada uno de los tratamientos evaluados.

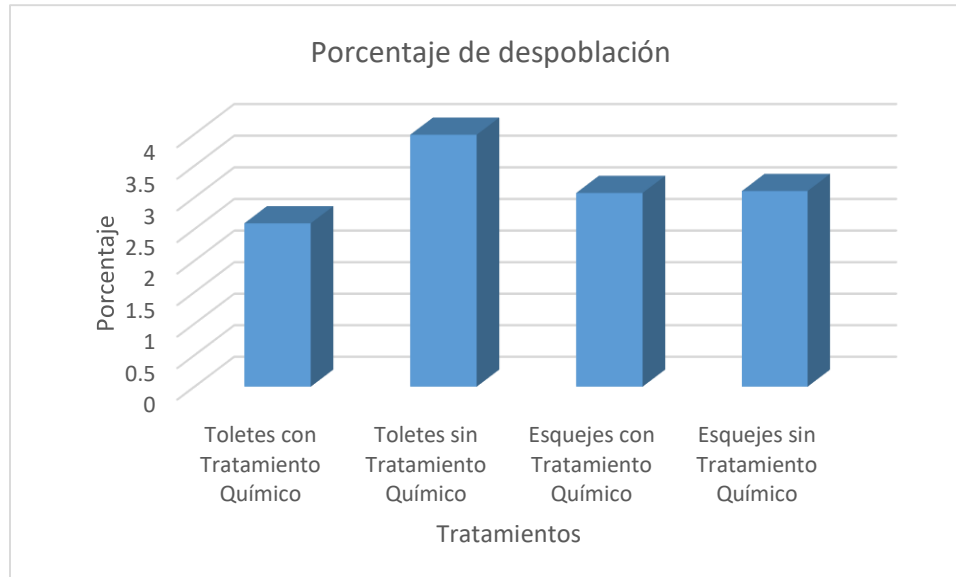


Figura 26. Porcentaje de despoblación a los 45 DDS para los tratamientos evaluados.

En la gráfica anterior se puede observar el comportamiento en cuanto al porcentaje de despoblación o espacios vacíos a los 45 días después de la siembra para los tratamientos evaluados, en la cual se observa que tienen un comportamiento homogéneo y no se observa diferencia, aunque el tratamiento dos, los toletes sin tratamiento químico presentan un mayor porcentaje de espacios vacíos, aunque no supera el 5 % por lo tanto se encuentra dentro del rango permitido de despoblación.

2.6.6 Costos de Producción

A continuación, en el cuadro 29, se muestra los costos de producción para los tratamientos evaluados

Cuadro 29. Descripción de los tratamientos y sus áreas.

Tipo de semilla	Surcos	Cantidad de semilla	Área (ha)
Toletes + tratamiento químico	8.00	104 cajas	0.40
Toletes sin tratamiento químico	8.00	104 cajas	0.40
Esquejes + tratamiento químico	8.00	272 paquetes	0.40
Esquejes sin tratamiento químico	8.00	272 paquetes	0.40

En el cuadro anterior se muestra la cantidad de semilla para cada bloque de los tratamientos evaluados, cada bloque por tratamiento contaba con un área de 0.40 ha, en el cual se utilizaron 104 cajas de toletes y para la siembra convencional con esquejes se utilizaron 272 paquetes de semilla.

En el cuadro 30 se detallan las dosis utilizadas por producto para el tratamiento químico de los esquejes.

Cuadro 30. Dosis de productos para tratamiento químico.

Número	Producto	Dosis (cm³ / L de agua)
1	Pikudo 20 SL	1.00
2	Vertigo 32.5 SC	0.55

En el cuadro 30 se muestran las dosis utilizadas para la aplicación del tratamiento térmico, estas dosis fueron recomendadas por la casa comercial, estas dosis aseguran que los esquejes absorban el producto químico para el control de las plagas como la gallina ciega y el gusano alambre, y las enfermedades como el muermo rojo y el mal de piña.

A continuación, en el cuadro 31 se presenta la cantidad de producto aplicado y el precio de los productos que fueron utilizados para el tratamiento de los toletes.

Cuadro 31. Costos de tratamiento químico

Tipo de semilla	Producto	Producto aplicado (L/ha)	Costo unitario del producto (Q.)	Costo (Q./ha)
Esqueje	Pikudo	0.83	361.65	300.16
Esqueje	Vértigo	0.42	368.37	154.71
Tolete	Pikudo	0.30	361.65	108.50
Tolete	Vértigo	0.15	368.37	55.25

En el cuadro 31 se detalla el costo del tratamiento químico para los esquejes y para los toletes, en donde los toletes presentan un menor costo por hectárea. Los productos utilizados fueron Pikudo 20 SL el cual es un insecticida sistémico que actúa por contacto e ingestión que requiere bajas dosis para controlar insectos perforadores, chupadores y masticadores. Vertigo 32.5 SC es un fungicida foliar de acción sistémica que actúa de forma preventiva y curativa, siendo activo contra patógenos pertenecientes a las clases Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos, ambos productos son producidos por la empresa Foragro y se aplica en las dosis recomendadas por la casa comercial anteriormente dicha.

El cuadro 32 presenta la mano de obra representada en jornales utilizados por tratamiento evaluado.

Cuadro 32. Jornales utilizados por tipos de siembra.

Actividad	Costo de jornal (Q.)	Esqueje + tratamiento	Esqueje sin tratamiento	Toletes + tratamiento	Toletes sin tratamiento
Corte de semilla	134.37	7.00	7.00	5.00	5.00
Carga y descarga	134.37	2.00	2.00	2.00	2.00
Siembra	134.37	4.00	4.00	6.00	6.00
Flete	170.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tratadores de semilla	134.37	2.00	0.00	2.00	0.00
Tarjeteado y estaquillado	134.37	1.00	1.00	1.00	1.00

En el cuadro 32 se muestran la cantidad de jornales utilizados para cada labor de siembra, además se muestra el precio de cada jornal, para obtener detalladamente los costos por hectárea para las labores de siembra lo cual se muestra en el siguiente cuadro.

En el cuadro 33 se presentan los costos por hectárea por cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 33. Costo por hectárea para establecimiento del cultivo.

Actividad	Costo de jornal	Esqueje + tratamiento	Esqueje sin tratamiento	Toletes + tratamiento	Toletes sin tratamiento
Corte de semilla (Q.)	134.37	940.57	940.57	671.85	671.85
Carga y descarga (Q.)	134.37	268.74	268.74	268.74	268.74
Siembra (Q.)	134.37	537.48	537.48	806.22	806.22
Flete (Q.)	170.00	170.00	170.00	170.00	170.00
Tratadores de semilla (Q.)	134.37	268.74	0.00	268.74	0.00
Tarjeteado y estaquillado (Q.)	134.37	134.37	134.37	134.37	134.37
Costo total jornales de establecimiento por hectárea (Q./ha)		2,319.9	2,051.16	2,319.92	2,051.18

En el cuadro 33 se tienen los costos totales de los jornales empleados para el establecimiento de la siembra en donde se observa que los tratamientos que se les aplicó el tratamiento químico presentan una diferencia de Q. 268.74 con respecto a los tratamientos sin aplicar tratamiento químico.

En el cuadro 34 se presenta la cantidad de semilla utilizada para los tratamientos y el precio por tonelada.

Cuadro 34. Costo de semilla.

Tipo de Semilla	Cantidad de semilla utilizada (T)	Costo de semilla/Ton para semillero (Q.)	Costo Total (Q./ha)
Esqueje + tratamiento	10.70	92.31	987.71
Esqueje sin tratamiento	10.70	92.31	987.71
Toletes + tratamiento	4.80	92.31	443.08
Toletes sin tratamiento	4.80	92.31	443.08

En el cuadro anterior se detalla la cantidad de semilla utilizada por esquejes y por toletes, en la cual los toletes presentan una reducción del 55.14 % del total de semilla con respecto a los esquejes de 60 cm, es decir que se utilizan 5.90 T de semilla menos en la siembra con toletes, esto se ve reflejado en el precio ya que presenta una disminución de Q. 544.63 en la siembra además de las 5.90 T que ingresan al ingenio para su molienda produciendo alrededor de 2866.01 lb de azúcar es decir 1300 kgy el actual precio del azúcar es de \$.13 por lo tanto se tendría un total de \$.169.00 más por las toneladas de caña de ahorro en la siembra.

A continuación, en el cuadro 35 se presenta los costos totales para cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 35. Costos totales de siembra por hectárea.

Tipo de semilla	Costo de labores (Q.)	Costo de semilla (Q.)	Costo de productos (Q.)	Total (Q./Ha)
Esqueje + tratamiento	2,319.90	987.71	454.87	3,762.48
Esqueje sin tratamiento	2,051.16	987.71	-	3,038.87
Toletes + tratamiento	2,319.92	443.08	163.75	2,926.75
Toletes sin tratamiento	2,051.18	443.08	-	2,494.26

En el cuadro 36 se presenta el costo de oportunidad para la cantidad de semilla ahorrada por los diferentes tratamientos evaluados.

Cuadro 36. Costo de oportunidad de la semilla ahorrada.

Tipo de semilla	Ahorro de semilla (T)	Azúcar (qq/T)	Precio de quintal de azúcar (\$.)	Costo de oportunidad de semilla por hectárea (\$.)
Esqueje	0.00	2.20	0.00	0.00
Tolete	5.9	2.20	13.00	169.00

*Precio del azúcar actualmente es de \$.0.13 /kg.

En el cuadro 35 se muestran los costos totales para la labor de la siembra de caña de azúcar en donde están incluido las labores agrícolas, el costo de semilla y el costo de los productos para el tratamiento químico, mientras que el cuadro 36 se observa el costo oportunidad de

la semilla ahorrada es decir, que el ingenio está dejando de generar \$.169/ha por la utilización de esquejes de 60 cm para las renovaciones de los cañales, estas ganancias generadas reducirían el costo total de la siembra con toletes tratados químicamente a Q. 1,600/ha haciendo así aún más rentable este tipo de siembra. Además de presentar mejor resultados en la brotación y altura en las plantas de caña de azúcar.

2.7 CONCLUSIONES

1. El tratamiento químico utilizado que consiste en la mezcla de Fipronil que es un insecticida sistémico que interrumpe el sistema nervioso central de los insectos, mediante el bloqueo de los canales del Ácido aminobutírico y el glutamato, y de Difenconazole que es un fungicida que actúa de manera preventiva y curativa que consiste en la inhibición de la biosíntesis del ergosterol, para hongos como *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Cercosporium*, etc. En base a las variables evaluadas de plagas y enfermedades en donde al tratamiento evaluado en donde se utilizó el tratamiento químico presentaban diferencia significativa sobre los tratamientos en donde no se utilizó el tratamiento químico donde encontraron plagas las cuales fueron la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y gusano alambre (*Agriotes* spp.) que son las principales plagas que afectan al cultivo de caña de azúcar en sus etapas iniciales. Por lo tanto, se recomienda la aplicación del tratamiento químico.
2. La ventaja de utilizar toletes en las siembras de caña de azúcar es la reducción de la cantidad de semilla total, además de que con esta reducción presenta resultados similares en la altura y despoblación y presenta mejores resultados en la brotación de los esquejes. Además de que el estaquillado se abre es decir se reduce la densidad de siembra. La desventaja de utilizar la siembra con toletes respecto a la siembra convencional es el aumento en la mano de obra debido a que se debe de agregar una labor más que es donde las cajas de toletes deben pasar por el proceso de tratamiento químico.
3. La siembra convencional con esquejes presenta un costo de Q. 3,038.87 y la siembra con toletes tratados químicamente presenta un costo de Q. 2,926.75, añadiendo el costo de oportunidad de Q. 1,331.72 de los toletes reducen aún más el costo de producción a Q. 1,600 lo cual resulta en una diferencia de Q.1,438.87 entre los dos tipos de siembra, es decir que la siembra con toletes tratados químicamente presenta una reducción del 47.33 % del costo total con respecto a la siembra convencional.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la siembra con toletes tratados químicamente debido a que presenta un menor costo que la siembra convencional y presentan mejores resultados para las variables evaluadas.
2. Continuar con las evaluaciones de los toletes en diferentes variedades de caña de azúcar y en tercios diferentes, además de agregar como una nueva variable la producción final al momento de la cosecha para comparar la cantidad de toneladas de caña de azúcar para los tratamientos evaluados.
3. Se debe seguir con los muestreos de altura y población debido a que estas variables evaluadas pueden influenciar en la producción final en la cosecha de caña de azúcar y en la cantidad de azúcar producida debido a que a mayor población y altura se lograra una mayor reserva de sacarosa en la etapa de maduración.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Barneond, J. (2011). *Análisis de la operación del riego por aspersión en caña de azúcar con fines de mejoras técnicas y económicas. (Tesis Ing. Agr.)*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
2. Barrios, E. (2018). *Evaluación de velocidades de funcionamiento del sistema de riego pivote central fijo en manejo convencional de caña de azúcar. (Tesis Ing. Agr.)*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
3. Calderón, H. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia*. Colombia: CENICAÑA.
4. Castro, O. (2012). *El riego en el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: CENGICAÑA.
5. Chávez, M. (1999). *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
6. Díaz, L. (2002). *Manual de producción de la caña de azúcar. Tesis Ing. Agr.* Honduras: Universidad Zamorano.
7. Espinoza, G. (2012). *Maduración de la caña de azúcar y floración de caña de azúcar y su manejo*. Guatemala: CENGICAÑA.
8. Estévez, A. (1995). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali, Colombia: CENICAÑA.
9. Foragro.com. (2018). *El insecticida Pikudo 20 SC*. Obtenido de Foragro.com: <http://www.foragro.com/producto/index/1/40>
10. Gonzales, A. (2000). *Análisis del daño de la chinche verde (Nezara viridula L.)*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
11. IGN.gob.gt. (2019). *Datos geográficos*. Obtenido de IGN: <http://www.ign.gob.gt/redgeodesica.html>
12. Insivumeh.gob.gt. (2019). *Datos meteorológicos*. Obtenido de Insivumeh: <http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones/ESCUINTLA/TIQUISATE%20PARAMETROS.htm>
13. Jordán, A. (2006). *Manual de edafología*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

14. López, E. (2008). *Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía.
15. Macz, L. (1999). *Fluctuación poblacional y distribución vertical de especies de chinche hedionda, gallina ciega y gusano alambre en el cultivo de caña de azúcar*. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía.
16. Márquez, J. (2012). *El manejo integrado de plagas*. Guatemala: CENGICAÑA.
17. Marroquín, S. (2014). *Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar, variedad CP 88-1165*. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía.
18. Melgar, M., Meneses, A., Espinosa, R., Orozco, H., & Castro, O. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: Artemis Edinter.
19. Ortega, L. (2013). *Clasificación de zonas de vida en Guatemala*. Guatemala: USAC. Centro Universitario de Oriente.
20. Ovalle, W. (2018). *Guía para la identificación de enfermedades de la caña de azúcar*. Guatemala: CENGICAÑA.
21. Pérez, O. (2012). *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar*. Guatemala: CENGICAÑA.
22. Ponce, N. (2015). *Caña de azúcar: Generalidades y factores agro meteorológicos*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
23. Romero, E., Scandalariis, J., Digonzelli, P., & Leggio, N. (2009). *La caña de azúcar: Características y ecofisiología*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/284772525_La_cana_de_azucar_caracteristicas_y_ecofisiologia
24. Rosales, C. (2013). *Evaluación de tres frecuencias de riego con polietileno, en suelos arcillosos, sobre el crecimiento y rendimiento de caña de azúcar en Suchitepéquez*. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales.
25. Santisteban, E. (2015). *Manejo agronómico de Saccharum spp. L* (Tesis Ing. Agr.). Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
26. Segura, J. (2000). *Notas de diseños experimentales*. México: Universidad Autónoma de Yucatán.

27. Subiros, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
28. Sulla, R. (2012). *Caña de azúcar: Características morfológicas*. Perú: Universidad San Martín de Porres.
29. Victoria, J. (1995). *Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades en el cultivo de la caña de azúcar*. Colombia: CENICAÑA.
30. Villalobos, L. (2013). *Impacto de la implementación del sistema de riego por goteo, en la rentabilidad de los cultivos de caña de azúcar. (Tesis Ing. Agr.)*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

2.10 ANEXOS

2.10.1 Anexo 1. Medición de la altura de las plantas.



Fuente: Zumeta, 2018.

Figura 27A. Medición de la altura a los 45 DDS.

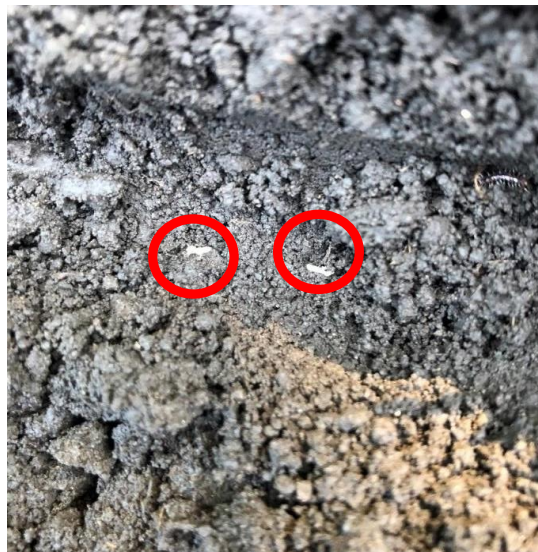
2.10.2 Anexo 2. Tolete enfermo



Fuente: Zumeta, 2018.

Figura 28A. Tolete sin tratamiento químico afectado por la humedad.

2.10.3 Anexo 3. Plagas en el suelo (*Phyllophaga* spp)



Fuente: Zumeta, 2018.

Figura 29A. Gallina ciega en el suelo en el área de los tratamientos sin tratamiento químico.

2.10.4 Anexo 4. Toletes a los 30 DDS



Fuente: Zumeta, 2018.

Figura 30A. Estado de los toletes a los 30 DDS.

2.10.5 Anexo 5. Toletes sin tratamiento químico



Fuente: Zumeta, 2018.

Figura 31A. Raíz de toletes sin tratamiento químico.



CAPÍTULO III

Servicios prestados en el Departamento Agrícola de la Zona Cuatro de Producción del Ingenio Madre Tierra, La Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala.

3.1 PRESENTACIÓN

Los servicios realizados en la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra, que se conforma por 15 fincas; Mixqueño, Variedades, El Retiro, Coyolate, San Roque, El Manantial, Esperanza Mapán, La Bendición, San Lorenzo, Parcelas Nueva Concepción, Santa Marta, Barranquilla, San Antonio Mapán, Parcelas Espinoza y El Recreo; fueron parte esencial y fuente de información para la entidad a la cual fueron prestados. Estos servicios fueron recolectados durante toda la participación de los ensayos durante el periodo de ejercicio profesional supervisado.

Estos servicios son de suma importancia para el aprendizaje debido a que para la producción de caña de azúcar el control de malezas es una de las más importantes actividades ya que depende esta de un buen desarrollo de las plantas en las primeras dos etapas del manejo del cultivo, así mismo el riego es una de las actividades más importantes ya que de esta actividad depende la producción final de toneladas en el cultivo de caña de azúcar.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Los servicios realizados en la zona cuatro del Ingenio Madre tierra fueron llevado a cabo en la finca Barranquilla, debido a que es una finca donde el control de malezas principalmente las malezas de hoja ancha presentan una mayor incidencia debido a las condiciones climáticas de la finca además de ser la finca que presenta mayor problema para la aplicación de riego en la primer etapa del proceso de producción de la caña de azúcar, por lo tanto se realizó un ensayo de aplicación de herbicidas con el objetivo de encontrar una mezcla de herbicidas que garantice un mayor número de días de control después de la aplicación además de un ensayo que evalúa frecuencias de riego y tratamiento térmico en la labor de siembra de la caña de azúcar en la etapa de iniciación con el objetivo de garantizar una similar brotación y cantidad de espacios vacíos.

3.3 OBJETIVO GENERAL

Apoyar y asistir a todas las actividades agrícolas para la producción de la caña de azúcar en la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra durante el periodo de febrero a noviembre del año 2018.

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 Evaluación de dos frecuencias de riego y tratamiento térmico en la siembra de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) en finca Barranquilla, Nueva Concepción, Escuintla

3.4.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La cantidad de agua para el uso agrícola es cada vez más limitante, en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) el establecimiento del cultivo, demanda mucho del recurso hídrico, debido a que se tiene la cultura de regar entre 1 y 3 días después de siembra y el segundo riego alrededor de los 10 días después de siembra para aplicar el herbicida pre emergente, sabemos también que al regar aseguramos la buena brotación de las yemas, es decir que logramos una buena brotación a través del riego, pero el agua además de escasa en el futuro puede tener un costo elevado, repercutiendo significativamente en los costos de producción.

En la actualidad con los precios deprimidos del azúcar vale la pena ser más eficiente en el riego, siendo este factor con un peso alrededor del 25 % del costo total de producción, por eso es importante investigar como producir con la utilización de menor cantidad del recurso hídrico.

Una de las principales limitantes que existen en la zona cuatro de producción del Ingenio Madre Tierra es el acceso al agua para el riego, el riego es una de las labores más importantes por hacer en las siembras del cultivo en el segundo tercio, que en este tiempo las condiciones climáticas son secas por la escasez de lluvias, por lo cual el agua se convierte en un factor importante para que las plantas se desarrollen de manera eficiente y eficaz.

El riego es una labor agrícola que tiene mucha importancia en el manejo del cultivo de caña de azúcar y ocupa una parte importante al presupuesto para el proceso de producción, por lo que se buscan alternativas que suplan las necesidades del cultivo. Se desea conocer una frecuencia de riego que sea más amplia y que asegure las condiciones ideales para la producción del cultivo, además del ahorro por hectárea que se tendría por la disminución en el riego.

Por tal razón se plantea realizar la presente investigación que pretende demostrar si es posible disminuir la cantidad de agua en el establecimiento del cultivo.

3.4.1.2 Objetivos

1. Determinar la humedad del suelo en los primeros 60 DDS.
2. Determinar el porcentaje de brotación de los esquejes en la siembra de caña de azúcar a los 60DDS.
3. Determinar la despoblación de los tallos en el cultivo de caña de azúcar a los 45 DDS.

3.4.1.3 Metodología

El ensayo fue establecido el 5 de febrero, se realizó en un lote de la finca barranquilla debido a que esta finca sufre de escasez de agua en época seca, por lo cual el riego es limitado para las siembras del segundo tercio.

La variedad utilizada es la CP 72-2086, debido a que por sus características es la variedad que más se adaptaba a las condiciones del ensayo.

3.5 CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.5.1 Ubicación

El ensayo se ubicó en la finca Barranquilla en el lote 0950309 de la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra.

3.5.2 Diseño experimental

Para el ensayo de la evaluación de siembra con disminución del riego, se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar, se utilizaron cuatro tratamientos y dos repeticiones.

3.5.3 Unidad experimental

El tamaño de cada unidad experimental fue de 10.5 m de ancho (7 surcos) y 30 m de longitud.

3.5.4 Aleatorización

En el cuadro 37 se observa la aleatorización de los tratamientos en campo.

Cuadro 37. Aleatorización de los tratamientos

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Tratamiento D	Tratamiento A	Tratamiento C	Tratamiento B
Tratamiento C	Tratamiento B	Tratamiento A	Tratamiento D

3.5.5 Tratamientos y dosis

En el cuadro 38 se describen los tratamientos a utilizar para el ensayo.

Cuadro 38. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Frecuencia de riego	Tratamiento térmico
A	15 días	Con tratamiento térmico
B	15 días	Sin tratamiento Térmico
C	30 días	Con tratamiento térmico
D	30 días	Sin tratamiento térmico

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.5.6 Manejo del experimento

El tratamiento térmico a los tratamiento que se aplicó se realizó al momento del corte de la semilla de los esquejes de la caña de azúcar, el tratamiento consistió en embolsar los paquetes de esquejes por 36 horas, el primer riego se realizó a los 3 días después de la siembra, a los 4 tratamientos a los 15 días que es la primer frecuencia de riego solo se aplicó riego a los tratamiento A y B, a los 30 días se aplicó riego a los 4 tratamientos, estas frecuencias de riego se realizó hasta los 60 días después de la aplicación.

La aplicación se realizó en el lote 0950309 dentro de la finca Barranquilla debido a que es un lote el cual el recurso hídrico es poco accesible, la aplicación del tratamiento térmico se hizo en días con poca nubosidad y temperaturas altas.

3.5.7 Frecuencias de riego

En el cuadro 39 se describe el calendario de riego para los tratamientos evaluados.

Cuadro 39. Frecuencias de riego para los tratamientos.

Tratamientos	Fechas de riego				
	6/02/2018	21/02/2018	8/03/2018	23/03/2018	7/04/2018
R15 + Tratamiento térmico	6/02/2018	21/02/2018	8/03/2018	23/03/2018	7/04/2018
R15 y Sin Tratamiento térmico	6/02/2018	21/02/2018	8/03/2018	23/03/2018	7/04/2018
R30 + Tratamiento térmico	6/02/2018	-	8/03/2018	-	7/04/2018
R30 y Sin Tratamiento térmico	6/02/2018	-	8/03/2018	-	7/04/2018

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.5.8 Variables de respuesta

3.5.8.1 Porcentaje de brotación

Se midió la cantidad de yemas brotadas a los 60 días después de la siembra para obtener el porcentaje brotación por tratamiento.

3.5.8.2 Porcentaje de despoblación

Se determinó la cantidad de espacios vacíos o despoblación de los tratamientos evaluados a los 45 DDS.

3.5.8.3 Porcentaje de humedad del suelo

Se midió el porcentaje humedad cada semana después del primer riego aplicado a los tratamientos.

3.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de cada una de las variables medidas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa Infostat. Así mismo se realizaron pruebas de medias utilizando el método de comparación de Tukey.

3.7 RESULTADOS

En la figura 32 se observan los tratamientos a los 70 DDS para los cuatro tratamientos.

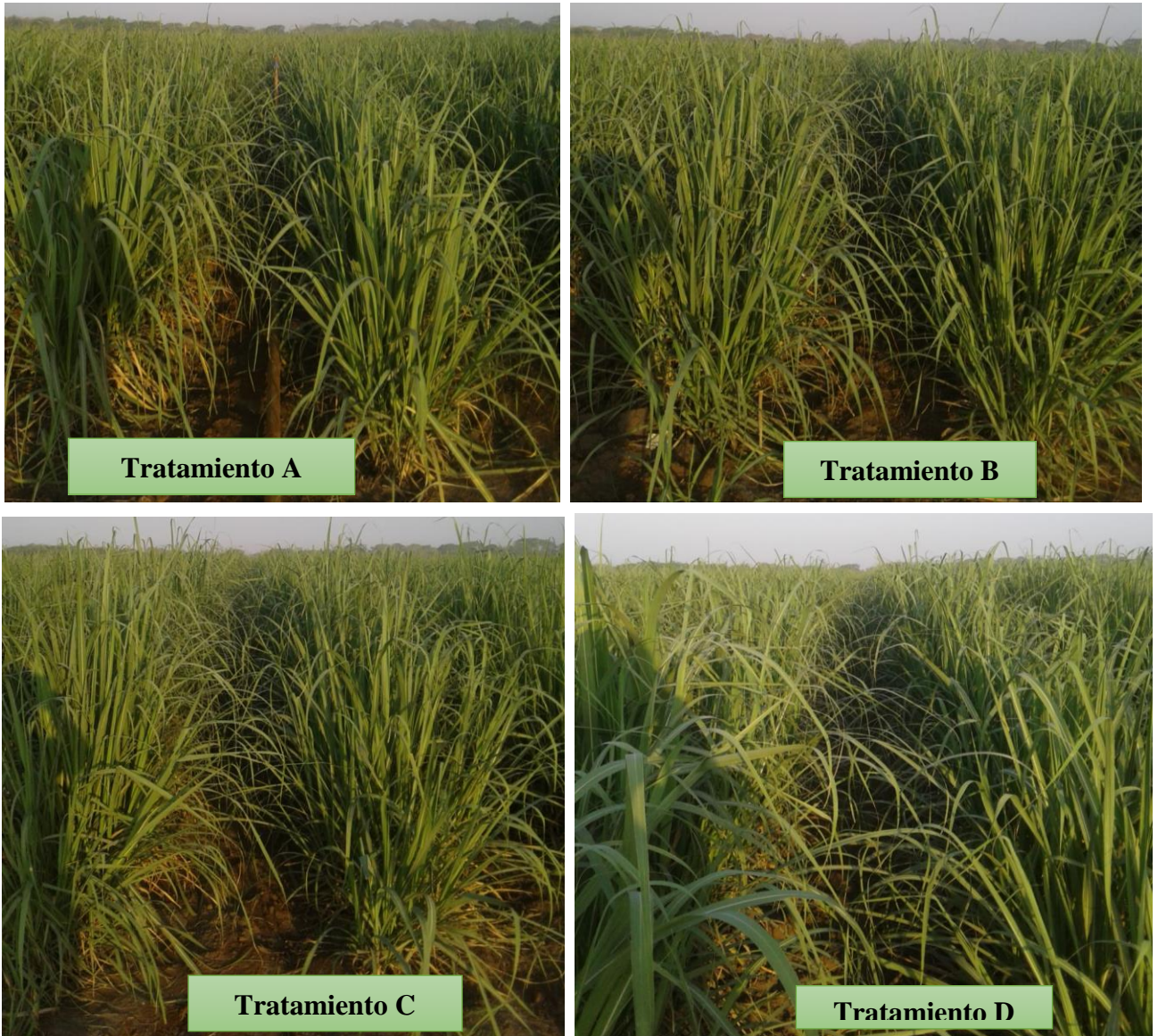


Figura 32. Resultado de los tratamientos a los 70 DDS.

En la figura 32 se logra observa a los tratamientos evaluados a los 70 días después de la siembra en donde se logra observa que los cañales se encuentran bien desarrollados y no

se logra ver alguna diferencia visualmente, aunque estadísticamente el tratamiento con mejores rendimientos en base a brotación y despoblación es el tratamiento el cual posee una frecuencia de riego de 15 días y que se le aplico el tratamiento térmico.

3.7.1 Porcentaje de brotación

La brotación es uno de los factores más importantes para la producción final de la caña de azúcar, esto es debido que el numero inicial de tallos primarios influye en las toneladas por hectárea de producción final ya que habrá tallos más desarrollados, de mayor peso y altura, y con mayor capacidad de reserva para la sacarosa.

Como se puede observar en la siguiente figura el tratamiento con mayor porcentaje de brotación es el tratamiento que su frecuencia de riego es de 15 días y con tratamiento térmico y el tratamiento con frecuencia de riego de 30 días y sin tratamiento térmico presento 82.50 % de brotación, es decir una disminución de 9.25 % menos en el porcentaje de brotación. Tratamientos B y C presentan resultados similares.

En la figura 33, se observa la gráfica del comportamiento de la brotación en los cuatro tratamientos evaluados.

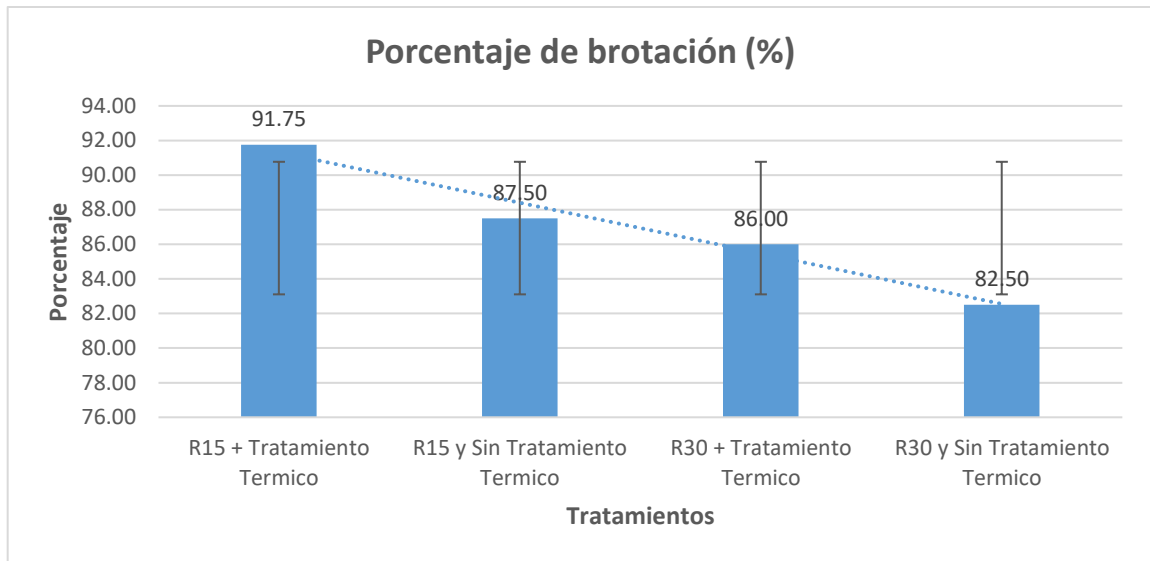


Figura 33. Porcentaje de brotación a los 60 días después de la siembra.

En el cuadro 40 se muestra el análisis de varianza el cual se puede observar que, existe diferencia significativa, debido a que su p-Valor es inferior al 5% de significancia, por lo tanto, se recomienda una prueba post-andeva (Prueba de Tukey) para identificar cuál de los tratamientos presenta significancia.

Cuadro 40. Análisis de andeva para la variable de brotación.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	
Tratamientos	3.00	88.09	29.36	33.96	0.0081	S
Bloque	1.00	1.53	1.53	1.77	0.2754	NS
Error	3.00	2.59	0.86	-		
Total	7.00	92.21	-			
Coefficiente de variación: 1.07 %						

S= Significativo, NS= No Significativo

Cuadro 41. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de brotación a los 60 DDS.

Tratamientos	Medias	
A	91.75	A
B	87.50	A B
C	86.00	B C
D	82.50	C

En la prueba de medias se observa que el tratamiento A (frecuencia de riego de 15 días y tratamiento térmico) presenta diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, aunque se observa que el tratamiento B (frecuencia de riego de 15 días y sin tratamiento térmico) obtendrá resultados similares al tratamiento A, pero el tratamiento B también puede presentar resultados similares al tratamiento C (frecuencia de riego de 30 días y tratamiento térmico). Por lo tanto, el tratamiento A presentara mejores rendimientos en cuanto a población y brotación.

3.7.2 Porcentaje de despoblación

La cantidad de tallos primarios es importante para la producción final debido a que mayor cantidad de tallos primarios aumentaran la cantidad de tallos secundarios, por lo cual la población inicial de tallos primarios asegura una mayor cobertura por metro lineal y por ende la producción final se aumentara.

Como se puede observar en la siguiente imagen el tratamiento con mayor porcentaje de despoblación 5.90 % es el tratamiento D (frecuencia de riego de 30 días y sin tratamiento térmico) y el tratamiento A (frecuencia de riego de 15 días y tratamiento térmico) es el que presenta un menor porcentaje de despoblación con 2.60 %, el valor máximo permitido en el

porcentaje de despoblación es de 5 %, por lo tanto, todos los tratamientos excepto el D se encuentran en este rango permitido.

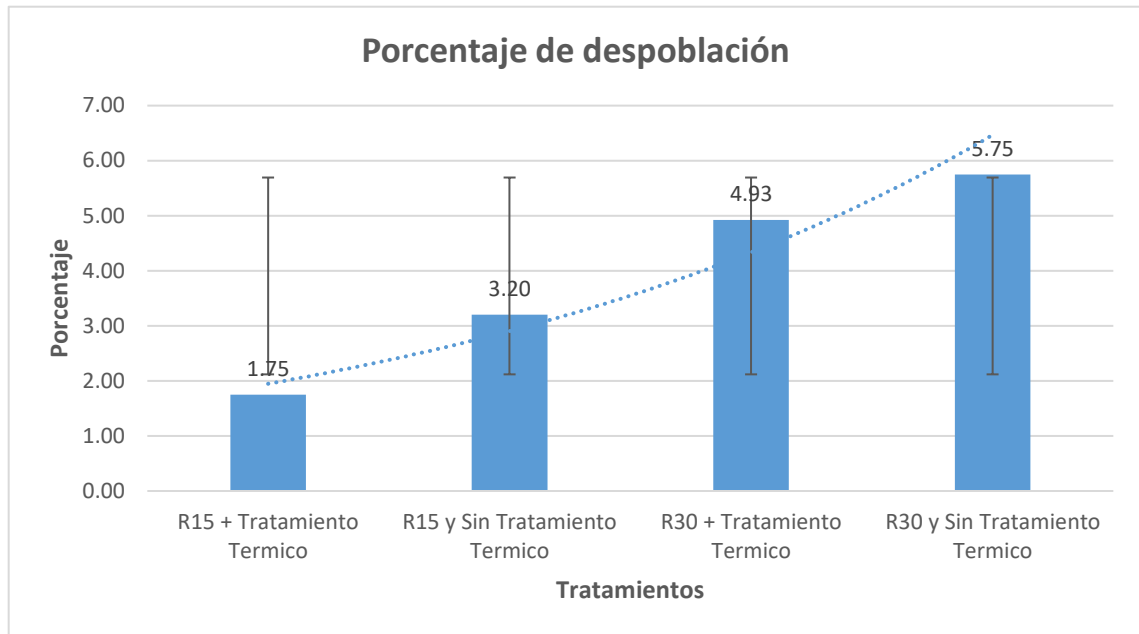


Figura 34. Porcentaje de despoblación los 45 días después de la siembra.

En el cuadro 42 se presenta el análisis de varianza para la variable de porcentaje de despoblación a los 45 días después de la siembra.

Cuadro 42. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de despoblación.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	
Tratamiento	3.00	19.17	6.39	12.01	0.0353	S
Bloque	1.00	0.20	0.20	0.37	0.5873	NS
Error	3.00	1.60	0.53	-		
Total	7.00	20.97	-			
Coefficiente de variación: 18.07 %						

S= Significativo, NS= No Significativo

En el cuadro 43 se muestra el análisis de varianza el cual se puede observar que, existe diferencia significativa para alguno de los tratamientos para la variable de despoblación, esto debido a que su p-Valor es inferior al 5 % de significancia, por lo tanto, se recomienda una prueba post-andeva (prueba de Tukey) para identificar cuál de los tratamientos presenta significancia con respecto al porcentaje de despoblación.

Cuadro 43. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de despoblación.

Tratamientos	Medias	
A	1.75	A
B	3.20	A B
C	4.93	A B
D	5.75	B

En la prueba de medias de Tukey se observa que el tratamiento A (frecuencia de riego de 15 días y tratamiento térmico) presenta diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, aunque se observa que el tratamiento B (frecuencia de riego de 15 días y sin tratamiento térmico) y tratamiento C (frecuencia de riego de 30 días y tratamiento térmico) obtendrán resultados similares al tratamiento A pero también puede presentar resultados similares al tratamiento D (frecuencia de riego de 30 días y sin tratamiento térmico).

3.7.3 Porcentaje de humedad

El riego es una de las labores más importantes en el proceso de producción del cultivo de caña de azúcar, por ende, el suelo necesita de una humedad óptima para una mayor producción final de toneladas de caña de azúcar por hectárea.

En la figura 35 se observa la primera medición del porcentaje de humedad se realizó a los 7 días después del primer riego es decir a los 9 días después de la siembra, como se logra observar en la figura 39, muestra los resultados a los 39 DDS, el porcentaje de humedad presenta resultados similares, debido a que el primer riego se hizo a los 2 días después de la siembra a los 4 tratamientos.

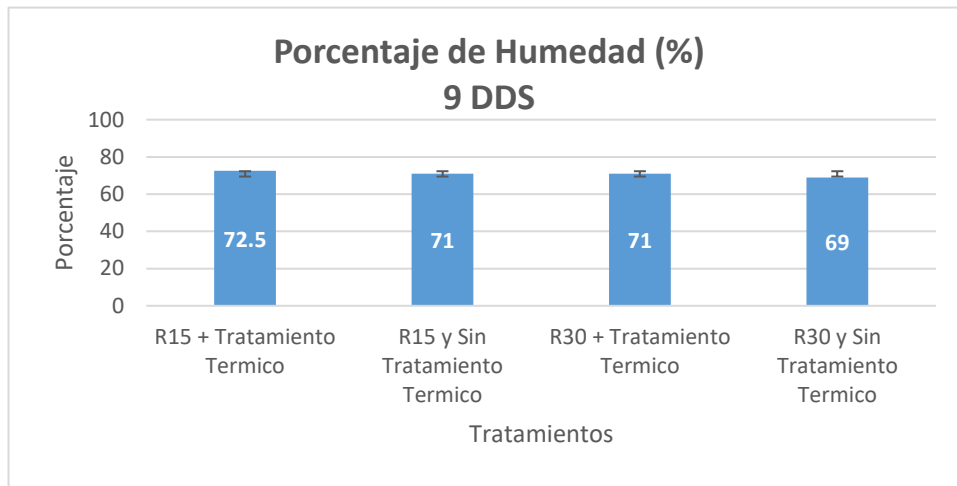


Figura 35. Porcentaje de humedad a los 9 DDS.

En la figura 36, muestra los porcentajes de humedad realizados a los 17 DDS luego de haberse realizado el segundo riego a los tratamientos A y B que su frecuencia de riego era de 15 días, y en los tratamientos C y D donde la frecuencia de riego fue de 30 DDS la humedad se encuentra en disminución, en donde según el Aquaterr se encontraba en el límite en donde el cultivo ya requería de agua.

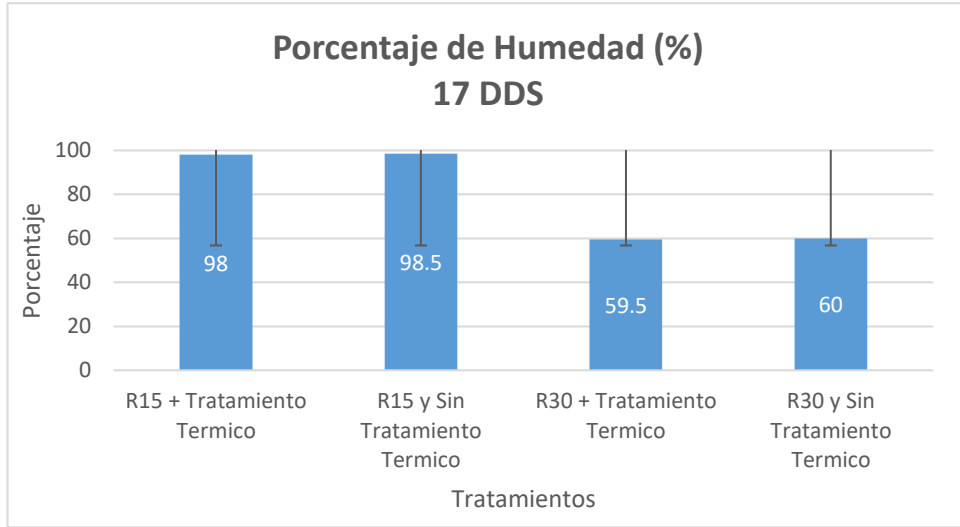


Figura 36. Porcentaje de humedad a los 17 DDS.

En la figura 37 se muestra que los tratamientos A y B se encuentran en rangos de humedad aceptable mientras que en los tratamientos C y D se encuentran en rangos donde el riego ya debe ser aplicado, aunque se logra observar que la humedad disminuyo levemente en comparación al muestreo a los 17 DDS, esto pudo ser a la aportación capilar de humedad del suelo.

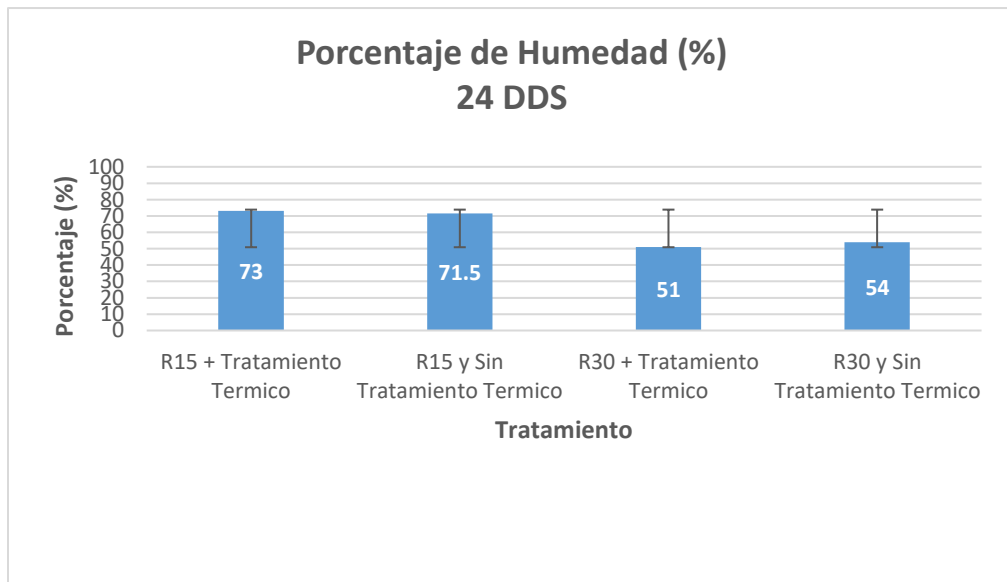


Figura 37. Porcentaje de humedad a los 24 DDS.

En la figura 38, muestra los resultados del muestreo a los 32 DDS, fecha cuando se realizó el segundo riego para los tratamientos C y B, y el tercer riego a los tratamientos A y B. los porcentajes de humedad son similares y cercanos a 100 % lo cual quiere decir que hubo una buena eficiencia de riego.

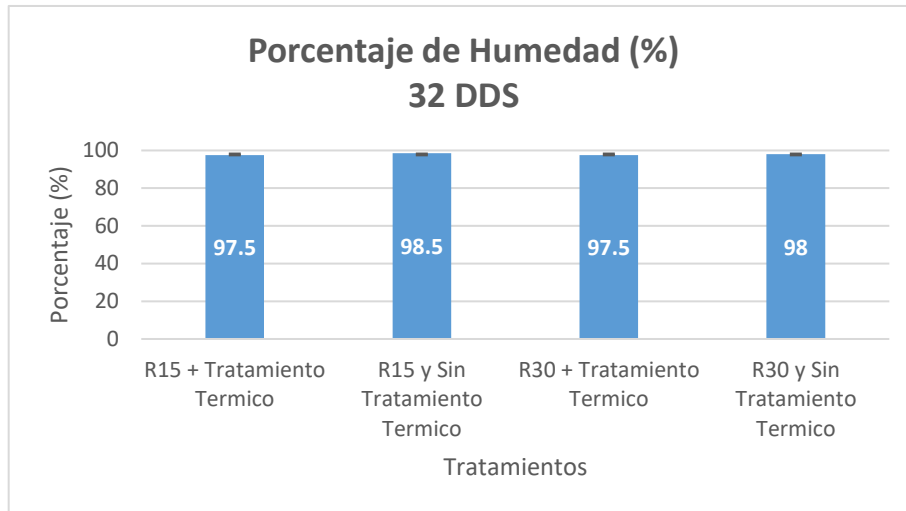


Figura 38. Porcentaje de humedad a los 32 DDS.

En la figura 39 se logra observar a todos los tratamientos 7 días después de haber sido aplicado el tercer riego, en donde se observa que los tratamientos donde la frecuencia de riego es de 30 días, la humedad disminuye en mayor cantidad, esto pudo ser causado por la evapotranspiración del agua en el suelo, así mismo el cultivo también se encuentra absorbiendo el agua del suelo.

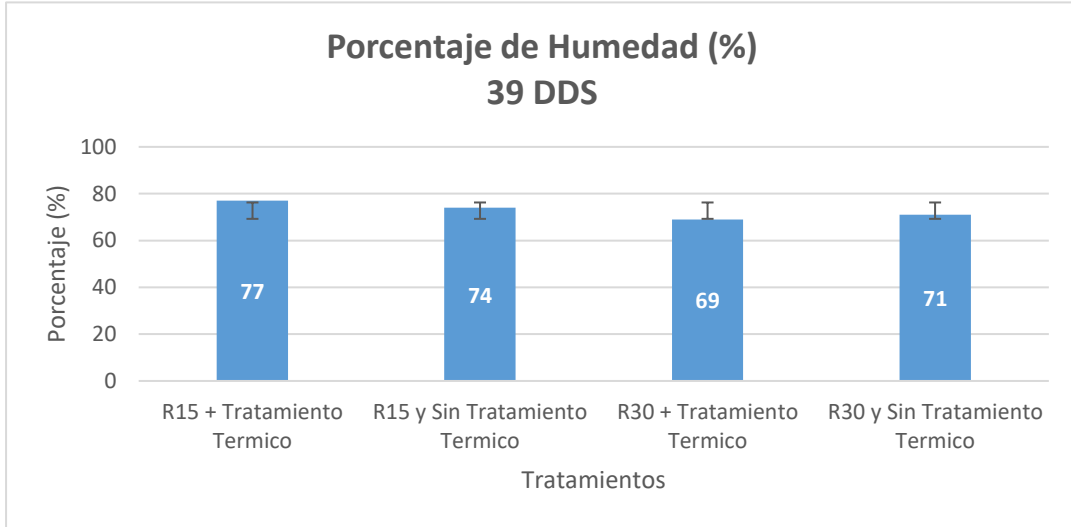


Figura 39. Porcentaje de humedad a los 39 DDS.

En la figura 40 se muestra el porcentaje de humedad a los 47 DDS, en donde se realizó el cuarto riego a los tratamientos A y B, en los tratamientos C y D se observa que humedad disminuye con mayor rapidez debido a la falta de agua o la frecuencia de riego muy amplia.

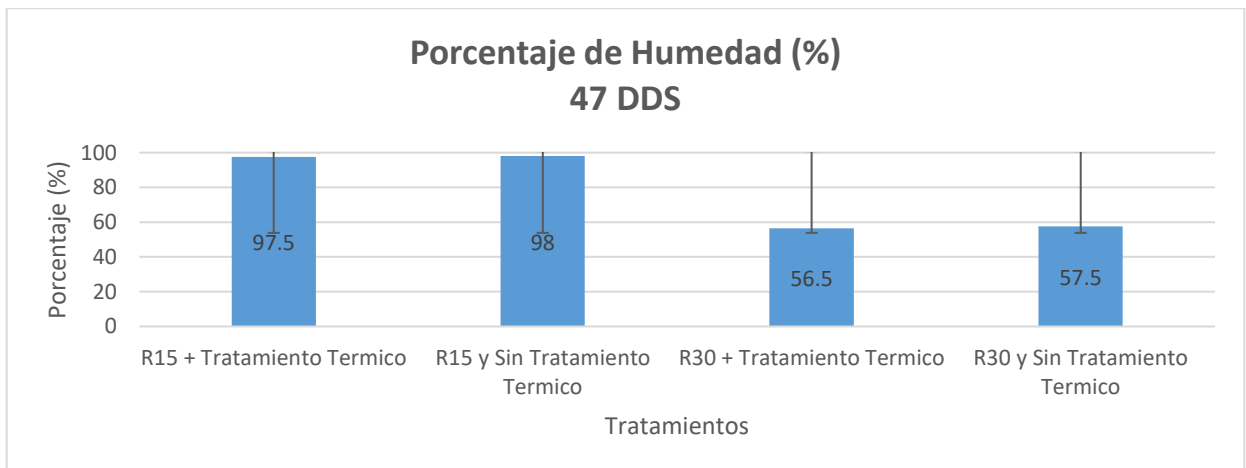


Figura 40. Porcentaje de humedad a los 47 DDS.

En la figura 41 se logra observar que los tratamientos A y B presentan porcentajes de humedad aceptables para el cultivo, en los tratamientos C y D se observa que se encuentran

en rangos donde deben ser regados para tener un buen rendimiento y asegurar su población y brotación.

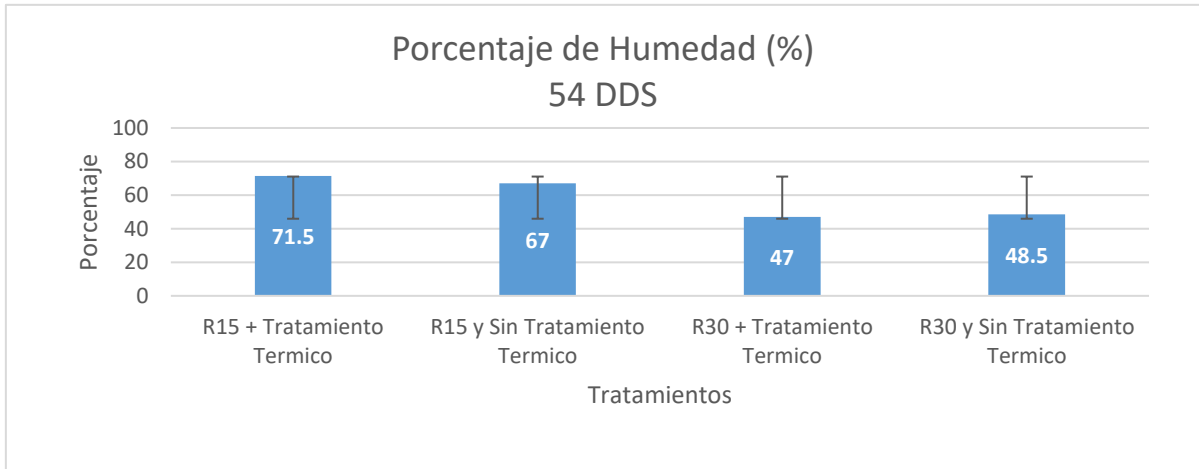


Figura 41. Porcentaje de humedad a los 54 DDS.

En la figura 42 el porcentaje de humedad total hasta los 62 días después de la siembra.

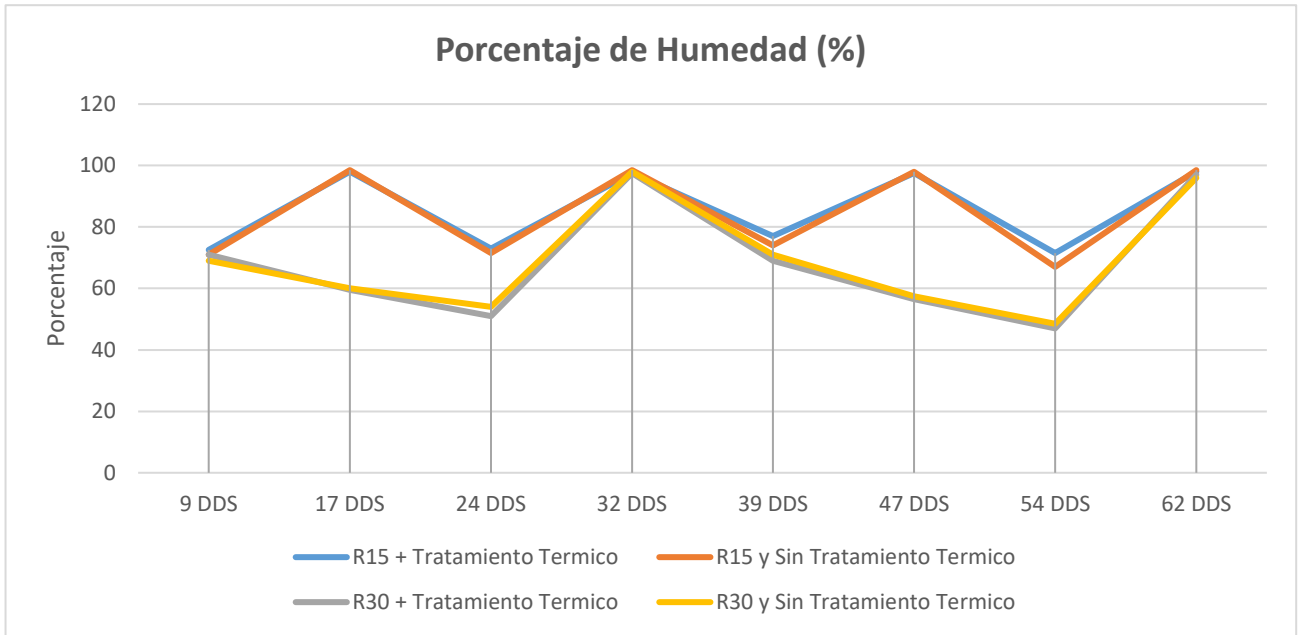


Figura 42. Comportamiento del porcentaje de humedad hasta los 62 días después de la siembra.

El porcentaje de humedad para los tratamientos de frecuencia de riego de 15 días presentaron resultados similares, con esto se aseguraba aportar las condiciones ideales en el suelo y en el cultivo para una buena brotación y reducir la cantidad de espacios vacíos, con lo cual se puede observar en los resultados de brotación de los tratamientos A y B, que presentaban mayores porcentajes en comparación a los tratamientos B y C.

Los tratamientos de frecuencia de riego de 30 días presentaron porcentajes de humedad muy bajos después de los 20 días después de haber sido aplicado el riego, sin embargo debido a la baja aportación de agua, el tratamiento C, no presentaba diferencias significativas en comparación al tratamiento B, esto se debe a la eficiencia de aplicación del tratamiento térmico que acelera la brotación de las yemas de los esquejes y así estos brotes aprovechan la humedad del primer riego realizado al día siguiente de la siembra, por lo tanto la buena brotación aseguro la menor cantidad de espacios vacíos en el cultivo obteniendo resultados por debajo del 5 % el cual es el límite permitido para la siembra de caña de azúcar.

En la figura 43 se observa la medición de la humedad del suelo por medio del Aquaterr.

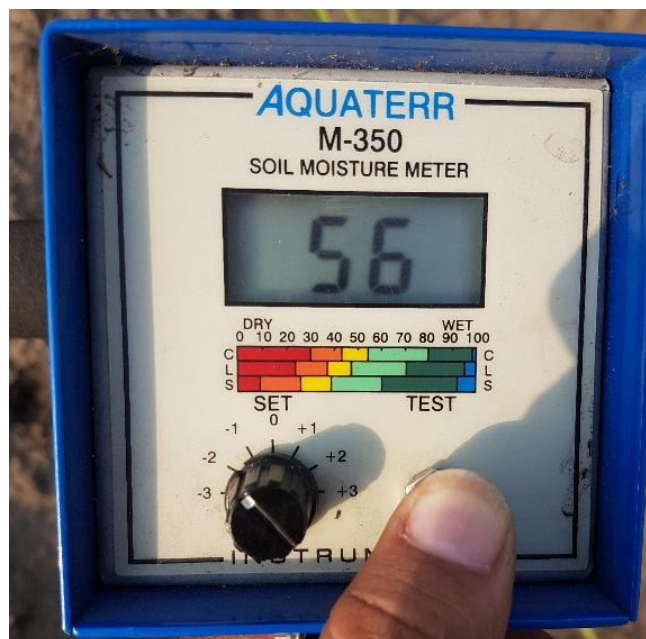


Figura 43. Medición del porcentaje de humedad.

3.8 CONCLUSIONES

1. La brotación presentó diferencias significativas en cuanto al tratamiento A (frecuencia de riego 15 días y tratamiento térmico) obteniendo un porcentaje de brotación de 91.75 %, según la prueba de Tukey realizada el tratamiento C (frecuencia de riego de 30 días y tratamiento térmico), presenta resultados similares al tratamiento B (frecuencia de 15 días y sin tratamiento térmico) que este tratamiento es la manera de convencional de realizar las siembras y el riego en caña plantía, por lo tanto el tratamiento C y B tuvieron resultados similares de brotación con lo cual se permitirá el ahorro de dos riegos en los primeros 60 días después de la siembra.
2. El porcentaje de despoblación o espacios vacíos de acuerdo con nuestros resultados de pruebas de medias se logra observar que tanto tratamiento B y C presentaran resultados similares, es decir que permitirán el ahorro de dos riegos en los primeros 60 días después de la siembra sin aumentar la cantidad de espacios vacíos.
3. El tratamiento que presentó mejores resultados en cuanto a porcentaje de brotación y despoblación es el A, por lo tanto, el tratamiento térmico es un factor importante para la siembra de caña de azúcar.
4. La realización del tratamiento térmico de los esquejes de caña de azúcar acelerará la brotación de las yemas de los esquejes y asegurará un buen rendimiento en cuanto a la brotación y espacios vacíos en la siembra de caña de azúcar.
5. El porcentaje de humedad influyó en las variables de población y despoblación como se observó en los resultados del tratamiento B y D, a los cuales no se les aplicó tratamiento térmico. Se aplicó una frecuencia de riego de 30 días en siembras de caña de azúcar y presentó resultados menores al promedio, por consiguiente, si se utilizará una frecuencia de riego de 30 días se recomienda la aplicación del tratamiento térmico.

3.9 EVALUACIÓN DE TRES MEZCLAS DE HERBICIDAS EN EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*). EN FINCA BARRANQUILLA, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA

3.10 INTRODUCCIÓN

Las malezas son plantas silvestres que crecen en hábitats frecuentemente disturbados por la actividad humana. Una planta es maleza si, en cualquier área geográfica específica, sus poblaciones crecen sin que sean cultivadas con deliberación y que compiten por agua, luz y nutrientes del suelo. (Valdez, 2016)

Como todo cultivo agrícola, la caña de azúcar también presenta inconvenientes en su proceso de crecimiento esto es debido principalmente a la competencia que ejercen las malezas en el suelo durante la primera etapa del cultivo de caña de azúcar, en donde el crecimiento es lento y el follaje no logra cubrir la superficie del suelo.

El control de malezas en caña de azúcar representa actualmente el 30 % de los costos de producción del cultivo en soca. Esto hace necesario disponer un plan de manejo que ofrezca un buen control de estas, para ello se necesita saber la composición florística del agro sistema de caña como base fundamental para el desarrollo de planes de manejo y saber cuáles son los procedimientos y herramientas que se disponen para implementarlos (Cengicaña, 1998)

La presente investigación tiene como finalidad el control de las principales malezas que afecta la finca Barranquilla como lo son *Momordica* (*Momordica charantia*), Caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), etc. y con ello una mayor productividad en el cultivo de caña de azúcar. Por lo cual se seleccionaron mezclas de 3 casas comerciales para incrementar el control de las malezas. Ante ello se estableció un diseño de bloques al azar para la evaluación de estas mezclas y poseer un mejor control de las malezas.

3.11 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la zona cuatro del Ingenio Madre Tierra, el control de malezas es una de las tres principales labores agrícolas que se llevan a cabo, debido a que las malezas están en competencia por la luz, agua y nutrientes que se encuentran en el suelo en donde está el cultivo durante sus primeras etapas de establecido.

El control de malezas es una labor agrícola que tiene una mucha importancia en el manejo del cultivo de azúcar junto con el riego y la siembra, y ocupa una parte importante en el presupuesto para el proceso de producción de la caña de azúcar, por lo que se busca el control químico el cual es el que presenta un menor costo y una mayor eficiencia para el control de malezas, por su capacidad de días de control. Se desea conocer una mezcla que presenta un menor costo y un mayor control de las malezas es decir que presente más días control.

3.12 OBJETIVOS

1. Evaluar tres mezclas de herbicidas para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Sacharum* spp.) en la finca Barranquilla.
2. Determinar cuál de las mezclas presenta una mayor eficiencia del control de malezas después de la aplicación.

3.13 METODOLOGÍA

3.13.1 Diseño experimental

Para el ensayo de la evaluación de tres mezclas de herbicidas y el control de las malezas se utilizó el modelo estadístico de diseño de bloques al azar, se utilizaron cuatro tratamientos y 4 repeticiones.

3.13.2 Unidad experimental

El tamaño de cada unidad experimental fue de 10.50 m de ancho (7 surcos) y 30 m de longitud.

En el cuadro 44 se observa la aleatorización de los herbicidas en los tratamientos a evaluar.

Cuadro 44. Aleatorización de tratamiento de herbicidas.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Tratamiento A	Tratamiento D	Tratamiento C	Tratamiento B
Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D	Tratamiento A
Tratamiento D	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C
Tratamiento C	Tratamiento B	Tratamiento A	Tratamiento D

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.13.3 Equipo

La aplicación de las mezclas de herbicidas se realizó con bombas matabi con boquillas TJ 8002, cubetas y probetas para su debida calibración antes de la aplicación de los tratamientos.

3.13.4 Calibración

Para la calibración de las bombas se realizó el siguiente procedimiento:

- Llenado de las bombas con 2 L de capacidad.
- Aplicación de agua en las parcelas según las bombas disponibles.
- Tener dos áreas de aplicación con las mismas medidas.

- Corrección de la altura de la lanza para aplicación, la cual debe ser debajo de los 75 cm de altura.
- Al terminar la aplicación verificar el volumen descargado, vaciando las mochilas y las boquillas.
- Realizar la operación de volumen de aplicación que es igual al volumen inicial menos volumen final.
- Repetir de nuevos los pasos anteriores por dos veces mas
- Promediar los volúmenes de aplicación para saber el volumen de aplicación de los tratamientos.

3.14 TRATAMIENTOS Y DOSIS

En el cuadro 45 se describen los productos utilizados por tratamientos y las dosis utilizadas.

Cuadro 45. Descripción de los tratamientos de las mezclas de herbicidas.

Tratamiento	Producto	Dosis
A	Dinamic 70 WG + Merlin 75 WG + Igran 50 SC	1 kg/Ha + 0.15 kg/Ha + 1.5 lt/Ha
B	Forza 60 WP + Hexacto 75 WP + Igran 50 SC	0.15 kg/Ha + 1 kg/Ha + 1.5 Lts/Ha
C	Satellite 45,6 SC + Zafrero 50 SC + Igual 80 WP	3 Lts/Ha + 1.5 Lt/Ha + 2 Kg/Ha
D	Testigo	Testigo

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.14.1 Aplicación de los tratamientos

La aplicación se realizó 8 días después de la siembra, se realizó solo una aplicación.

3.14.2 Condiciones de aplicación

Para la aplicación de mezclas de herbicidas buscaron las condiciones ideales, la hora de aplicación fue en la mañana y cuando no hubo viento para evitar la deriva del producto.

3.14.3 Variables respuesta

3.14.3.1 Eficiencia de aplicación

Se realizaron muestreos para verificar la eficiencia de aplicación de las mezclas de herbicidas, donde se tomó como referencia el porcentaje de cobertura de malezas, tomando como referencia un área de 1 m² por cada unidad de muestreo.

3.14.3.2 Densidad de malezas

Se realizó un muestreo antes de la aplicación del tratamiento para contabilizar el número de malezas y que especies son las que afectan al cultivo de caña de azúcar en finca Barranquilla en el proceso de producción.

3.14.3.3 Incidencia

Se realizaron muestreos a los 15 días después de la aplicación, para observar los daños al cultivo de caña de azúcar ocasionados por la aplicación de herbicidas, estos cambios se observan en la coloración de las hojas. Para esto se utilizó el cuadro de fitotoxicidad de la European Weeds Research Society.

En el cuadro 46 se muestra la tabla de fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar por parte de los agroquímicos.

Cuadro 46. Tabla de fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar.

Valor	Efecto sobre el cultivo	Escala porcentual de fitotoxicidad en el cultivo	Aceptabilidad
1	Sin efecto	0.0-1.0	Aceptable
2	Síntomas muy ligeros	1.0-3.5	
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0	
4	Síntoma que no se refleja en el rendimiento	7.0-12.5	
5	Daño medio	12.5-20.0	No aceptable
6	Daños elevados	20.0-30.0	
7	Daños muy elevados	30.0-50.0	
8	Daños severos	50.0-99.0	
9	Muerte completa	99.0-100.0	

Fuente: European Weeds Research Society, 2018.

3.15 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de cada una de las variables medidas se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el programa Infostat. Así mismo se realizaron pruebas de medias utilizando el método de comparación de Tukey.

3.16 RESULTADOS

A continuación, en la figura 44 se observa el momento de la aplicación de los tratamientos, en donde los aplicadores mantienen una altura uniforme para evitar el sesgo y la pérdida por deriva de los productos.



Figura 44. Aplicación de mezclas de herbicidas.

En la figura 44 se observa el momento de la aplicación de las mezclas de herbicidas para el control de malezas, utilizando bombas matabi colocando la boquilla a 20 cm del suelo para una mayor eficiencia de aplicación y ocurra menos pérdida por deriva.

En la figura 45 se observa algunos herbicidas para la mezcla de los tratamientos, estos dos herbicidas fueron utilizados para el tratamiento A. las dosis utilizadas fueron las recomendadas en los productos.



Figura 45. Herbicidas utilizados en las mezclas.

En la figura 46 se ve reflejado la eficiencia de la aplicación del control de malezas por parte de los tratamientos, el testigo se observa que existe una gran incidencia de malezas sobre todo con el Coyolillo la maleza que más emergió, así mismo se observa que los tratamientos de las mezclas aplicadas no presentan síntomas de efectos fitotóxicos, por lo tanto las mezclas cumplen con los requisitos de la European Weeds Research Society.

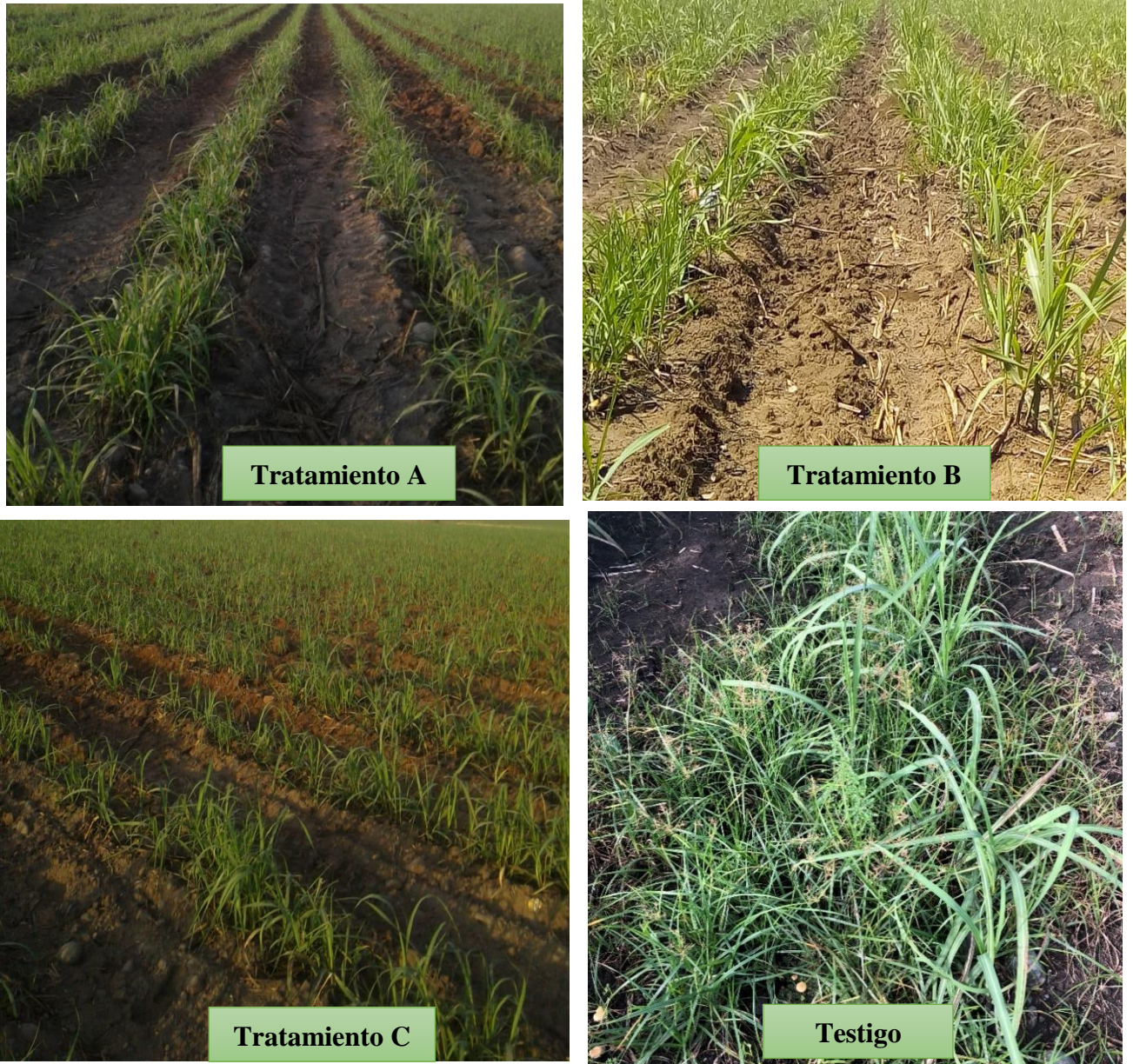


Figura 46. Resultados del tratamiento a los 30 días después de la aplicación.

3.17 DENSIDAD DE MALEZAS

Para conocer las malezas que afectaban el lote 0950309 de la finca Barranquilla se realizó un muestreo en el cual se observan los resultados en el cuadro 47.

Cuadro 47. Malezas en finca Barranquilla

Nombre Común	Nombre científico	Familia
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Poaceae
Jaibilla	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
Hierba de Pollo	<i>Commelina difusa</i>	Commelinaceae
Bejuco	<i>Ipomoea nil</i>	Convolvulaceae
Papayita	<i>Croton lobatus</i>	Euphorbiaceae
Coyolio	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae
Verdolaga de Caballo	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Aizoaceae

En el cuadro 47 se observa que existe una alta incidencia (cantidad de malezas por metro cuadrado) de malezas de hoja ancha, causando que el área seleccionada se encuentre en condiciones para el ensayo.

3.18 COBERTURA DE MALEZAS Y EFICIENCIA DE CONTROL

3.18.1 Evaluación de eficiencia de control a los 15 días después de la aplicación.

A los 15 días después de la aplicación de los tratamientos se realizó un muestreo para determinar la eficiencia del control de malezas, en la figura 47 se observan los resultados.

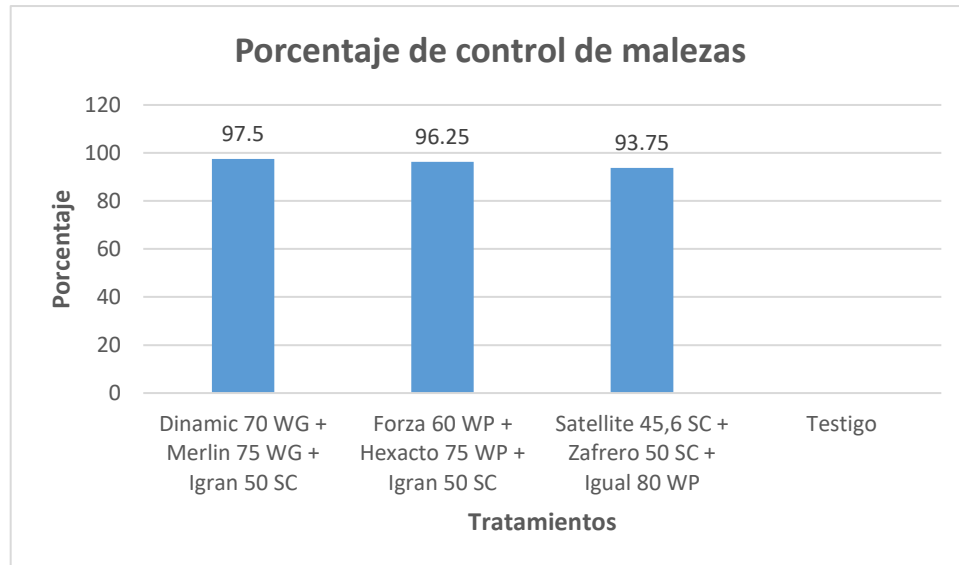


Figura 47. Eficiencia de control a los 15 días después de la aplicación.

Se realizó un muestreo a los 15 días después de la siembra para determinar la eficiencia del control de las diferentes mezclas de herbicidas, la eficiencia de aplicación se calculó midiendo el área de cobertura de las malezas en un metro cuadrado, en donde a los 15 días se observa un control de las malezas donde la cantidad de malezas encontradas es prácticamente nula, con respecto al testigo en donde no se aplicó herbicida como se muestra en la siguiente anterior.

3.18.2 Evaluación de eficiencia de control a los 30 días después de la aplicación.

En la figura 48 se observan los resultados del muestreo realizado a los 30 días después de la aplicación para determinar la eficiencia de control de malezas.

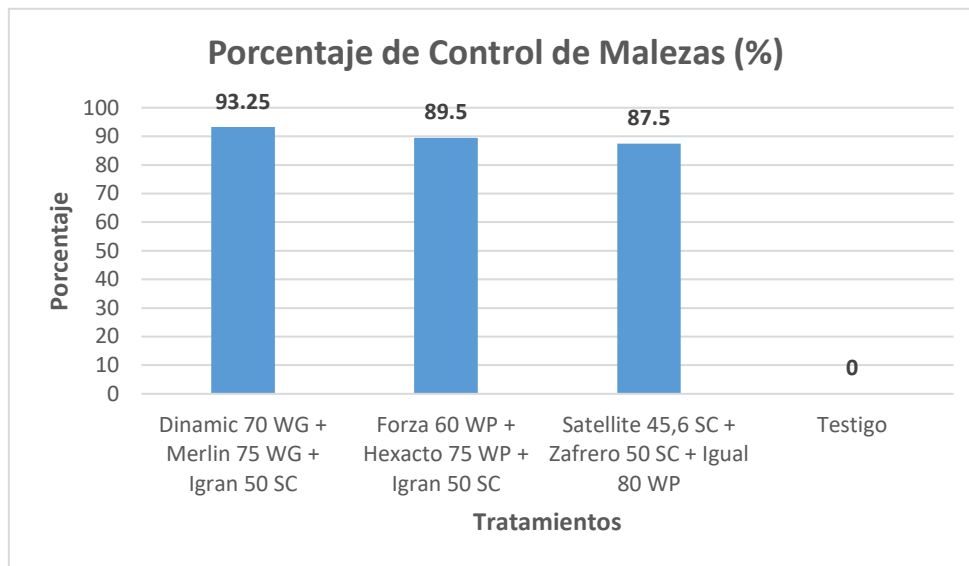


Figura 48. Eficiencia de control a los 30 días después de la aplicación.

En la figura 48 se observa que los tratamientos comienzan a disminuir su eficiencia de aplicación, y empieza la aparición de brotes de malezas, sin embargo, se logra observar que los tratamientos que fueron aplicados presentan un alto valor de control de malezas no presentan una diferencia (promedios similares) entre tratamientos con respecto al testigo en donde el control de malezas es nulo.

3.18.3 Evaluación de eficiencia de control a los 45 días después de la aplicación.

El último día de muestreo de la eficiencia de aplicación del control de malezas, se observa que las malezas con más área de cobertura, es el Coyolio (*Cyperus rotundus*), caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) y la verdolaga de caballo (*Trianthema portulacastrum*). El cual son las malezas que más afectan al cultivo en sus primeras etapas (Iniciación,

macollamiento y elongación l) y afectan directamente al rendimiento en la producción final del cultivo de caña de azúcar.

En el cuadro 48 se observan los resultados de la aplicación de herbicidas a los 45 días después de la aplicación detallando el control de cada maleza observada en el muestreo.

En el cuadro 48 se observa el porcentaje de eficiencia de aplicación a los 45 días después de la aplicación para cada una de las malezas que se encontraron en el muestreo a la aplicación en donde se observa que la maleza con más incidencia que afecta al cultivo de caña de azúcar es el Coyolío el cual es una maleza de la familia Cyperaceae, esta es una maleza resistente a los herbicidas y considerada una de las peores malezas en los cultivos tropicales. (Espinosa, 2012)

La caminadora es la segunda maleza con más incidencia la cual es una maleza que compete mucho por los nutrientes y humedad, además de ser hospedera de plagas lo cual lo convierte en una maleza muy dañina para el cultivo de caña de azúcar, las mezclas proporcionan un buen control para malezas de hoja ancha que son las malezas que más afectan al cultivo en las etapas de elongación tal es el caso del bejuco (*Ipomoea*). (Espinosa, 2012)

En el cuadro 49 se detalla el análisis estadístico realizado para determinar si existe diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 49. Análisis de varianza para la variable de porcentaje de eficiencia de control.

Fv.	G.L	SC	CM	F	p-Valor	
Tratamiento	3.00	21152.99	7051.00	2634.91	0.0001	S
Bloque	3.00	22.37	7.46	2.79	0.1019	NS
Error	9.00	24.08	2.68	-		
Total	15.00	21199.44	-	-		
Coefficiente de Variación= 2.60 %						

NS= No Significancia, S= Significancia

Según los resultados se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo cual se recomienda una prueba de medias para determinar que tratamiento presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos.

En el cuadro 50 se detallan los resultados de la prueba post andeva para determinar cuál de los tratamientos es que presenta las diferencias significativas.

Cuadro 50. Prueba de medias de Tukey para la variable de porcentaje de control de malezas.

	Tratamientos	Medias	
A	Dinamic 70 WG + Merlin 75 WG + Igran 50 SC	87.00	A
B	Forza 60 WP + Hexacto 75 WP + Igran 50 SC	84.43	A
C	Satellite 45,6 SC + Zafrero 50 SC + Igual 80 WP	79.86	B
D	Testigo	0.00	C

En el cuadro anterior se presenta el análisis de prueba de medias de Tukey en el cual se observa que tratamiento A y B presentan resultados similares, por lo tanto, A y B se puede utilizar para el control de malezas, el tratamiento C presenta diferencias significativas con respecto a las otras mezclas preparadas, por lo cual el tratamiento C presentara controles de las especies muestreadas.

En la figura 49 se observa la eficiencia de aplicación a los 45 después de la aplicación.

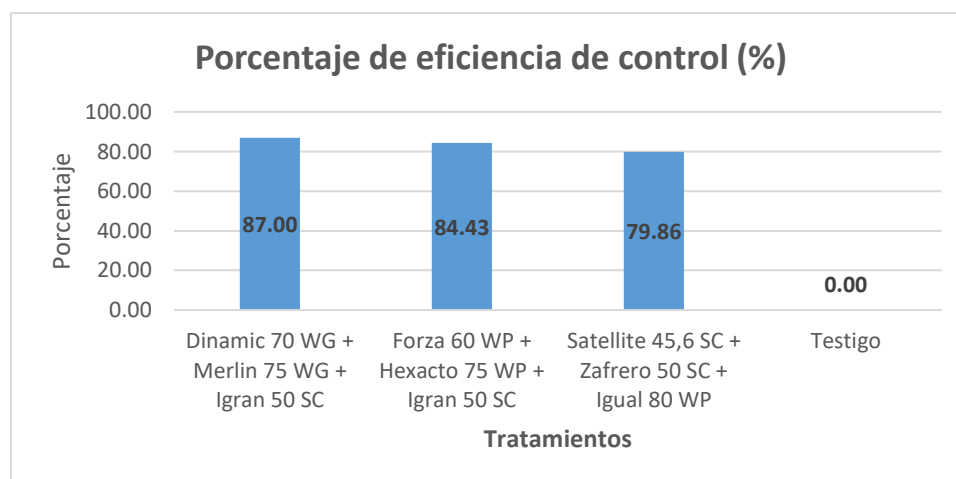


Figura 49. Porcentaje de eficiencia de control a los 45 Días después de la aplicación.

En la figura 49 se observa que la mezcla de herbicidas del tratamiento A es la que presenta la mayor media y en base a nuestros análisis de varianza y prueba de Tukey, la implementación de la mezcla A o B asegurará un mayor control de días después de la aplicación y habrá menos incidencia de malezas.

En el cuadro 51 se detallan los resultados del efecto de los herbicidas en los primeros días del ciclo de reproducción del cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 51. Fitotoxicidad en el cultivo de caña de azúcar a los 15 días después de la aplicación.

Tratamientos	Dosis	Fitotoxicidad en el cultivo	
		Porcentaje	Efecto sobre el cultivo
Dinamic 70 WG + Merlin 75 WG + Igran 50 SC	1 kg/Ha + 0.15 kg/Ha + 1.5 L/Ha	0.0-1.0	Sin Efecto
Forza 60 WP + Hexacto 75 WP + Igran 50 SC	0.15 kg/Ha + 1 kg/Ha + 1.5 L/Ha	0.0-1.0	Sin Efecto
Satellite 45,6 SC + Zafrero 50 SC + Iguar 80 WP	3 L/Ha + 1.5 L/Ha + 2 Kg/Ha	0.0-1.0	Sin Efecto
Testigo			

En el cuadro 51 se muestran los resultados con respecto a la fitotoxicidad sobre el cultivo de caña de azúcar donde se logra observar que no existe efecto de las mezclas de herbicidas sobre el cultivo y en base a eso se clasifican en el porcentaje de 0.0-1.0 según nuestro cuadro de la escala de European Weeds Research Society.

3.19 CONCLUSIONES

1. Las mezclas de herbicidas que fueron evaluadas presentan un amplio control de malezas de días después de la aplicación, mostrando tanto tratamiento A y tratamiento B presentan resultados estadísticamente iguales por lo tanto cualquiera de las dos mezclas a utilizar asegurara un mayor control de malezas y no presentarán efectos que dañen al cultivo en su etapa de iniciación, por lo que se recomienda la aplicación de estas dos mezclas.
2. El tratamiento A es la que presenta mejores resultados en cuanto a los días de control, y asegura la baja incidencia de malezas perjudiciales como el *Cyperus rotundus* y *Rottboellia cochinchinensis*, para el cultivo de caña de azúcar en sus primeras dos etapas de crecimiento (Iniciación y Macollamiento).
3. Las mezclas de herbicidas no presentan un peligro para el cultivo de caña de azúcar, ya que los herbicidas utilizados son selectivos para este cultivo, por lo cual esto asegura la aplicación de cada uno de los herbicidas aplicados para el control de malezas.

3.20 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrocentro.com. (2019). Obtenido de: *Catálogo de herbicidas*: <http://agrocentro.com/categoria-producto/herbicidas/>
2. Arysta. (2019). Catálogo de productos. Obtenido de <https://www.arystalifesciencecayc.com/productos>
3. Castro, O. (2012). *El riego en el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: CENGICAÑA.
4. Esqueda, V. (2005). *Efecto de herbicidas sobre plantas y semillas de Rottboellia Cochinchinensis, en caña de azúcar*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
5. Estévez, A. (1995). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali, Colombia: CENICAÑA.
6. Espinoza, G. (2013). *Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: CENGICAÑA.
7. Foragro.com. (2019). *Catálogo de herbicidas*. Obtenido de <http://www.foragro.com/catalogo/filtro/1/3>
8. Marroquín, S. (2014). *Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar, variedad CP 88-1165*. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía.
9. Melgar, M., Meneses, A., Espinosa, R., Orozco, H., & Castro, O. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala: Artemis Edinter.
10. Pacheco, J. (2012). *Programación del riego en la caña de azúcar*. Ciencias Técnicas Agropecuarias, 6.
11. Rosales, C. (2013). *Evaluación de tres frecuencias de riego con polietileno, en suelos arcillosos, sobre el crecimiento y rendimiento de caña de azúcar en Suchitepéquez*. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales.
12. Subiros, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

No. 03-2020

Trabajo de Graduación:	"TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Sacharum</i> spp.), EN LA ZONA CUATRO DEL INGENIO MADRE TIERRA, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Jorge Ruben Zumeta Portillo
Carné:	201318207

"IMPRÍMASE"



Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 68/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DEL COSTO POR HECTÁREA DE SIEMBRA CONVENCIONAL VS. SIEMBRA CON TOLETES TRATADOS QUÍMICAMENTE EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA FINCA SAN LORENZO, NUEVA CONCEPCIÓN, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

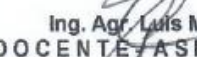
DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: JORGE RUBÉN ZUMETA PORTILLO

CARNE: 201318207

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. David Juárez
Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. Luis Montes

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.


Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
ASESOR ESPECÍFICO


Ing. Agr. Luis Montes
DOCENTE-ASESOR EPS


Ing. Agr. Waldemar Nuño Reyes
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA -EPS-



Ref. SAIEPSA-082.2020

Guatemala, 19 de febrero de 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN: TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum spp.*), EN LA ZONA CUATRO DEL INGENIO MADRE TIERRA, Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A,

ESTUDIANTE: JORGE RUBEN ZUMETA PORTILLO

No. CARNÉ 201318207

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"EVALUACIÓN DEL COSTO POR HECTÁREA DE SIEMBRA CONVENCIONAL VS. SIEMBRA CON TOLETES TRATADOS QUÍMICAMENTE EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum L.*) en La Finca San Lorenzo, Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. David Juárez
Ing. Agr. Manuel Martínez Ovalle
Ing. Agr. Luis Rodolfo Montes

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.



"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Agr. Luis Rodolfo Montes
Docente - Asesor de EPS

Vo. Bo. Ing. Agr. Ph. Dr. Marco Vinicio Pacheco Montoya
Coordinador Área Integrada EPS



cc.archivo
MVFM/azud