

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA
EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia* L.) EN CULTIVO
DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA ZONA 3, INGENIO MADRE
TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A.**

LUIS ALEJANDRO XICAY TZUNUN

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA
EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia* L.) EN CULTIVO
DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA ZONA 3, INGENIO MADRE
TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A.**

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

POR

LUIS ALEJANDRO XICAY TZUNUN

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M.A WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

VOCAL I

Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona

VOCAL II

Dr. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez

VOCAL III

Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid

VOCAL IV

Br. Carmen Aracely García Pirique

VOCAL V

P. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos

SECRETARIO

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

Guatemala, octubre de 2022

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 titulado **“EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia* L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola o Recursos Naturales Renovables, 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”

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom.

LUIS ALEJANDRO XICAY TZUNUN

ACTO QUE DEDICO

A:

**DIOS Y LA
VIRGEN MARÍA**

Por darme salud y sabiduría para culminar esta etapa de mi formación profesional

MIS PADRES

Luis Xicay Queche y Zoila Eugenia Tzunun Caal; por el apoyo incondicional, cariño, comprensión, disciplina, consejos y sus oraciones. Me permitió llegar a este momento, este triunfo es de ustedes ¡CUMPLIMOS LA META!

MIS HERMANOS

Luis Xicay Tzunun, Luis José Xicay Tzunun, Néstor Bernardo Xicay Coc y Evelyn Johana Xicay Tzunun (Q.E.P.D.): Flores en su tumba. Como las ramas de un árbol crecemos en diferentes direcciones, pero nuestra raíz es una sola, sus vidas son parte esencial de la mía. Deseo lo mejor para ustedes y que puedan cumplir sus anhelos para seguir celebrando juntos.

MI ESPOSA

Erika Yaneth Chalí Chicol por ser mi compañera de vida y por todo tu amor incondicional, porque tú eres uno de mis motivos para culminar esta etapa con éxito.

**FAMILIA
GENERAL**

A mis abuelas gracias por tenerme siempre en sus oraciones. Estefana Queche y Elvira Caal, a mí cuñada Sandra y sus hijos; Camila, Diego y Adriana, por ser un ejemplo de cariño y esfuerzo. A mis suegros Azael Chalí y Marta Julia por el cariño que me brindan, a mis primos por su amistad y regalarme momentos de felicidad.

AMIGOS

Walter Tuy, Mariano Arenales, Cristian Zamora, Alejandro Chex, Wilmer Colucho, Ricardo López, Elmer Bala, Juan Ruano, Alejandro Duque, Alfonso Hernández, Wilson Gonzales, Victor Cazali, Fernando Casia, Víctor Veleche, Grecia Ramos, Katerin López, Estiben Perobal, Sergio Alonzo, Armando Rodríguez, Denis Serech, Santos Lares. Por su amistad, apoyo y lealtad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios y la Virgen María.

Mi país, tierra linda que me vio nacer y a mis compatriotas que gracias a sus impuestos se sustenta la educación superior en la USAC.

La Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

La FAUSAC por abrirme sus puertas, hacerme un profesional de bien y ser templo del saber en dónde forje mis máximos ideales.

La Escuela de Formación Agrícola de Sololá por iniciar mi formación en el ámbito agrícola.

Mi querida y apreciable familia.

Mi madrina Ivonne Allensworth.

Mis amigos y compañeros.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi Supervisor Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamontes por apoyo, sugerencias, consejos y colaboración en mi formación profesional.

Mi Asesor Ing. Agr. Manuel Martínez Ovalle por ayudarme en el seguimiento de mi investigación y su colaboración en el enriquecimiento de este documento.

Mi familia por su amor, cariño y apoyo incondicional.

Zona Tres de producción Finca Madre Tierra por brindarme la oportunidad de desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado como parte de su equipo de trabajo, así como Ing. Agr. Edgar Iván Aguirre, Ing. Agr. Alejandro Callejas, Fernel, Rosario, Oscar, Tivo, Randy, Juan, Chivalan, Motta y demás empleados de la zona por su amistad y apoyo.

Ingenio Madre Tierra institución que me brindaron la oportunidad de crecer profesionalmente y especialmente Ing. Agr. Max Zepeda gracias por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado dentro de una de sus zonas de producción, por brindarme tanto conocimiento en el manejo de la caña de azúcar.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) EN ZONA TRES DE PRODUCCIÓN DEL INGENIO MADRE TIERRA, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.....	1
1.1. PRESENTACIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos	4
1.3. METODOLOGÍA.....	5
1.3.1. Reconocimiento del área de estudio.....	5
1.3.2. Recolección de información primaria.....	5
1.3.3. Recolección de información secundaria	5
1.3.4. Análisis de la información	5
1.4. RESULTADOS	6
1.4.1. Descripción general de la empresa Ingenio Madre Tierra	6
1.4.2. Descripción de la zona tres, Ingenio Madre Tierra	6
1.4.3. Condiciones biofísicas	7
1.4.4. Condiciones climáticas	8
1.4.5. Descripción del manejo del cultivo de caña de azúcar en la zona tres.....	9
1.4.6. Análisis F.O.D.A.	25
1.4.7. Descripción de la problemática.....	26
1.4.8. Árboles de problemas.....	27
1.4.9. Matriz de priorización de problemas	30
1.5. CONCLUSIONES.....	31
1.6. RECOMENDACIONES.....	32
1.7. BIBLIOGRAFÍA.....	33
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (<i>Momordica charantia</i> L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA, ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA, GUATEMALA, C.A.	35
2.1. PRESENTACIÓN	37
2.2. MARCO TEÓRICO	39
2.2.1. Marco conceptual	39
2.2.2. Marco referencial	49

	PÁGINA
2.3. OBJETIVOS	58
2.3.1. Objetivo general	58
2.3.2. Objetivos específicos	58
2.4. HIPÓTESIS	58
2.5. METODOLOGÍA.....	59
2.5.1. Tratamientos evaluados	59
2.5.2. Unidad experimental	60
2.5.3. Variables de respuesta.....	60
2.5.4. Diseño experimental.....	62
2.5.5. Manejo agronómico del experimento	62
2.5.6. Análisis de la información.....	65
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
2.6.1. Porcentaje de control de jaibilla.....	66
2.6.2. Fitotóxicidad de tratamientos según variable altura del cultivo de caña.....	68
2.6.3. Carga máxima de ingrediente activo según BONSUCRO.....	70
2.6.4. Costo de control	72
2.7. CONCLUSIONES.....	73
2.8. RECOMENDACIONES	74
2.9. BIBLIOGRAFÍA	75
2.10. ANEXO.....	78
CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN ZONA TRES DE PRODUCCIÓN DEL INGENIO MADRE TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A.	87
3.1. Presentación	89
3.2. Anexo 1 del Capítulo III. Efecto de tres bioestimulantes, en diferente dosis, aplicado en mezcla con urea, en la producción de caña de azúcar.	90
3.2.1. Introducción.....	90
3.2.2. Objetivos	91
3.2.3. Marco teórico.....	92
3.2.4. Metodología.....	95
3.2.5. Resultados y discusión.....	98
3.2.6. Conclusiones.....	100
3.2.7. Recomendaciones.....	101
3.2.8. Bibliografía	102

PÁGINA

3.2.9.	Anexos.....	104
3.3.	Anexo 2 del Capítulo III. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno en complemento al programa nutricional del cultivo de caña de azúcar.....	107
3.3.1.	Introducción	107
3.3.2.	Objetivo	108
3.3.3.	Marco teórico.....	109
3.3.4.	Metodología.....	112
3.3.5.	Resultados y discusión	115
3.3.6.	Conclusiones	117
3.3.7.	Recomendaciones	118
3.3.8.	Bibliografía.....	119
3.3.9.	Anexos.....	121

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA		PÁGINA
Figura 1.	Mapa de fincas, zona tres de producción del Ingenio Madre Tierra.	7
Figura 2.	Climograma con datos meteorológicos de la estación Camantulul, Escuintla, año 1990 a 2013.	8
Figura 3.	Mecanización agrícola para la preparación de suelo, zona tres de producción.	9
Figura 4.	Áreas destinadas a semilleros dentro de la zona tres de producción.	11
Figura 5.	Corte de esquejes y empaquetado para su escarificación.	12
Figura 6.	Técnica de banqueteo.	12
Figura 7.	Siembra manual de renovación del cultivo de caña de azúcar.	13
Figura 8.	Sistema de riego por pivote central.	14
Figura 9.	Control químico en preemergente de malezas.	16
Figura 10.	Control mecánico por medio del implemento fercultivo.	18
Figura 11.	Control manual de maleza caminadora.	18
Figura 12.	Fertilización manual con herramienta llamada chilindrina.	19
Figura 13.	Aplicación aérea de madurantes, zona tres de producción.	22
Figura 14.	Cosecha manual de caña de azúcar, con acomodación en chorra.	23
Figura 15.	Transporte de caña de azúcar.	24
Figura 16.	Área o unidad de investigación dentro de zona tres.	27
Figura 17.	Reparaciones de implementos o equipos agrícolas.	28
Figura 18.	Árbol de problemas, Arranque de cepas por labores mecanizadas.	29
Figura 19.	Periodo de interferencia de maleza en el cultivo de caña de azúcar.	42
Figura 20.	Estadios de tolerancia y susceptibilidad de la aplicación de herbicidas en caña de azúcar.	48
Figura 21.	Climograma finca Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. ...	50
Figura 22.	Jaibilla (<i>Momordica charantia</i> L.).	51
Figura 23.	Jaibilla en área de siembra de caña de azúcar, zona tres de producción. ...	52
Figura 24.	Estaquillado para delimitar la parcela experimental.	62
Figura 25.	Boquilla utilizada en la aplicación del ensayo.	63
Figura 26.	Aplicación de herbicidas preemergentes para el control de jaibilla.	65

Figura 27.	Comparación de carga química entre tratamientos (kg/ha) según el normativo BONSUCRO.	71
Figura 28A.	Aleatorización y distribución de tratamientos en el área de investigación. ...	78
Figura 29A.	Q-Q plot para los residuos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.	80
Figura 30A.	Q-Q plot para los residuos de la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.....	81
Figura 31A.	Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.	81
Figura 32A.	Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.	82
Figura 33A.	Q-Q plot para los residuos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.	83
Figura 34A.	Q-Q plot para los residuos de la variable altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.....	83
Figura 35A.	Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.	84
Figura 36A.	Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.	84
Figura 37.	Croquis y aleatorización de tratamientos y repeticiones.	95
Figura 38.	Toma de dato, clorofila hoja bandera.....	96
Figura 39.	Recolección de información de altura y peso	97
Figura 40.	Resultados de medias para la variable biométrica (peso, altura, densidad y toneladas de caña por ha).	98
Figura 41.	Época de aplicación de la fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar.	110
Figura 42.	Croquis y aleatorización de tratamientos y repeticiones.	113
Figura 43.	Fertilización manual con chilindrinas.	114
Figura 44.	Recolección de información con clorofilometro.....	114
Figura 45.	Recolección de información con vernier.	114

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Labores que se realizan en labranza mínima en zona tres.	10
Cuadro 2. Labores que se realizan en labranza convencional en zona tres.	10
Cuadro 3. Mezclas de herbicidas utilizadas en la zona para control preemergente en malezas de hoja ancha y gramínea.	16
Cuadro 4. Mezcla de herbicidas utilizadas en la zona para control posemergente de malezas de hoja ancha y gramínea	17
Cuadro 5. Moléculas de herbicidas utilizadas en rondes dentro de la zona para control de maleza.	17
Cuadro 6. Análisis de cachaza base seca según promedio de varios ingenios de Guatemala.....	20
Cuadro 7. FODA para la zona tres de Ingenio Madre Tierra.	25
Cuadro 8. Matriz de priorización de problemas.....	30
Cuadro 9. Principales malezas de ciperáceas, gramíneas y hojas anchas en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.	40
Cuadro 10. Taxonomía de la jaibilla.....	51
Cuadro 11. Herbicidas evaluados para el control preemergente de jaibilla.	59
Cuadro 12. Porcentaje de eficiencia sobre el control de maleza evaluada, escala European Weeds Research Society.	60
Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas.	66
Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los herbicidas.	67
Cuadro 15. Prueba de media de Tukey ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los herbicidas.	68
Cuadro 16. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable alturas del cultivo, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas.	69
Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los herbicidas.....	70
Cuadro 18. Resumen de costos por tratamientos; días control para la jaibilla y costo por cada día de control (fecha de adquisición de los productos 13/4/2018).	72
Cuadro 19A. Boleta de campo para recolección de datos.	78

Cuadro 20A. Promedio de porcentajes del control de jaibilla, 20 y 40 días después de aplicado los tratamientos.	79
Cuadro 21A. Promedio de alturas del cultivo, 20 y 40 días después de aplicado los tratamientos.	79
Cuadro 22A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para las variables porcentaje de control y altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.	80
Cuadro 23A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para las variables porcentaje de control y altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.	82
Cuadro 24A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.	85
Cuadro 25A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.	85
Cuadro 26A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura de cultivo (cm), 20 días después de aplicado los tratamientos.	85
Cuadro 27A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura de cultivo (cm), 40 días después de aplicado los tratamientos.	86
Cuadro 28. Descripción de tratamientos.	96
Cuadro 29A. Resumen de ANDEVA ($\alpha = 0.10$), clorofila y biometría (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha).....	104
Cuadro 30A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable unidades de clorofila, 106 días después de aplicado los tratamientos.	104
Cuadro 31A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura (cm), 189 días después de aplicado los tratamientos.....	105
Cuadro 32A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable densidad (por m lineal), 189 días después de aplicado los tratamientos.	105
Cuadro 33A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable peso (kg), 189 días después de aplicado los tratamientos.....	105
Cuadro 34A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable Toneladas de caña por ha (TCH), 189 días después de aplicado los tratamientos.	106
Cuadro 35A. Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha.....	106

PÁGINA

Cuadro 36. Descripción de los nueve tratamientos como fuentes de nitrógeno.	112
Cuadro 37. Prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.10$) alturas de caña 90 días después de aplicado las fuentes de nitrógeno.....	115
Cuadro 38A. Resumen de ANDEVA ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, densidad, altura y diámetro de caña de azúcar.	121
Cuadro 39A. Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, densidad, altura y diámetro de caña de azúcar.	121

X

RESUMEN

Este documento es una recopilación de las actividades realizadas como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) de febrero a noviembre de 2018, en la zona tres de producción del Ingenio Madre Tierra ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Compuesto por los capítulos: un diagnóstico de los procesos del cultivo de caña de azúcar en el agroecosistema de dicha zona de producción, una investigación titulada “Evaluación de efectividad de seis tratamientos de herbicidas para el control pre-emergente de jaibilla (*Momordica charantia* L.) en el cultivo de caña de azúcar en finca Madre Tierra, Zona 3, Ingenio Madre Tierra, Guatemala, C.A.” y un informe de los servicios profesionales realizados en dicha zona productiva.

El Capítulo I está conformado por el diagnóstico del cultivo de caña de azúcar y las actividades relacionadas para su producción, con el fin de identificar los problemas que afectan el agroecosistema del cultivo, utilizando un análisis FODA para identificar los principales problemas dentro de la zona tres de producción. Siendo la problemática de mayor priorización, la falta de área o unidad de investigación.

El Capítulo II trata sobre la investigación, cuyo objetivo fue evaluar la efectividad de seis tratamientos de herbicidas para el control pre-emergente de jaibilla dentro del cultivo de caña de azúcar. Para la ejecución del experimento se evaluaron los tratamientos: T1 (saflufenacil, pendimetalina, terbutrina), T2 (amicarbazone, pendimetalina, terbutrina), T3 (flumioxazin, acetoclor), T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram), T5 (amicarbazone) y T6 (testigo absoluto).

Para conocer la efectividad de los herbicidas se analizaron las variables porcentaje de control de la jaibilla, altura del cañal de azúcar y carga química de los herbicidas, efectuando un análisis de coso-beneficio según los días control de cada tratamiento. El diseño estadístico utilizado para el análisis de la varianza fue en bloques completos al azar con seis tratamientos y seis repeticiones para un total de 36 unidades experimentales.

El análisis de varianza para las variables estudiadas expone que los tratamientos de herbicidas utilizados en la investigación para el control preemergente de jaibilla en el cultivo de caña de azúcar son significativamente iguales, mostrando estos una efectividad similar.

Los tratamientos que presentaron mayores días control de jaibilla, fueron T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram) y T3 (flumioxazin, acetoclor). Con porcentajes arriba de 80 % de control, 40 días después de haber aplicado los herbicidas. Datos que interesan al departamento de malezas y madurantes del Ingenio. Para la variable altura del cultivo

se determinó que, 40 días después de aplicado los herbicidas, no se muestran diferencias entre ellas.

El tratamiento que aportó mayor carga química al suelo para control preemergente de Jaibilla fue el T4 (Acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) superando los 5 kg/ha de Ingrediente activo por año según lo permitido por el normativo BONSUCRO.

El análisis económico muestra que el tratamiento que presentó un mejor resultado en costos y cantidad de días control de jaibilla fue T4 (Acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) con un costo por ha de Q. 375.05 y un costo por día de Q. 8.15, brindando un control de jaibilla arriba del 80 % durante 46 días después de aplicado los herbicidas.

El Capítulo III presenta los servicios profesionales realizados en zona tres de producción, comprendiendo los proyectos: 1) Efecto de tres bioestimulantes, en diferente dosis, aplicado en mezcla con urea, en la producción de caña de azúcar. 2) Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno en complemento al programa nutricional del cultivo de caña de azúcar.

Con los proyectos mencionados se generó la siguiente información: 1) 106 y 189 días después de aplicado los bioestimulantes al suelo, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos en unidades de clorofila y parámetros biométricos (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha) y 2) 64 días después de aplicado las fuentes de nitrógeno, no se presenta diferencias significativas en unidades de clorofila, 90 días después de aplicado las fuentes de nitrógeno, no se observan diferencias significativas en densidad y diámetro del cultivo de caña de azúcar. Existiendo diferencias significativas en la altura del cultivo, siendo el tratamiento T8 (Formula NPK (14-14-21) azufre) mejor que tratamiento T1 (Nitro xtend foliar).



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN ZONA TRES DE PRODUCCIÓN DEL INGENIO MADRE TIERRA, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.

1.1. PRESENTACIÓN

El Ingenio Madre Tierra se ubica en Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. Actualmente posee una extensión en área de 14,395 hectáreas. Con el fin de facilitar el manejo del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), se divide en cinco zonas productivas ubicadas en la región sur de Guatemala, cada una cuenta con una organización administrativa y operativa independiente, responsables de las labores que requiere el cultivo.

Zona tres de producción cuenta con 2,087 hectáreas, lugar donde se realizó el diagnóstico, cuyo centro administrativo se encuentra ubicado dentro de las instalaciones del Ingenio Madre Tierra. El centro operativo se realiza en las oficinas de la finca Cañaverale, en las coordenadas 14°19'0.51" Latitud Norte y 91°5'33.91" Longitud Oeste.

Se realizó este diagnóstico con el objetivo de conocer el manejo agrícola en caña de azúcar de zona tres e identificar los principales problemas que afectan la producción.

En este documento se presentan datos generales sobre zona tres de producción perteneciente al Ingenio Madre Tierra, y de manera general las actividades relacionadas al manejo agrícola del cultivo, tales como preparación del suelo para la siembra, semilleros y siembra, riego, manejo de malezas, fertilización, manejo de plagas, aplicación de madurantes, quema de caña y cosecha. Con base a esta información, se realizó un análisis FODA para el cultivo caña de azúcar, utilizando la herramienta, árbol de problemas para determinar las causas y los efectos de los principales problemas. Posteriormente se realizó un análisis causa-efecto para cada uno de los problemas, con esto se determinó el problema con mayor importancia en base a una matriz de priorización de problemas.

Toda la información recabada en este documento puede servir como guía para todo aquel que esté interesado en conocer de manera general el cultivo de caña de azúcar.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Conocer los procesos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el agroecosistema de zona tres, Ingenio Madre Tierra, para programar las actividades a realizar durante el EPS.

1.2.2. Específicos

1. Describir las actividades agrícolas del cultivo de caña de azúcar.
2. Identificar los problemas que afectan al agroecosistema de caña de azúcar.
3. Determinar el problema de mayor importancia del agroecosistema de caña de azúcar.

1.3. METODOLOGÍA

1.3.1. Reconocimiento del área de estudio

Para reconocer el área de estudio, juntamente con el gerente de la zona tres del Ingenio Madre Tierra, Ing. Agr. Iván Aguirre se realizó un recorrido a las fincas que integran la zona tres, para observar el agroecosistema del cultivo de la caña de azúcar.

1.3.2. Recolección de información primaria

Se realizaron entrevistas al personal encargado de las actividades agrícolas de la zona tres, con el fin de conocer las actividades específicas del cultivo de caña de azúcar durante un ciclo de producción.

1.3.3. Recolección de información secundaria

Se consultó el sitio web de la empresa para conocer a detalle las actividades del cultivo de la caña de azúcar dentro del Ingenio Madre Tierra. Posteriormente se recolectó información de tesis de grado, trabajos de graduación, diagnósticos previos, revistas especializadas, entre otros. Para entender el agroecosistema del cultivo.

1.3.4. Análisis de la información

Se contrastó la información primaria y secundaria con la información del reconocimiento del área de estudio, para realizar un análisis F.O.D.A. posteriormente se realizaron arboles de problemas según las problemáticas detectadas dentro de la zona tres. Con dicha información, se efectuó una matriz de priorización de problemas para identificar el de mayor importancia.

1.4. RESULTADOS

1.4.1. Descripción general de la empresa Ingenio Madre Tierra

El Ingenio Madre Tierra es una empresa familiar que se dedica al cultivo de la caña de azúcar y de su respectivo procesamiento para producir azúcar y subproductos tales como; bagazo, melaza, cachaza, cenizas de hornos, efluentes líquidos, entre otros (Fundación Ingenio Madre Tierra, 2018).

Sus primeros pasos los inicio el 23 de noviembre de 1963, teniendo en la actualidad 59 años de producir azúcar y derivados, la empresa está ubicada en el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla (Fundación Ingenio Madre Tierra, 2018).

El Ingenio Madre Tierra genera 6,500 empleos directos durante la época de zafra o corte de caña, esta actividad tiene una duración de siete meses que va de noviembre a mayo y 5,300 empleos en época de no zafra (Fundación Ingenio Madre Tierra, 2018).

1.4.2. Descripción de la zona tres, Ingenio Madre Tierra

La zona tres del Ingenio Madre Tierra cuenta con aproximadamente 2,087 hectáreas dedicadas a la producción de caña de azúcar. Compreendida por las fincas: Madre Tierra, Xata, Cañaverales, Limones, Palmiras, Concepción Buena Vista, Victory y San Salvador (figura 1). Todas dentro del municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla.

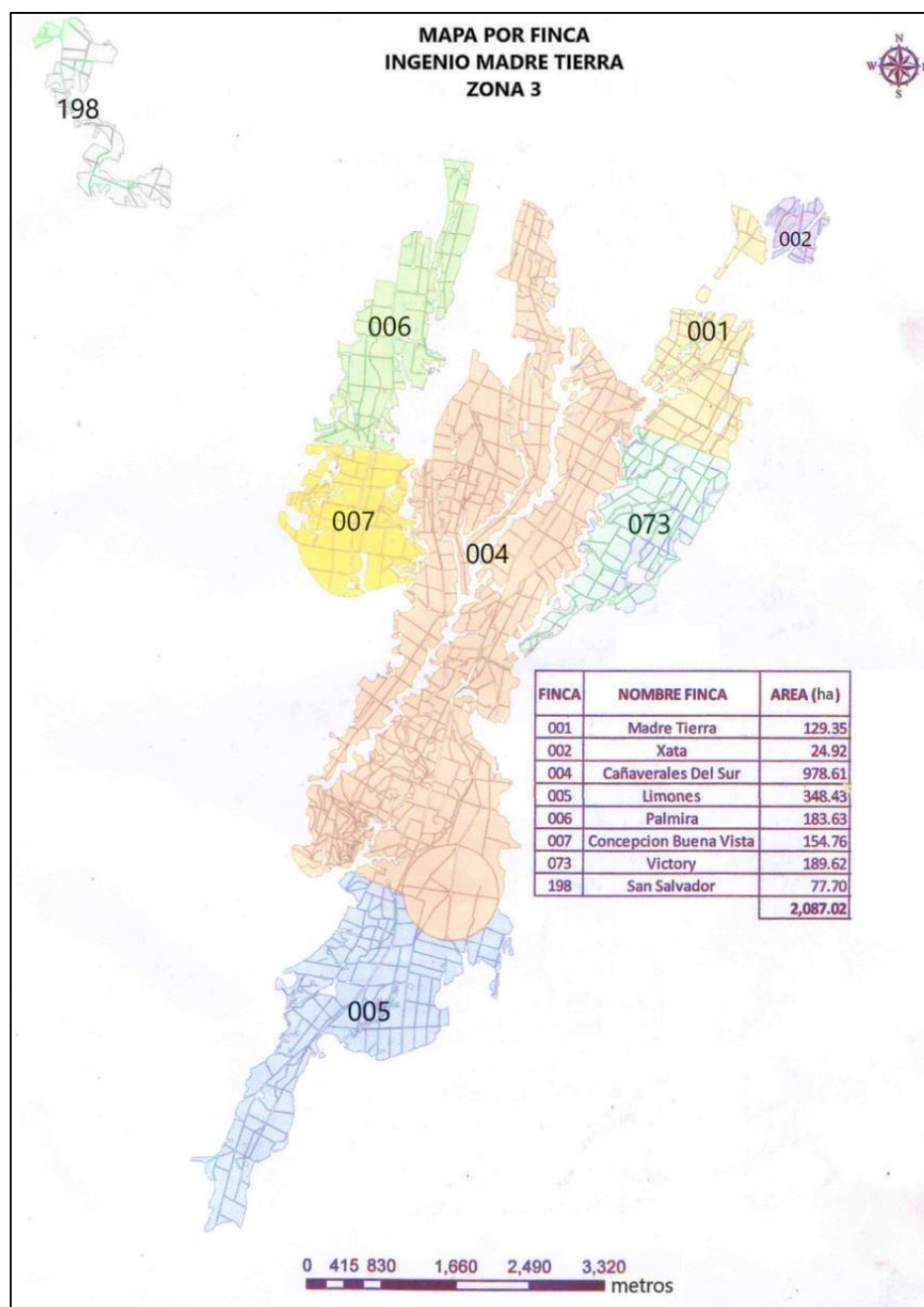


Figura 1. Mapa de fincas, zona tres de producción del Ingenio Madre Tierra.

1.4.3. Condiciones biofísicas

Según estudio semidetallado de suelos cañeros en el área sur de Guatemala CENGICAÑA (1996), la zona tres posee suelos de tipo Alfisoles, con perfil bien desarrollado, horizonte superficial tipo A, pardo grisáceo poco oscuro y textura franco a

franco arcilloso, con estructura débil y consistencia fiable. El segundo horizonte es de tipo B Argílico (enriquecido en arcilla trastocada del horizonte superficial), con textura arcillosa.

La zona de vida para el área de zona tres está catalogada como bosque muy húmedo subtropical (Cruz, 1982).

1.4.4. Condiciones climáticas

Las oficinas de operación de zona tres se localiza en finca Cañaverales en Latitud Norte $14^{\circ} 19' 0.51''$ y Longitud Oeste $91^{\circ} 5' 33.91''$ a una altura aproximadamente 230 m s.n.m. (Solares, 2006).

Según información de INSIVUMEH (2018), la zona cuenta con una precipitación anual de 3,000 mm a 4,000 mm. La temperatura está en un rango de 25°C – 27°C (figura 2), la velocidad de viento con rango de 40.01 a 45 km/hora, vientos predominantes del Noroeste (INSIVUMEH, 2018).

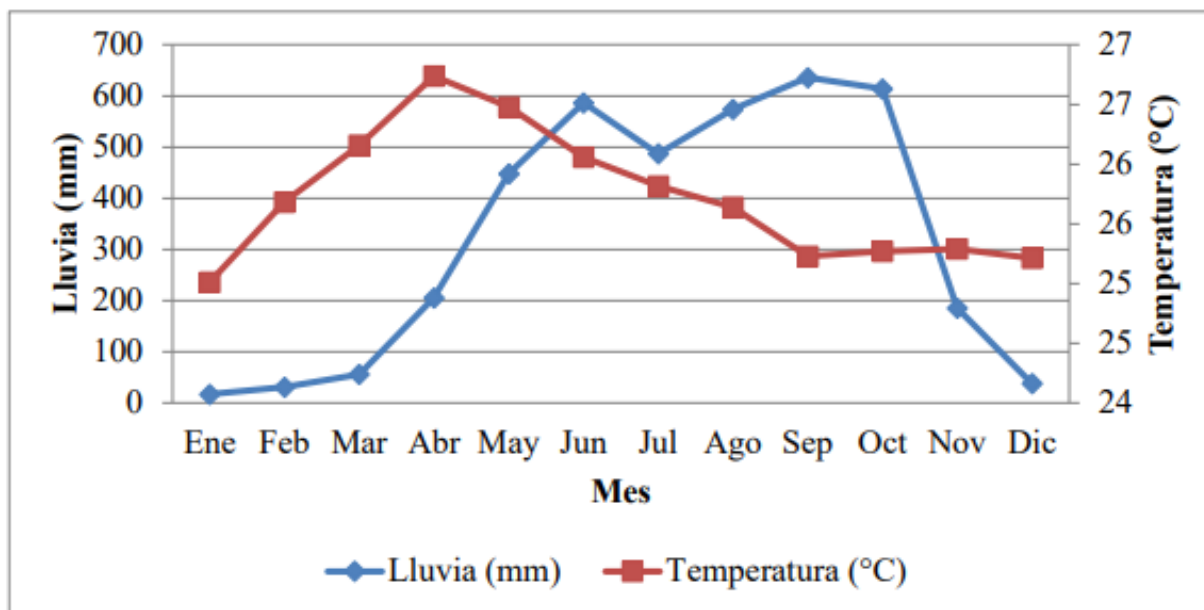


Figura 2. Climograma con datos meteorológicos de la estación Camantulul, Escuintla, año 1990 a 2013.

1.4.5. Descripción del manejo del cultivo de caña de azúcar en la zona tres.

A. Preparación de suelo para la siembra

La preparación del suelo va relacionada con el tipo de labranza a realizar, esta puede ser; mínima o convencional, dependiendo de la característica del suelo que será renovado.

Los beneficios que se obtienen con una adecuada preparación de suelos según la figura 3 son: destrucción de las cepas para eliminar residuos de cosechas anteriores y malezas, favorecimiento de la actividad química y biológica, al facilitar el intercambio gaseoso que requieren la flora y la fauna del suelo; control de plagas del suelo, enterrando huevos como los de la chinche salivosa, o exponiendo larvas como los de gallina ciega y gusano alambre; mejoramiento de la infiltración del agua y el drenaje subsuperficial, rompimiento de las capas compactadas para el favorecimiento de la penetración y desarrollo de raíces. (Campollo, 1999).



Figura 3. Mecanización agrícola para la preparación de suelo, zona tres de producción.

a. Labranza mínima

Actividad enfocada en evitar erosionar el suelo, menores costos en operación por el tipo de maquinaria que se utiliza. En el cuadro 1 se observa el orden de cada labor, con los rangos de tiempo, profundidades adecuadas y eficiencia.

Cuadro 1. Labores que se realizan en labranza mínima en zona tres.

Labor	Tiempo de espera en días	Profundidad (m)	Eficiencia de labor (ha/h)	Observación de labor
Subsolador	4 a 6 días después de la cosecha	0.40 a 0.50	0.65	Romper el suelo
Surcador de terreno	Seguido del subsolador	0.20 a 0.30	0.5	Sistema de banqueteadado para agilizar el trabajo
Aplicación de glifosato para eliminar la caña soca	16 días después de la siembra		0.70	Dosis de 3.5 a 5 L/ha

b. Labranza convencional

Puede realizarse al terminar la cosecha, eliminando todos los residuos presentes en la superficie incluyendo las cepas, esta labranza tiene la ventaja de oxigenar el suelo, rompiendo los suelos compactos. En el cuadro 2 se observa el orden de cada labor; con rangos de tiempo entre labor, profundidades adecuadas de cada labor y eficiencia de labor.

Cuadro 2. Labores que se realizan en labranza convencional en zona tres.

Labor	Tiempo de espera en días	Profundidad (m)	Eficiencia de labor (ha/h)	Observación de labor
Subsuelo	Depende del tipo de variedad de caña (tardía o temprana) el rango puede ser de 0 – 6 días después de la cosecha	0.40 a 0.50	0.65	Mueve y voltea el suelo compactado

Continuación cuadro 2.

Rastra pesada	Dependiendo del subsuelo	0.22 a 0.26	Dependiendo al suelo 0.83	Destruir terrones compuesta por 16 discos de 23 pulgadas de diámetro
Rastra pulidora	Se realiza seguidamente de la rastra pesada	0.20 a 0.22	Dependiendo al suelo 0.83	28 discos de 26 pulgadas de diámetro
Surcado	Seguido de la rastra pulidora	0.20 a 0.30	0.5	Realizar los surcos

B. Siembra

La siembra de la caña de azúcar se comprende por cuatro etapas: semillero, corte y distribución de esquejes, siembra manual y resiembra.

a. Semilleros

La planificación de semilleros se da para obtener semillas asexuales de calidad, además su ubicación debe ser estratégica para reducir gastos en transporte a las áreas comerciales de siembra, el tamaño de los semilleros va en dependencia de las áreas a renovar según programaciones realizadas. Importante tomar en cuenta que la tasa de multiplicación de tallos-semilla en caña de azúcar es de 1:10, siendo el semillero la milésima parte del área a sembrar o área comercial (CENGICAÑA, 2014).



Figura 4. Áreas destinadas a semilleros dentro de la zona tres de producción.

b. Corte y distribución de esquejes

Para el corte de esquejes la planta debe tener aproximadamente de siete a nueve meses, los esquejes con un tamaño de 0.60 m y con 3 a 4 yemas, realizando paquetes con 30 esquejes. Se está realizando la práctica de tratamiento de semilla (escarificación) la cual consiste en cortar los esquejes, hacer los paquetes, luego colocarlos dentro de una bolsa de nylon (figura 5) durante 24 horas para estimular y aumentar el metabolismo, con esto se consigue viabilidad en la brotación de la semilla.



Figura 5. Corte de esquejes y empaquetado para su escarificación.

Para la distribución de los esquejes al campo definitivo, se toma en cuenta el método de banqueteo (figura 6), el cual consisten en que, el implemento de surqueado no realice la labor en dos surcos, esto para que el camión o tractor que transporta los esquejes pueda ingresar en este espacio y dejar los paquetes de esquejes por la mitad de cada lote, facilitando la labor de siembra al evitar que el trabajador camine hasta el inicio de cada surco. Después de la siembra se procede a surquear los dos surcos pendientes, cerrando la actividad de siembra con una mayor eficacia.



Figura 6. Técnica de banqueteo.

c. Siembra manual

La siembra de renovación para la zona tres, permitida por gerencia es de hasta un 20 % del área total, equivalente a 417.40 ha (figura 1). El 80 % restante es cultivo soca (1,669.60 ha) distribuidos entre primero, segundo, tercero y cuarto corte. Después del cuarto corte el nivel de producción baja por tanto se inicia a programar área como renovación.

Las áreas de siembra de renovación se realizan en cadena sencilla, con promedio de 12 yemas sembrada por cada metro lineal, el distanciamiento entre siembra puede variar entre 1.50 m y 1.75 m según la topografía del terreno (figura 7).

Según Orozco et al., (2000) en estudios realizados por CENGICAÑA 2014, el distanciamiento para distribuir un paquete de 30 esquejes de semilla en el surco (estaquillado) por lo general son 9 m, con una profundidad de siembra de 0.20 m a 0.35 m. La semilla debe quedar tapada con 0.05 m de suelo y en temporada de lluvia de 0.10 m a 0.15 m.



Figura 7. Siembra manual de renovación del cultivo de caña de azúcar.

d. Resiembra

Debe existir una evaluación de la población de siembra para la toma de decisión de resiembra, se considera una población adecuada arriba de 10 brotes por metro lineal, esta

actividad debe realizarse entre los 30 a 40 días después de la siembra. La resiembra se debe realizar a un máximo de 30 % del área total del lote, con espacios vacíos arriba de 0.75 m se debe realizar resiembra. (CENGICAÑA, 2014)

Generalmente la resiembra es el resultado de malas prácticas como; dejar espacios sin semilla, caña sin tapar y enterrar demasiado la semilla.

C. Riego

Los sistemas de riego identificados dentro de la zona tres son; aspersión, mini aspersión, gravedad y pivote. Cada método está distribuido según la topografía del terreno. En época seca, los riegos se realizan con agua residual de fábrica provenientes del Ingenio Madre Tierra. Este recurso pasa por el proceso de lavado de caña, para luego pasar a canales de distribución hasta llegar a un reservorio donde todo el material solido es sedimentado y separado del agua, luego pasa a los canales de conducción de zona tres, hacia los lotes de interés para regar, esta actividad con previa programación.

La frecuencia de riego por lo general es a cada 18 días en poscorte con una lámina de 40 milímetros y 21 días en precorte con una lámina de 30 milímetros. Para un mejor control en la frecuencia de riego, se implementa el uso de la herramienta llamada balance hídrico, proporcionada por CENGICAÑA el cual son datos de precipitación en línea para los ingenios, esta información da una idea sobre la humedad del suelos, dándole seguimiento en campo con muestreos de humedad, precisando las áreas. Mejorando el control de humedad y criterios para toma de decisión de intervalos y láminas de riego.



Figura 8. Sistema de riego por pivote central.

D. Manejo de malezas

El manejo de malezas dio inicio con el uso intensivo de herbicidas como líneas de defensa, realizando rotaciones de moléculas y reducción de dosis, seguida de la integración de secuencias de labores mecanizadas, control de malezas por medio del uso de agricultura de precisión, uso de abonos verdes y uso de variedades tolerantes a herbicidas (CENGICAÑA, 2014).

Dentro de las malezas de mayor importancia para la zona están; *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis*, malezas de la familia Convulvulaceae (*Ipomoea* y *Merremia*), *Sorghum halepense*, *Cynodon dactylo* y *Momordica charantia*, entre otras. Causando complicaciones en el manejo del cultivo, las que se resumen en pérdidas de producción y gastos excesivos en su control.

Dentro de la zona se utilizan tres métodos para el manejo de malezas en el cultivo de caña de azúcar: a) control químico; aplican herbicidas preemergentes y posemergentes y b) control mecánico; uso de implementos del tractor que contribuyen en el control de malezas y c) control manual; eliminación de malezas con ayuda de alguna herramienta como pala o machete.

Las decisiones de aplicaciones de herbicidas se manejan con mucho cuidado, debido a que el periodo de interferencia de las malezas en la producción de caña de azúcar se da en las primeras siete semanas y de no controlarse, pueden estar en constante competencia con el cultivo por agua, luz y nutrientes, entre otros. Hasta que la caña de azúcar logra cubrir el suelo (cierre) disminuyen los daños por malezas.

a. Control químico

Esta labor se realiza mediante la mezcla de moléculas de herbicidas, para el control preemergente y posemergente de las malezas, el responsable de esta labor es el mayordomo. Dentro de la zona se realizan aplicaciones en estricta preemergencia, 7 días máximos después de la cosecha, aumentando el porcentaje de control sobre las malezas, figura 9.



Figura 9. Control químico en preemergente de malezas.

Cuadros 3 y 4 se muestran las mezclas de herbicidas utilizadas para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas en preemergencia y posemerencia.

Cuadro 3. Mezclas de herbicidas utilizadas en la zona para control preemergente en malezas de hoja ancha y gramínea.

Tipo de malezas	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis para aplicación total (L/ha)
Hojas anchas	Espuela 30.4 SL	2,4-D–Picloram	1
	Harness 90 EC	Acetoclor	4
	Inex	Adherente	0.20
Gramíneas	Samba 50 SC	Terbutrina	3
	Kronex 80 SC	Diuron	1.30
	Espuela 30.4 SL	2,4-D–Picloram	1
	Inex	Adherente	0.20

Cuadro 4. Mezcla de herbicidas utilizadas en la zona para control posemergente de malezas de hoja ancha y gramínea

Producto	Ingrediente activo	Dosis aplicación total (L/ha)	Dosis aplicación en banda (L/ha)
Samba 50 SC	Terbutrina	3	2
Harness 90 EC	Acetoclor	4	3.50
Espuela 30.4 SL	2,4-D–Picloram	0.70	0.70
Inex	Adherente	0.20	0.15

Cabe mencionar que para las aplicaciones en banda se utiliza un volumen de agua de 175 L/ha y para la aplicación total se utiliza un volumen de agua de 300 L/ha.

Para el control de rondas (eliminación de malezas en orillas de lotes, zanjones, quíneles y calles), el volumen de agua que se utiliza para esta aplicación es de 200 L/ha de mezcla (cuadro 5).

Cuadro 5. Moléculas de herbicidas utilizadas en rondes dentro de la zona para control de maleza.

Producto	Ingrediente activo	Dosis (L/ha)
Roundup	Glifosato	3
Espuela 30.4 SL	2,4-D–Picloram	1
Indicate	Coadyuvante	0.20
Inex	Adherente	0.20

b. Control mecánico

Se refiere al paso de un implemento como parte de las labores mecánicas que se realizan en el cultivo. En la zona se realiza con paso de la cultivadora de disco, volteando el suelo de la mesa del surco, controlando de esta manera las malezas que se encuentran dentro del paso de los discos. Dicha labor se realiza entre 40 y 50 días después de la siembra o corte, brindando un control aproximado de 15 días según las condiciones de infestación. Posterior a esta labor se puede realizar un segundo paso de cultivadora entre los 55 y 65 días después de la siembra o corte, logrando un control de malezas integrado (CENGICAÑA, 2014).

En caña soca puede emplear el paso del ferticultivo (figura 10), a 45 días después del corte, después de la aplicación preemergente de malezas, y un segundo control con el ferticultivo a los 60 días después del corte (CENGICAÑA, 2014).



Figura 10. Control mecánico por medio del implemento ferticultivo.

c. Control manual

El control manual está enfocado para el control de las malezas emergidas como; caminadora (*Rottboellia cochinchinensi*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y (*Leptochloa* sp), malezas que se encuentran en los surcos de caña de azúcar, sin presentar control por parte de los herbicidas aplicados. Esta actividad por lo general se realiza a los 70 días después de la siembra o corte y donde la topografía del terreno no permite las aplicaciones químicas (figura 11).



Figura 11. Control manual de maleza caminadora.

E. Fertilización

a. Química

El requerimiento de nutrientes para caña de azúcar varía según la variedad, el suelo, condiciones climáticas, etapa fenológica y manejo del cultivo (CENGICAÑA, 2014).

La fertilización química se realiza de forma mecánica y/o manual con herramienta llamada chilindrinas (figura 12), cuando se fertiliza mecánicamente, se utiliza el implemento ferticultivo (figura 10). La fertilización nitrogenada en caña plantía y soca se realiza entre 30 y 45 días después de la siembra. La cantidad de nitrógeno a aplicar se basa en la recomendación según resultados de análisis químicos y físicos del suelo. Por el tipo de suelo presente en la zona tres podría adoptarse las recomendaciones generadas por CENGICAÑA (2014), 60.50 kg/ha de nitrógeno en plantía y 90.77 kg/ha de nitrógeno en soca. Dentro de la zona, se hace una aplicación de fósforo en caña plantía, de 59.70 kg/ha, realizándose al fondo del surco debido a su poca movilidad y rápida fijación.



Figura 12. Fertilización manual con herramienta llamada chilindrina.

b. Orgánica

i. Cachaza

Según CENGICAÑA (2014), la cachaza es un residuo en forma de sedimento que resulta de la clarificación del jugo de caña en la fabricación del azúcar. Por cada tonelada de caña molida en la fábrica se producen alrededor de 34 kg de cachaza. Utilizado en la fertilización y mejoramiento de los suelos agrícolas. En el cuadro 6 se presenta la composición química promedio de la cachaza.

Cuadro 6. Análisis de cachaza base seca según promedio de varios ingenios de Guatemala.

Nutriente	Valor
Agua (%)	75
pH	5.8
N	1.2
P ₂ O ₅ (%)	2.2
K ₂ O (%)	0.6
CaO (%)	1.0
MgO (%)	0.6
C (%)	40
Relación C/N	33.3

Dentro de la zona tres se utilizan la cachaza como abono orgánico ya que es rica en Nitrógeno y Potasio. La cantidad promedio aplicada es de 114,000 kg/ha. Las ventajas que se tiene con la aplicación de cachaza son: reducción de costos al sustituir la fertilización química y el incremento de la producción en lotes de caña plantía y soca. La desventaja es la relación beneficio-costos en el transporte, arriba de 8 kilómetros de distancia del ingenio los costos de combustible y horas laborales aumentan, otra desventaja de aplicar cachaza

es la cantidad de semillas de malezas que este material contiene propagándolas dentro de los lotes de producción.

ii. Vinaza

La vinaza es un residuo líquido proveniente de la destilación del alcohol y está constituido principalmente por agua, materia orgánica y minerales, entre los cuales el potasio es el más abundante (CENGICAÑA, 2014).

F. Manejo de plagas

Dentro de la zona se controlan plagas de ratas, taltuzas y chinche salivosa. El control de ratas y taltuzas se realiza por medio de trampas. Para el control de chinche salivosa, se utilizan trampas pega patas, estas son verde y se colocan a cada 25 metros alrededor del lote de caña de azúcar. Para chinche salivosa se realizan muestreos, si la población de la plaga sobrepasa el umbral económico que es de una chinche por tallo se plantea la programación de renovar el lote, para evitar la propagación en los demás lotes de producción (Solares, 2006).

G. Aplicación de madurante

La aplicación de madurantes se realiza con aeronaves, utilizando avionetas y helicópteros (figura 13). Esta actividad tiene la finalidad de adelantar la madurez fisiológica de la caña e inhibir la floración, para tener campos de cultivo preparados para cosechar en las primeras fases de la temporada de zafra. El producto químico utilizado generalmente es el glifosato, dosificado en bajas concentraciones, la zona tres utiliza una concentración de 448 gramos de ingrediente activo por hectárea.

Antes de aplicar el madurante, se colocan banderas a cada 18 metros de ancho (Brechado), esta distancia está en función del ancho del helicóptero y sirve de guía al piloto que realiza la aplicación.

Por lo general se debe cosechar un campo de cultivo aplicado con madurante un mes después de la aplicación, esto porque, el glifosato presenta antagonismo en las giberelinas e impide el alargamiento celular, lo que produce que la planta concentre su energía en producir azúcares y no en desarrollo vegetativo (CENGICAÑA, 2014).



Figura 13. Aplicación aérea de madurantes, zona tres de producción.

H. Quema de caña de azúcar

La quema de caña se puede dar por 3 circunstancias (Solís, 2018).

- ✓ Quema de caña programada: la realiza el proceso de cosecha del ingenio.
- ✓ Quema de caña criminal: realizada por personas con el fin de causar daño al ingenio.
- ✓ Quema de caña accidental: se inicia de forma accidental por el personal del ingenio en áreas no planificadas.

Esta actividad se realiza para facilitar el corte del cañal a los trabajadores, ya que las hojas verdes tienen espinas llamadas afate que lastiman la piel y dificultan el trabajo, también ayuda a evitar mordeduras de escorpiones y serpientes (CENGICAÑA, 2017).

La quema también facilita el rebrote de la caña, favorece las labores de fertilización, control de plagas y malezas. Para realizar la quema de la caña, el ingenio ha desarrollado protocolos de seguridad y prácticas seguras (CENGICAÑA, 2017).

La quema de caña de azúcar se realiza de forma controlada. Primero se identifica el bloque a cortar y se planifica y programa la quema, que es supervisada y controlada por el

ingenio con estrictos protocolos de seguridad y que tienen especial cuidado y restricciones para quemas en áreas cercanas a poblaciones o carreteras (CENGICAÑA, 2017).

I. Cosecha

La cosecha de la caña de azúcar se comprende por cuatro etapas: corte, alce, transporte y requema. En la zona tres la cosecha puede ser de tipo manual o mecanizada, la cosecha mecanizada reduce las pérdidas en el transporte, pero aumenta los costos de renovaciones, esto se da porque las cosechadoras arrancan la cepa de los cañales y compactan los suelos. Por tanto, la cosecha mecanizada en la zona tres se utiliza en áreas de cultivo a renovar (Martínez, 2007).

a. Corte

Tal como se menciona, la cosecha puede ser de forma manual o mecanizada, de forma manual (figura 14) se realiza con personal, que cuenta con machetes especiales de tipo colombiana, los cuales sirven para que el corte sea más fácil y lo más bajo posible del tallo de caña. Para el corte de tipo manual la cosecha se acomoda en chorra continua (hileras de caña a cada cinco surcos) (Martínez, 2007).

Según CENGICAÑA (2014), la cosecha mecanizada se emplea como apoyo cuando hace falta cortadores para la cosecha manual. Esta actividad se realiza con cosechadoras mecanizadas que abarcan grandes extensiones de área, cortando y picando la caña.



Figura 14. Cosecha manual de caña de azúcar, con acomodación en chorra.

b. Alce

Se realiza por medio de alzadoras mecánicas las cuales agarran la caña cosechada y acomodada en hileras, para luego depositándola y acomodarla en las jaulas de los camiones mediante un brazo hidráulico (Martínez, 2007).

c. Transporte

La zona cuenta con jaulas los cuales tienen capacidad de transportar de 40 a 50 toneladas por viaje, y los transportistas realizan de 3 a 4 viajes por turno, los turnos de los transportistas son de 12 horas diarias (Martínez, 2007).



Figura 15. Transporte de caña de azúcar.

d. Requema

Se realiza de 8 a 9 días después del corte de la caña, y tiene como finalidad eliminar basura de caña que queda de la cosecha, dentro de las áreas de cultivo. Al momento del corte de caña queda gran cantidad de basura de las hojas de la caña, la cual se acomoda en una hilera que contiene la basura de 5 surcos (Martínez, 2007).

1.4.6. Análisis F.O.D.A.

Con información de descripción del manejo del cultivo de caña de azúcar, se desarrolló un análisis FODA para la zona tres (cuadro 7).

Cuadro 7. FODA para la zona tres de Ingenio Madre Tierra.

FORTALEZA - La zona cuenta con organigrama definido. - Herramienta balance hídrico para monitoreo en riego. - Imágenes NDVI como herramienta en la supervisión de lotes. - Maquinaria y equipo agrícola para la zona.	OPORTUNIDADES - Establecimiento de ensayos con casas comerciales para generar nuevas proyecciones en el cultivo. - Normas ISO 9001-2015 gestión de calidad. - Implementación de normativo BONSUCRO. - Aumento en el rendimiento del cultivo. - Disponibilidad de mano de obra.
DEBILIDADES - La zona carece de un área de investigación. - Pérdida de fertilidad en los suelos de la zona. - Según el personal el departamento de taller demora en reparar implementos o equipos. - Arranque de cepas por labores mecanizadas.	AMENAZAS - Caída de precio de la azúcar a nivel nacional e internacional. - Cambio climático y disminución de los recursos. - Fuertes vientos ocasionando pérdidas por acame en el pasado.

Como se puede observar, las fortalezas y debilidades son iniciativas internas de la zona tres, la cual se pueden trabajar potencializando las fortalezas y disminuyendo las debilidades identificadas. La zona tres cuenta con ventajas competitivas, tales como; organización del personal, uso de las herramientas balance hídrico e imágenes NDVI y maquinaria y equipo agrícola para la zona. Al utilizar estas ventajas mejoramos la calidad de labores y por tanto la productividad.

En relación a las debilidades es de importancia contar con un área de investigación que permita implementar mejores prácticas dentro de la finca y al mismo tiempo capacitar al personal, trabajar en recuperar la fertilidad de los suelos para aumentar las producciones de caña de azúcar, mejorar la comunicación con taller para evitar atrasos en labores por fallo de implemento o equipo y capacitar al personal encargado de calibrar los implementos para evitar arrancar cepas al momento de realizar labores mecanizadas.

En cuanto a las oportunidades y amenazas; siendo externas, se debe tratar de influir en ellas de la mejor manera, las oportunidades de realizar diferentes ensayos con casas comerciales para generar nuevas proyecciones en el cultivo, implementar normativos para buscar nuevos mercados y aumentar el rendimiento del cultivo, deben tomarse como prioridad para mejora de la zona.

En cuanto a las amenazas es necesario seguir invirtiendo en la zona, potenciando las fortalezas para estar preparados a cualquier eventualidad.

1.4.7. Descripción de la problemática

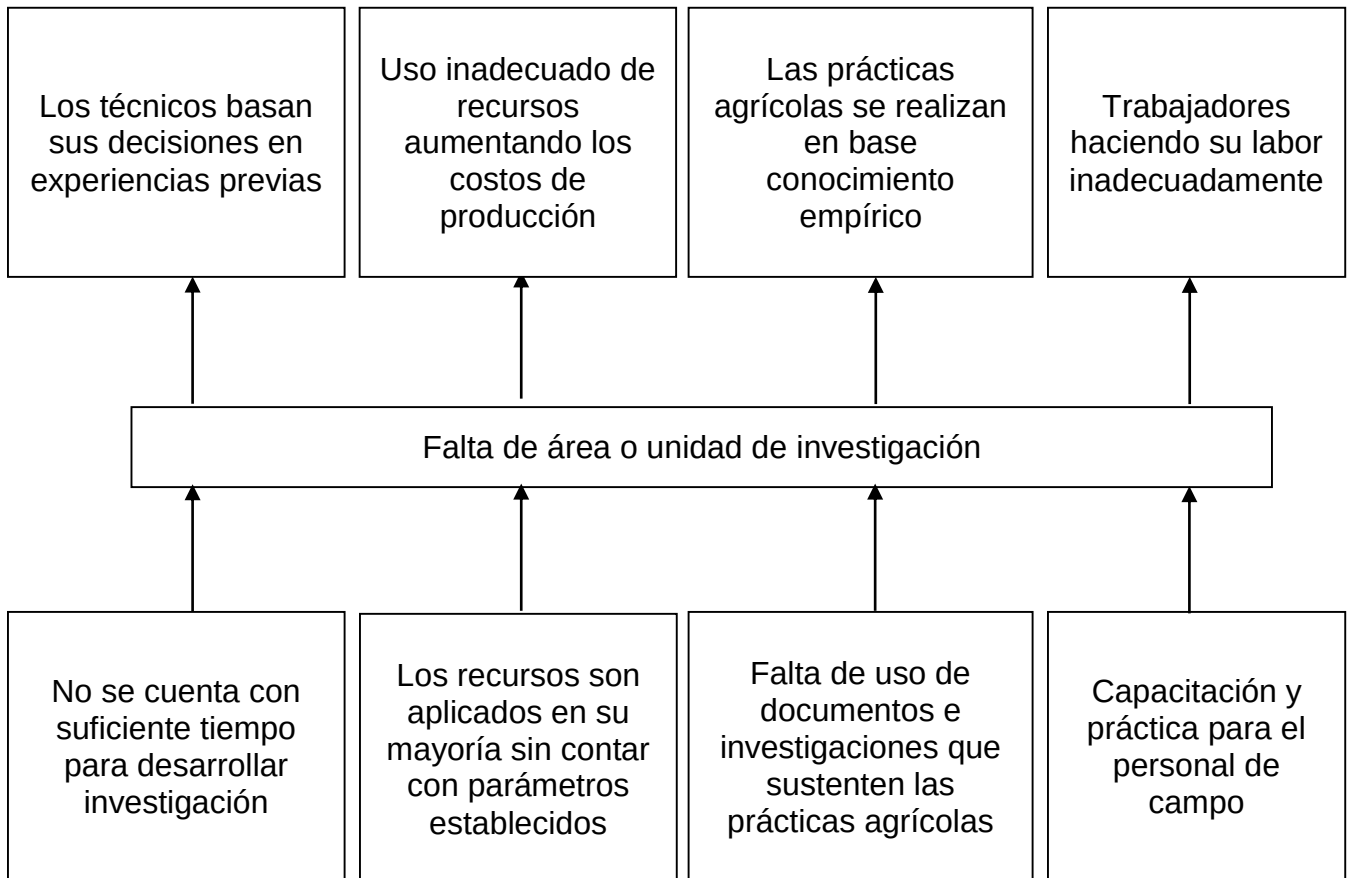
Independientemente del tiempo que lleve zona tres laborando en la producción de caña de azúcar, existen acciones que pudieran mejorar los resultados a mediano y corto plazo. Por tanto, los principales problemas que fueron identificados en la zona tres fueron los siguientes:

1. Falta de área o unidad de investigación dentro de la zona tres.
2. Demora por parte de taller en reparar implementos o equipos agrícolas.
3. Arranque de cepas por labores mecanizadas.

Estos problemas presentan una serie de causas y efectos que afectan al cultivo de caña de azúcar, comprometiendo la producción. Cada uno de los problemas será abordado en árboles de problemas que se presentan en la figuras 16, 17 y 18.

1.4.8. Árboles de problemas

EFFECTOS



CAUSAS

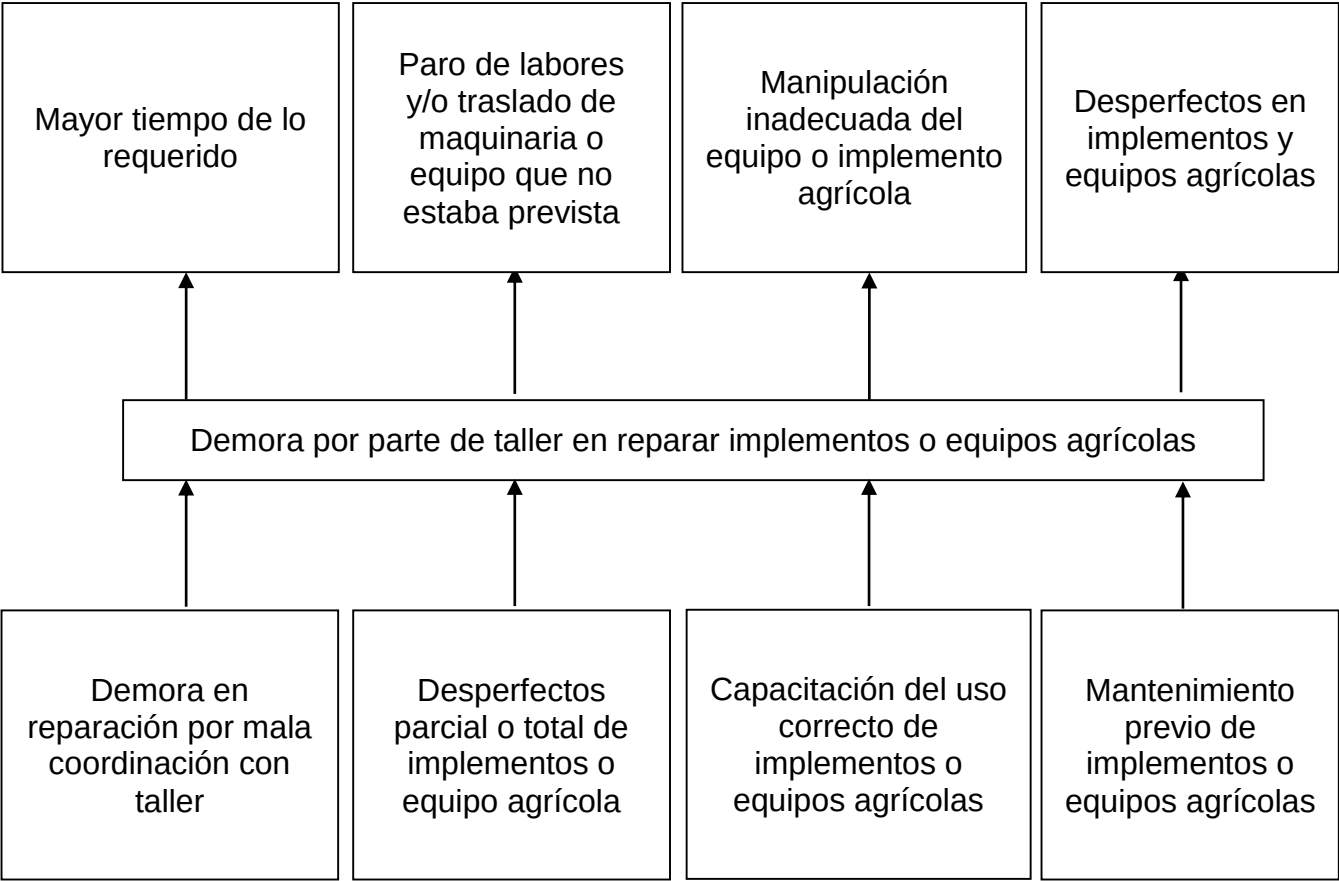
Figura 16. Área o unidad de investigación dentro de zona tres.

Análisis causa-efecto

Se observa la importancia de implementar un área de investigación dentro de la zona tres. Actualmente se realizan constantes ensayos con casas comerciales de herbicidas pero que pasa con los temas; variedades del cañal, fertilizantes, manejo integrado de plagas, uso de plantas fijadoras de nitrógeno, entre otros. No existen áreas o unidades para investigar estos temas importantes dentro de zona tres.

Las prácticas agrícolas mejorarían si la zona tres evaluara cada una de estas en sus áreas de trabajo, ya que cada zona de producción es diferente en topografía, tipo de suelo, personal, entre otros factores.

EFFECTOS



CAUSAS

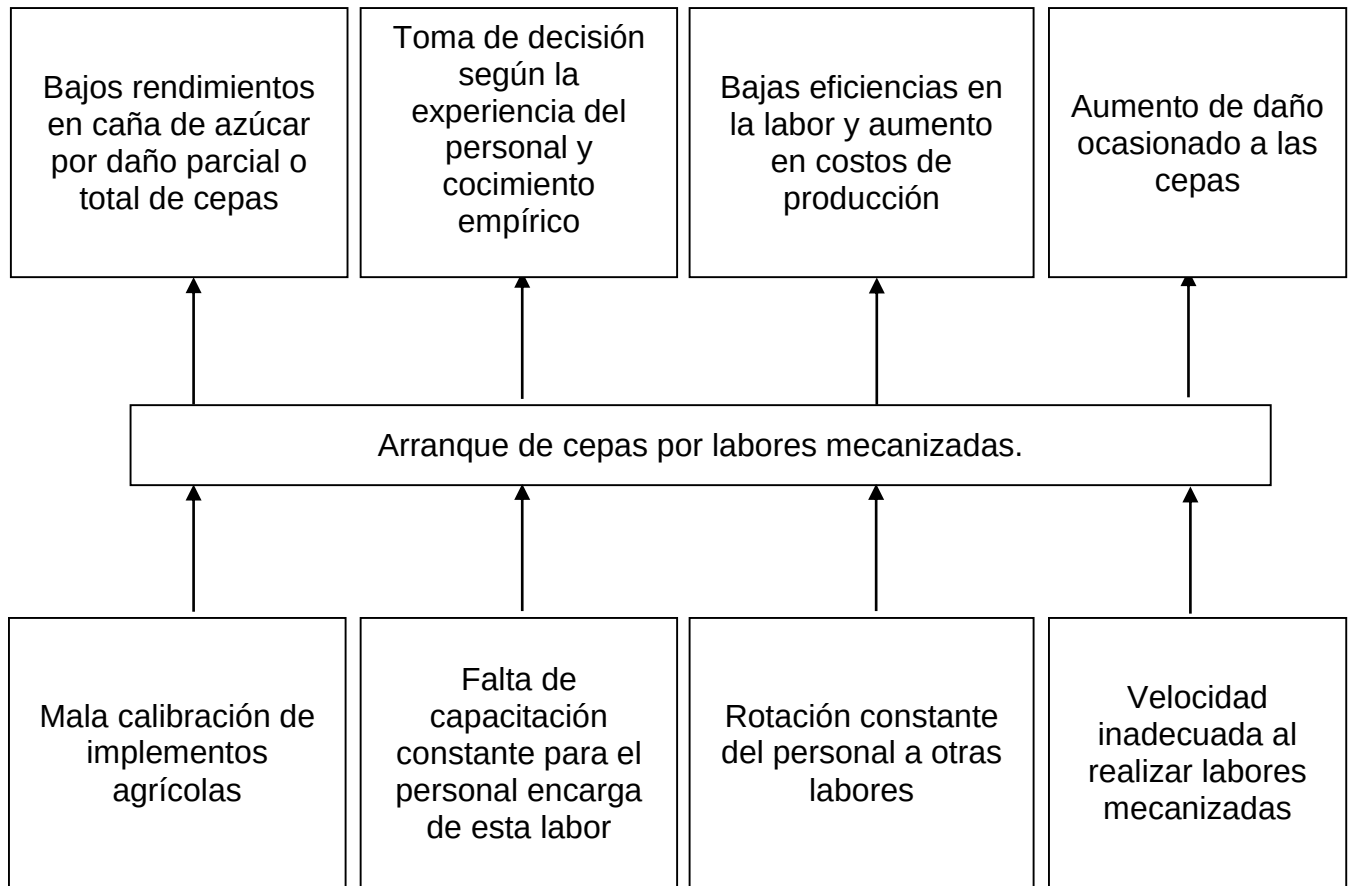
Figura 17. Reparaciones de implementos o equipos agrícolas.

Análisis causa-efecto

En la producción de caña de azúcar al igual que otro cultivo existen contratiempos en las actividades agrícolas, en este caso por la mala coordinación con el área de taller, se produce la demora en reparar los equipos e implementos agrícolas, repercutiendo en atrasos y bajas eficiencias en actividades agrícolas, por tanto aumento en los costos de producción

Siendo necesario buena comunicación con el área de taller para la reparación de implementos y equipos agrícolas para llevar a cabo las labores y evitar atrasos.

EFFECTOS



CAUSAS

Figura 18. Árbol de problemas, Arranque de cepas por labores mecanizadas.

Análisis causa-efecto

Se observa la importancia de corregir la actividad agrícola donde existe arranque de cepas por labores mecanizadas dentro de la zona tres, es importante resaltar los daños y consecuencias que estas malas prácticas ocasiona.

En la mayoría de las veces, el daño ocasionado a la cepa se da por una mala calibración del implemento a utilizar, además de eso, se le puede atribuir factores como; personal no capacitado para esa labor, llevándose a cabo con conocimientos empíricos, también influye la velocidad con la que se opera los implementos y la topografía del terreno. Provocándole daños a la cepa, que terminan sobre la superficie del suelo, repercutiendo en la baja eficiencia de labor y en bajos rendimientos de la caña de azúcar.

1.4.9. Matriz de priorización de problemas

Los problemas trabajados con anterioridad se evaluaron en una matriz de priorización con rangos de puntuación de 0 a 10, para determinar el de mayor importancia para la zona tres, los resultados se presentan en el cuadro 8

Cuadro 8. Matriz de priorización de problemas

No.	Problemas detectados	Aumento en los costos de producción (0 a 10)	Incidencia en los rendimientos (0 a 10)	Afecta la sostenibilidad del cultivo (0 a 10)	Total
1	Falta de área o unidad de investigación dentro de la zona tres.	7	9	9	25 (a)
2	Arranque de cepas por labores mecanizadas.	8	8	7	23 (b)
3	Demora por parte de taller en reparar implementos o equipos agrícolas.	8	7	7	22 (c)

Con base a la matriz de priorización de problemas, se determinó que el problema de mayor importancia dentro de la zona tres, es la falta de área o unidad de investigación, donde se desarrolle información acordes a la zona tres que permita mejoras en las prácticas agrícolas, siendo necesario invertir esfuerzos en desarrollar un área de esta índole

El segundo problema de importancia es el arranque de cepas por labores mecanizadas, identificando la necesidad de capacitar al personal de la zona tres para minimizar estos daños y obtener mejores resultados en los rendimientos.

El tercer problema en importancia es la demora por parte de taller en reparar los implementos o equipos agrícolas, siendo necesario mejorar la planificación, coordinación y mantenimientos previos para reducir el paro o atraso en labores agrícolas.

1.5. CONCLUSIONES

1. Las actividades agrícolas identificadas dentro de la zona tres son: preparación de suelo, siembra, riego, manejo de malezas, fertilización, manejo de plagas, aplicación de madurante, quema de caña y cosecha. Constantemente se trabaja para que las actividades de manejo que se realizan dentro de la zona tres se mejoren constantemente y sean más tecnificadas.
2. Los problemas identificados dentro de la zona tres fueron; la ausencia de área o unidad de investigación, el arranque de cepas por labores mecanizadas y la demora por parte de taller en reparar implementos o equipos agrícola.
3. La falta del área o unidad de investigación dentro de la zona tres fue priorizada como el principal problema.

1.6. RECOMENDACIONES

1. Implementar un área o unidad de investigación dentro de la zona tres abarcando las actividades agrícolas en el cultivo de caña, generando información en base a las condiciones de zona tres y que con resultados obtenidos proporcionen material para tomas de decisiones acertadas en cuanto a las prácticas agrícolas realizadas en el cultivo, tanto para la zona tres como para las demás zonas aledañas del Ingenio Madre Tierra.
2. Iniciar una campaña con los trabajadores que laboran y operan los implementos agrícolas, para que tomen en cuenta la formación y capacitación y evitar o minimizar el arranque de cepas por malas calibraciones de los implementos.
3. Implementar un plan estratégico con taller para no tener atrasos al momento de mandar un equipo o implemento a taller y evitar atrasos o paros de labores agrícolas, perjudicando en las eficiencias de las labores y aumentando los costos de producción.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre Solís, El. 2018. Generalidades de zona tres de producción (entrevista). Guatemala, Escuintla, Ingenio Madre Tierra, Gerente de Zona tres de producción.
2. Campollo, P. S. 1999. Fundamentos de mecanización agrícola para caña de azúcar. Ingenio Pantaleón. Guatemala. 43 p.
3. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera el sur de Guatemala. Guatemala. 214 p.
4. _____. 2014. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. (en línea). Escuintla, Guatemala. 526 p. Consultado el 5 de marzo 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
5. _____. 2015. Mapa de precipitación histórica (en línea) Escuintla, Guatemala. 1 p. consultado el 20 febrero de 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101628906.pdf>
6. _____. 2017. Guía de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar (en línea) Escuintla, Guatemala. 85 p. consultado el 20 febrero de 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
7. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestas. 42 p.
8. Fundación Ingenio Madre Tierra. 2018. Historia Ingenio Madre Tierra (en línea, sitio web) Escuintla, Guatemala. consultado 25 febrero 2018. Disponible en <http://fundacionmadretierra.org.gt/quienes-somos/>
9. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). 2018. Parámetros de estación Camantulul (en línea). Guatemala. Consultado 3 marzo 2018. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones/ESCUINTLA/CAMANTULUL%20PARAMETROS.htm>
10. Itzep Solares, FD. 2006. Contribución a la Mejora de la Zona Productiva Tres del Ingenio Madre Tierra (en línea). Trabajo de graduación, FAUSAC. Escuintla, Guatemala. 66 p. Consultado 5 marzo 2018. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0930.pdf



11. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2002. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra República de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 3 marzo 2018. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/suelos/capacidad-uso-de-la-tierra.pdf>
12. Martínez Fuentes, JC. 2007. Contribución a la Eficiencia en la Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*), en la zona seis del Ingenio Madre Tierra (en línea) Trabajo de graduación, FAUSAC. Escuintla, Guatemala. 122 p. Consultado 6 marzo 2018. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2312.pdf
13. Orozco, H.; Ceballos, L.; Azañón V. 2000. Aumento de la distancia de estaquillado, una opción viable para la reducción de la cantidad de semilla agámica por unidad de área, presentación de resultados de investigación. zafra 1999-2000. Guatemala, CENGICAÑA. pp. 31-37.
14. Vásquez, H. A. 2015. Evaluación de los principales atributos físicos y químicos de los suelos de los departamentos de Escuintla, Chimaltenango, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y su clasificación de acuerdo con la metodología de la base mundial de referencia del recurso suelo (en línea) Guatemala. 140 p. consultado el 20 febrero de 2018. Disponible en http://168.234.106.70/library/images/1/1b/FODECYT_2012.02.pdf





**CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE
HERBICIDAS PARA EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica
charantia* L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA,
ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA, GUATEMALA, C.A.**

2.1. PRESENTACIÓN

En Guatemala la caña de azúcar es un cultivo de importancia por su contribución en el desarrollo de la industria azucarera, creando fuentes de trabajo, generación y captación de divisas por medio de la producción y la comercialización de azúcar, melaza y energía eléctrica (Solórzano, 2011).

Para el año 2015 el azúcar en Guatemala fue el principal producto agroindustrial con el 9.30 % de las exportaciones totales del país, ocupando el tercer lugar en la productividad a nivel global, cuarto lugar en la exportador a nivel mundial y segundo lugar como exportador de azúcar en Latinoamérica (ASAZGUA, 2015).

M&B (2021), señala que, a pesar de la alta eficiencia de la industria guatemalteca en el cultivo de caña de azúcar, aún se tiene factores limitantes. Siendo uno de ellos el control de malezas, afectando negativamente la productividad del cultivo hasta un 35 % a 60 %, esto se debe a la constante competencia que ejercen las malezas dentro del cultivo de caña de azúcar. Las malezas también contribuyen como hospederos de enfermedades fitopatógenas, insectos y roedores, convirtiéndose en plagas para el cultivo.

El periodo crítico de interferencia de las malezas en el cultivo de caña de azúcar se presenta entre la cuarta y séptima semana después del corte o siembra de caña. Por tal razón, la importancia de realizar aplicaciones de herbicidas en preemergencia para el controlar malezas de reproducción sexual y aplicaciones posemergentes para controlar malezas de reproducción vegetativa o asexual (M&B, 2021).

El criterio del primer control de malezas, está enfocado a las aplicaciones de herbicidas en preemergencia, 7 días máximos después del corte o siembra del cultivo (ventana de aplicación preemergente), en dependencia del riego o humedad residual en el suelo, se realizan aplicaciones de herbicidas (Aguirre, 2018).

Entre las principales mezas en la zona cañera, se encuentran; *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinesis*, *Leptocloa filiformis*, *Cynodon dactylon*, *Phyllodendrom sp*, *Sorghum halepense*. Entre otros. Se ha observado durante los últimos años, difícil control de dos especies de malezas; *Momordica charantia* y *Croton lobatus*, desconociendo si posee algún tipo de tolerancia a ciertos herbicidas utilizados en Guatemala (CENGICAÑA, 2013).

Motivo por el cual se estableció el ensayo, con el objetivo de evaluar herbicidas para el control preemergente de jaibilla (*Momordica charantia* L.), utilizando un diseño en bloques completos al azar con 6 tratamientos y 6 repeticiones, sumando un total de 36 unidades experimentales. Los tratamientos con mejores resultados son; T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) y T3 (flumioxazin, acetoclor), con resultados de control sobre la maleza jaibilla, arriba del 80 %, 40 días después de aplicado los herbicidas. Para la variable altura de caña de azúcar, no se presenta diferencias entre los tratamientos evaluados. Para carga química, el tratamiento T4 fue el único en sobrepasar el rango de carga química permitido al suelo de 5 kg/ha de ingrediente activo, según el normativo BONSUCRO. Así mismo el tratamiento T4 resulto con mejor costo control, con un valor por ha de Q. 375.05 o visto de otra manera Q. 8.15 por día, brindando un control para la jaibilla arriba de 80 % durante 46 días.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Definición de malezas

Una maleza puede ser definida desde diferentes puntos de vista. El criterio agronómico define la maleza como una planta no deseable, que crece compitiendo con el cultivo. De acuerdo con la ecología, el concepto de maleza no existe, la botánica define a la maleza como planta a la que no se le ha encontrado utilidad alguna para el uso del hombre (Martínez & Pineda, 2000).

Las plantas no deseadas son persistentes y no cuentan con un valor económico, afectando el crecimiento del cultivo de interés por su persistencia en el ambiente en común, incluyendo los conceptos de competencia y alelopatía, las malezas tienen la capacidad de competir por recursos limitantes del medio tales como agua, luz, nutrientes, dióxido de carbono, espacio y como hospedadoras de plagas y enfermedades, ocasionando pérdidas en la producción (Saucedo, 2015).

B. Factores que favorecen la propagación de malezas

Estos factores pueden ser: a. edáficos, climáticos y de manejo (malas prácticas agrícolas por tanto dispersión y cantidades elevadas de semilla). b. los factores propios de las malezas; ya que poseen un metabolismo rápido de adaptación en condiciones edafoclimáticas críticas, germinación escalonada por lo que es común encontrar diferentes estados fenológicos de una misma especie en un período determinado resultando difícil su manejo y fácil dispersión y adaptabilidad, también los periodos largos de latencia o dormancia dentro de los suelos, asegurando la supervivencia de la especie (M&B, 2021).

Es importante mencionar que el cultivo de caña tiene la capacidad de limitar el desarrollo y crecimiento de las malezas, por el efecto de sombra que esta le puede generar al cubrir su superficie, afectando la absorción de horas luz, de esta manera no realiza la fotosíntesis (Aguirre, 2018).

C. Maleza en caña de azúcar

Las malezas ocasionan un daño en la producción de caña de azúcar, alcanzando su mayor nivel de importancia en las primeras etapas fenológicas de su crecimiento, siendo de suma importancia el control de las mismas. La caña de azúcar inicialmente presenta un desarrollo lento y de no eliminarse las malezas en los primeros 90 a 120 días de crecimiento de la planta de caña de azúcar podría provocar disminución en la producción de tallos y pérdidas de hasta 35 % a 60 % en la cosecha (M&B, 2021).

Las malezas demandan demasiada agua, debido que transpiran enormes cantidades para la producción de materia seca, siendo una planta muy vigorosa para competir por mayor absorción de nutrientes con respecto a la caña de azúcar (Martínez & Pineda, 2000).

Las malezas comúnmente resultan ser hospederas de enfermedades hogos y plagas afectando el buen desarrollo de la caña de azúcar (Martínez & Pineda, 2000). En el tema nutricional la maleza tiene la capacidad de remover hasta cuatro veces la cantidad de Nitrógeno, Fosforo y hasta 2.50 veces la cantidad de Potasio del suelo (Martínez & Pineda, 2000).

Considerando el aspecto económico, la maleza es una planta cuya presencia resulta afectar en reducir la rentabilidad y eficiencia de labores agrícolas. Cualquier planta no deseable que se encuentre en áreas cultivables son usualmente consideradas como malezas en los sistemas agrícolas altamente desarrollados, como lo es la producción de caña de azúcar (Aguirre, 2018). En el cuadro 9 se observa las principales malezas presentes en el cultivo de caña de azúcar, en orden según su nivel de importancia para Guatemala.

Cuadro 9. Principales malezas de ciperáceas, gramíneas y hojas anchas en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala.

Maleza	Nombre científico
Ciperácea	
Coyolillo, coquito	<i>Cyperus rotundus</i>
Gramíneas	
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>
Plumilla o pajilla	<i>Leptocloa halepense</i>
Pasto Johnson, sorgo, sorgo forrajero	<i>Sorghun halepense</i>
Zacatón, guinea, zacate, jamaica	<i>Panicum maximun</i>
Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>

Continuación cuadro 9.

Hojas anchas	
Bejuco peludo	<i>Merremia quinquefolia</i>
Campanilla, lavaplato, quiebracajetes	<i>Ipomoea nil</i>
Campanilla, quimanul, bejuco	<i>Ipomoea triloba</i>
Jaibilla, melón amargo	<i>Momordica charantia</i>
Papayita, manita crotón	<i>Croton lobatus</i>
Falsa verdolaga	<i>Trianthema portulacastrum</i>
Verdolaga, portulaca	<i>Portulaca oleraceae</i>
Verdolaga de papaya	<i>Kallstroemia máxima</i>

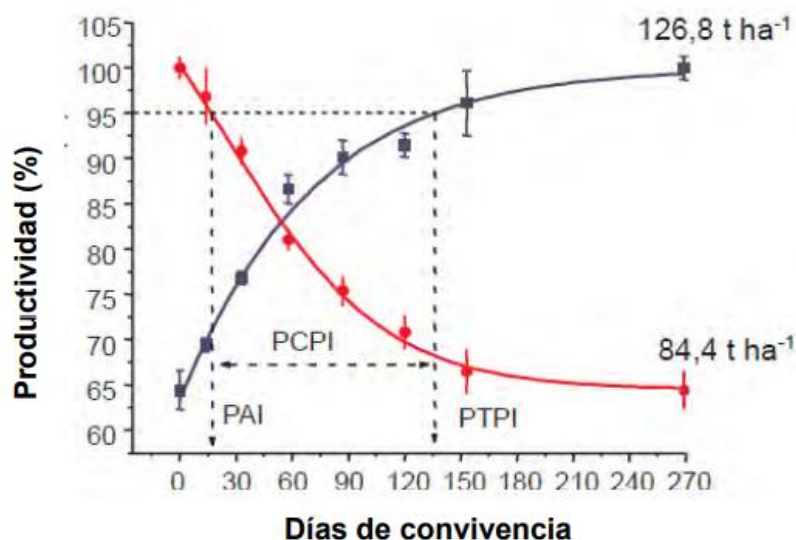
Fuente: CENGICAÑA 2014.

D. Periodo crítico de maleza en el cultivo de caña de azúcar

El periodo crítico de interferencia de las malezas en la producción de caña de azúcar se presenta entre la cuarta y séptima semana después de corte o siembra, periodo en el cual el cultivo se ve afectado en su desarrollo por la constante competencia de agua, luz, nutrientes y espacio (M&B, 2021). Con una diversidad de malezas que provienen de muchas especies de hojas anchas que tienen raíces superficiales de 5 cm a 10 cm de profundidad y gramíneas que poseen raíces que se desarrollan a una mayor profundidad, alcanzando hasta los 20 cm, siendo capaces de cubrir hasta un 60 % el área del cultivo y de no controlarse a tiempo se producen grandes pérdidas en el rendimiento y producción final de azúcar (FAO, 1998).

Según CENGICAÑA (2014). En la producción de caña de azúcar existen tres tipos de periodos críticos de interferencia de maleza (figura 19):

- Periodo anterior a la interferencia (PAI) se refiere al periodo desde el brote de la caña de azúcar con malezas, pero sin interferencias negativas en la producción final de tallos.
- Periodo total anterior a la interferencia (PTPI) refiriéndose al periodo desde el brote de la caña de azúcar, en que el cultivo debe permanecer libre de malezas sin pérdida significativa de la producción.
- Periodo crítico de prevención a interferencia (PCPI), es cuando efectivamente los métodos de control deben actuar para minimizar las pérdidas de producción.



Fuente: CENGICAÑA 2014.

Figura 19. Periodo de interferencia de maleza en el cultivo de caña de azúcar.

E. Métodos para control de malezas

Según M&B (2021) en su video; manejo de malezas para el cultivo de caña de azúcar, hace mención de labores para control de malezas: a. cultivo mecánico, b. limpia manual (limpia del pelillo), c. arranque manual, d. rondo manual, e. rondo químico, f. rondo mecánico y g. control químico oportuno, convirtiéndose en un control integrado de malezas.

Estas labores antes mencionadas se integran en los métodos de control: manual, mecánico y químico. El método más utilizado en la zona cañera del país es el método químico, en su gran mayoría es integrado con el método mecánico. En algunas áreas, se aplica los métodos químicos, mecánicos y manuales. La combinación ideal en la agroindustria azucarera es aquella que, representa el menor costo y control eficiente sobre las malezas, esta combinación varía de acuerdo a la zona, tamaño de la explotación y disponibilidad de recursos (Solórzano, 2011).

a. Control manual

El método manual es utilizado en zonas marginales del cultivo, en producciones muy pequeñas, de difícil mecanización por la topografía del terreno o cuando la aplicación de

productos químicos no ha sido eficaz. Participando en su mayoría la mano de obra familiar (Solórzano, 2011).

Esta práctica cultural se realiza con ayuda de herramientas tales como azadones, machetes y palas. Siendo comunes en plantaciones soca y no en plantaciones de plantía, por daños irreversibles que se pudiesen provocar a la plantas nuevas de caña de azúcar (CENGICAÑA, 2014).

b. Control mecánico

Consiste en el paso de diferentes implementos como parte de las diferentes labores mecánicas que se realizan dentro del cultivo de caña. Entre las labores mecánicas que se realizan podemos encontrar el paso de la cultivadora con el objetivo de nivelar el surco o camellón entre las hileras de caña de azúcar y en caña plantía volteando el suelo. De esta manera se eliminan las malas hierbas que se encuentran en los surcos, mejorando la profundidad y oxigenación del suelo, rompiendo la capilaridad del suelo y aumentando la retención de humedad en el suelo. Esta labor se realiza entre 40 y 50 días después de la siembra o corte, brindando un control en las malezas de aproximadamente 15 días, opcional puede hacerse un segundo paso de cultivadora entre 55 y 65 días después del corte, logrando de esta manera un manejo integrado con el control químico (CENGICAÑA, 2014).

En caña soca se realiza labores de ferticultivo, 45 días después del corte. El ferticultivo es un implemento acoplado al tractor para realizar labores de fertilización, esta labor puede ayudar al control de malezas, por la incorporación de discos al implemento, realizando la labor de fertilización y cultivadora a la vez. Esta práctica tiene un control sobre las malezas de aproximadamente 15 días (Aguirre, 2018).

Según Solórzano (2011), hace mención que el método mecánico de control de malezas es usado por agroindustrias que poseen una dotación adecuada de maquinaria, con climas y topografías favorables.

c. Control químico

Se refiere a la aplicación de herbicidas, método amplio y de fácil uso en el cultivo de caña de azúcar, obteniendo buenos resultados de control de malezas. Para obtener mayores días control, se debe realiza una combinación de los métodos mecánico y químico (CENGICAÑA, 2014).

Según Solórzano (2011), la gran mayoría de los productos químicos requieren que las malezas estén iniciando su germinación o que se encuentren en la etapa inicial de crecimiento, con suficiente humedad en el suelo, para actuar eficientemente. El herbicida a utilizar deberá ser seleccionado en función de la predominancia de tipos de malezas, bien sea gramíneas, ciperáceas o de hoja ancha (dicotiledóneas). Se procede a adquirir el producto a convenir y realizar la aplicación según las recomendaciones establecidas.

Las aplicaciones de los herbicidas pueden realizarse de tipo: mecanizado, manual o aéreo (CENGICAÑA, 2014).

i. Aplicación mecanizada

Es la más utilizada en Guatemala, consiste en la aplicación de herbicidas en preemergencia y posemergencia, por medio de tractores de 120 HP. Estos tractores están conformados por un tanque de depósito para la mezcla y un aguilón con 25 boquillas dependiendo del tipo de la misma y una faja de aplicación de 12 m de ancho. Este tipo de aplicación generalmente se realiza en áreas planas, con el fin de ser más eficientes. Cuando se realizan aplicaciones posemergentes en caña de mayor desarrollo de 1.50 m de altura, se emplean tractores tipo High Crop (CENGICAÑA, 2014).

ii. Aplicación manual

Se practican donde no es posible el control de malezas de manera mecanizada por el desarrollo de la caña (de cierre) o en áreas de topografía irregular. También se realiza para controlar malezas en áreas específicas o pequeñas áreas infestadas en el lote (parchoneo). Para este tipo de aplicación de herbicidas se utilizan bombas de mochila de presión constante, las cuales son más eficientes que las tradicionales. Esta práctica representa mayores costos a diferencia que la aplicación mecanizada, por tal razón, la aplicación manual se emplea en áreas que lo ameriten (CENGICAÑA, 2014).

iii. Aplicación aérea

Se utilizan solamente para aplicaciones de herbicidas preemergentes en áreas planas, alejadas de otros cultivos, por la deriva que pueda causar daños irreversibles (CENGICAÑA, 2014).

F. Definición de herbicida

Los herbicidas dentro de su naturaleza química son productos que contienen compuestos e ingredientes que están en las células orgánicas, de tal manera que un herbicida es un producto de origen químico utilizado para matar hierbas (M&B, 2020)

Herbicida es un producto fitosanitario utilizado para eliminar malezas. Un programa de control químico para las malezas puede ayudar a obtener máximas producciones de caña de azúcar. Los herbicidas son fundamentales para eliminar y controlar las malezas (Martínez & Pineda, 2000).

G. Tipos de herbicidas

a. Pre-emergente

Según M&B (2020), los herbicidas preemergentes cuentan con un mecanismo de acción preemergente, evitando que la plántula de la maleza emerja, entre las más comunes podemos encontrar; triazinas (atrazina, ametrina, terbutrina, hexazinona y metribuzina), ureas sustituidas (diuron y tebutiuron), dinitroanilinas (pendimentalina), acetanilidas (acetoclor) y sulfonil ureas (nicosulfuron, metsulfuron, halosulfuron y trifloxysulfuron). Estos productos son aplicados después de la siembra, pero antes de la emergencia del cañal, mala hierba o ambos.

b. Post-emergente

Según M&B (2020), herbicidas posemergentes cuentan con un mecanismo de acción posemergente, presentando un control sobre las malezas emergidas, realizando aplicaciones dirigidas al follaje, entre las más comunes podemos encontrar; bipiridilos (paraquat y diquat), fosfónicos (glifosato), fenóxidos (2,4-D y 2,4,5-T), benzoicos (dicamba), piridinas (picloran) y arsenicales (metano arsenato monosódico MSMA). Esta aplicación se realiza después de la emergencia del cultivo, la maleza o ambos; esta aplicación se puede clasificar en:

i. Post-emergente temprano

Esta aplicación se realiza cuando la maleza posee un crecimiento menor de 10 cm de altura, llevándose a cabo durante los primeros días de desarrollo.

ii. Post-emergentes tardíos

Esta aplicación se realiza cuando la maleza se encuentra en crecimiento vegetativo, con alturas de 15 cm a 30 cm. Con plantas no deseadas de más de 20 cm es necesario el uso de altas dosis, incrementando los costos y corriendo riesgos de generar un efecto fitotóxico o estrés al cultivo de caña de azúcar.

H. Modo de acción de herbicidas

a. Contacto

El herbicida necesita entrar en contacto con la maleza que deseamos eliminar para ocasionar un daño irreversible, por lo que se requieren altos volúmenes de agua. El daño ocasionado se da en las partes de la planta donde exista contacto teniendo como resultado final la muerte total (Saucedo, 2015).

b. Trasladables o sistémicos

El herbicida se absorbe por la raíz, hojas y tallos, movilizándose o trasladándose a otras partes de la planta, afectando con su acción tóxica varios procesos metabólicos de la maleza. Su efecto alcanza malezas de tipo perenne como zacates ya que el producto llega a la raíz afectando rizomas y estolones, lo que no sucede con los herbicidas de contacto (Saucedo, 2015). Los productos trasladables o sistémicos, así como los de contacto puede a su vez clasificarse en:

i. Selectivos

Efecto de control sobre la maleza, el cual ocasiona poco o ningún daño en la planta de caña de azúcar (Saucedo, 2015).

ii. No selectivos

Elimina todo tejido verde que alcance, sin distinción alguna. Debe indicarse que la resistencia o tolerancia de una planta a la acción de un herbicida, nunca es total, sino que deben respetarse los límites que señalen las normas para su empleo. Por ejemplo, un herbicida no selectivo puede convertirse en selectivo si se baja la dosis, o en caso contrario, un producto selectivo puede tener efecto total si se sobrepasa la dosis adecuada para su empleo (Saucedo, 2015).

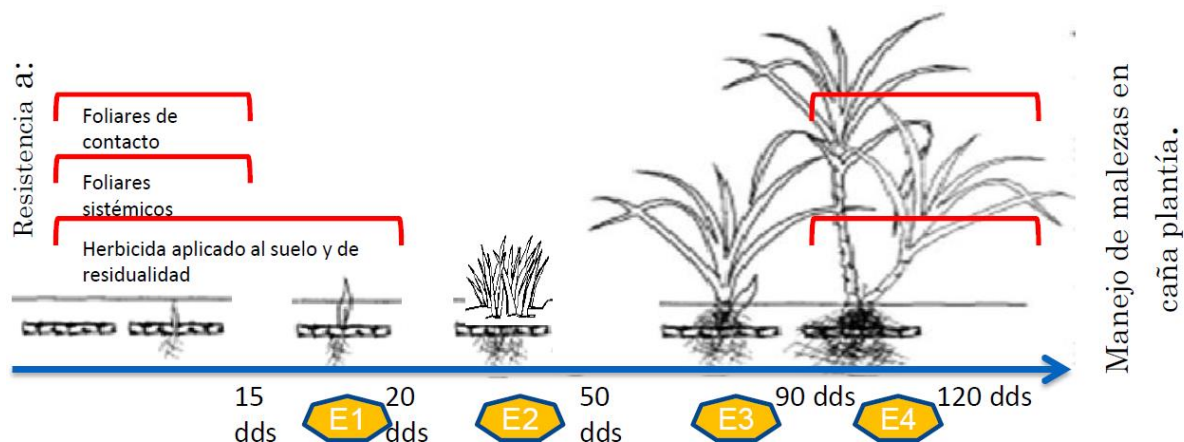
I. Fitotóxicidad de herbicidas en variedades promisorias de caña de azúcar

En la figura 20 se muestra los cuatro estadios de susceptibilidad y tolerancia de la caña de azúcar a la aplicación de herbicidas en función de sus diferentes etapas fenológicas. La etapa 1 comprende desde la siembra hasta 20 días, periodo en que los rebrotes de caña de azúcar muestran mayor espesura de la cutícula. En esta etapa el herbicida no alcanza las hojas internas, por lo que la planta se vuelve tolerante a las malezas y a los herbicidas (CENGICANÁ, 2014). En caña soca esta fase es más rápida, por lo que se pueden considerar aplicaciones de herbicidas con mayor residualidad.

La etapa 2 comprende desde 20 a 50 días después de la siembra, cuando hay de dos a tres hojas; así mismo existe pérdida de raíces de la semilla o tolete, esta etapa es susceptible a la aplicación de herbicidas. En caña soca existe mayor cantidad de raíces, por lo que el cultivo tolera la aplicación de herbicidas más solubles (CENGICANÁ, 2014).

La etapa 3 está comprendida entre 50 y 90 días después de la siembra, cuando ya hay raíces verdaderas. En esta etapa existe severa competencia de la maleza con el cultivo, afectando el amacollamiento de la planta y lo hace susceptible a la aplicación de herbicidas posemergentes (CENGICANÁ, 2014).

La etapa 4 o comúnmente denominada cierre del cultivo ocurre después de los 120 días de la siembra. En esta etapa los tallos ya están desarrollados y definidos y no serán afectados por la aplicación de herbicidas (CENGICANÁ, 2014).



Fuente: CENGICAÑA 2014.

Figura 20. Estadios de tolerancia y susceptibilidad de la aplicación de herbicidas en caña de azúcar.

J. BONSUCRO (Iniciativa para mejorar la caña de azúcar)

Es una entidad no gubernamental de iniciativa privada y sin fines de lucro, con el propósito de poder garantizar la sostenibilidad del cultivo de caña de azúcar desde su producción, procesamiento hasta su refinación, reduciendo los efectos ambientales y sociales no deseados (BONSUCRO, 2014).

La norma BONSUCRO utiliza indicadores específicos para medir el impacto medioambiental y social que tiene el cultivo de caña de azúcar. Los objetivos de esta normativa en relación al suelo, es mejorar la calidad del suelo aumentando los niveles de nutrientes disponibles y devolverles su fertilidad (BONSUCRO, 2014).

Dentro del estándar de producción BONSUCRO se tiene el indicador agroquímicos, el cual indica no sobrepasar los 5 kg/ha de ingrediente activo por año, buscando minimizar la contaminación del aire, el suelo y el agua. Controlar las cantidades aplicadas de ingredientes activos de agroquímicos (pesticidas, herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas, maduradores incluidos). Observándose el requerimiento de utilizar solamente productos registrados y según los índices aprobados. Para más información, se recomienda consultar la Guía BONSUCRO disponible en la página web BONSUCRO (BONSUCRO, 2015).

2.2.2. Marco referencial

A. Lugar del área de estudio

La investigación se realizó en zona tres de producción, finca “Madre Tierra” del Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

B. Localización geográfica

Ubicado en el lote “Jacalito” identificado con el número 0012001 de la finca “Madre Tierra”, a 1.50 km del Ingenio Madre Tierra, las coordenadas geográficas son: 14°20′18.4″ Latitud Norte y 91°4′28.19″ Longitud Oeste.

C. Clima

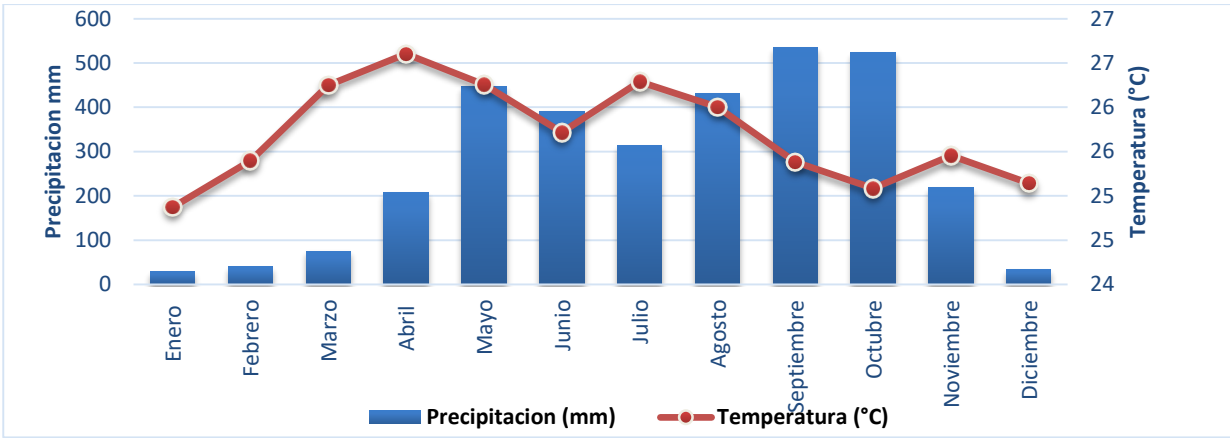
a. Temperatura

Según CENGICAÑA (2014), la finca Madre Tierra se encuentra dentro de la zona de vida como bosque muy húmedo subtropical cálido. Para el año 2006 la temperatura en época de zafra se estimó 25.51 °C - 26 °C y la temperatura no zafra (interzafra) de 26.01 °C - 26.50 °C.

b. Lluvia

Se estima que la estadística de lluvia anual para el departamento de Escuintla es de 3,001 mm/añal por lo que es uno de los departamentos con mayo precipitación a nivel nacional (Saucedo, 2015). La precipitación anual en finca Madre Tierra oscila entre 3,000.01 mm a 4,000.00 mm (INSIVUMEH, 2018).

En la figura 21 se presenta el climograma de la localidad del área de investigación con base a los datos registrados en la estación CENGICAÑA.



Fuente: elaboración propia en base a ICC 2018.

Figura 21. Climograma finca Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

D. Suelo

Suelo con textura franco arenoso (Estrada, 2015). Con horizonte superficial A, de tipo alfisoles con perfil bien desarrollado, el suelo cuenta con una coloración pardo gris poco oscuro, de consistencia dura y estructura débil. El segundo horizonte B, es argílico enriquecido en arcilla traslocada del horizonte superficial (MAGA, 2003).

a. Uso del suelo

Según el mapa de capacidad de uso de la tierra, los suelos que conforman la zona son de tipo II, tierras cultivables con pocas limitaciones, aptas para cultivo bajo riego, relieve plano, ondulado o suavemente inclinado con alta productividad de manejo moderadamente intensivo (MAGA, 2003).

E. Maleza de estudio

a. Jaibilla (*Momordica charantia* L.)

La figura 22 muestra la planta de *M. charantia*, siendo una maleza de importancia económica en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala (CENGICAÑA, 2014).



Fuente: Espinoza G 2013.

Figura 22. Jaibilla (*Momordica charantia* L.).

En el cuadro 10 se encuentra la clasificación taxonómica de la jaibilla desde su reino hasta la especie.

Cuadro 10. Taxonomía de la jaibilla.

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta (plantas vasculares)
Superdivisión	Spermatophyta (plantas con semilla)
División	Magnoliophyta (planta con flor)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase	Dilleniidae
Orden	Violales
Genero	<i>Momordica</i>
Especie	<i>Momordica charantia</i>

Fuente: Vibrans 2009.

b. Origen

El origen de la jaibilla es de África tropical y se distribuye en los trópicos del mundo (Vibrans, 2009).

c. Identificación y descripción

La jaibilla es una planta herbácea, anual, trepadora enredadera, con raíz pivotante, raíces secundarias superficiales, tallo con una longitud de hasta 5 m cubierto de pubescencia, hojas alternas delgadas con 5 a 7 lóbulos, ápice obtuso o agudo, margen a veces aserrado o agrupados sobre un pedúnculo que en la mitad o en la base presenta brácteas ovadas y cordadas en la base. Flores; cada planta (dioica) dispone por separado de flores con órgano reproductivo femenino y masculino con 5 sépalos; corola con tubo muy corto y un limbo muy amplio partido en 5 segmentos, de amarillo; en las flores masculinas 3 estambres; las flores femeninas con ovario ínfero; fruto ovoide todo el año y la semilla elíptica (Vibrans, 2009).

Propagación sexual, la dispersión se da por: aire, agua, herramientas de trabajo, transportar la cosecha de caña, rizomas vegetativas, animales y el hombre (Vibrans, 2009).

Jaibilla es un problema dentro de la caña de azúcar enredándose en las plantas hasta sofocarla, evitando el crecimiento del meristemo apical (figura 23). Esta planta no deseada es invasiva presentando problemas para el buen desarrollo de la caña de azúcar, siendo difícil de controlar por su tipo de propagación (semillas), por ello la importancia de evitar la producción de semillas, realizando aplicaciones químicas en estricta pre-emergencia (7 días máximo después de la cosecha) creando un sello en el suelo, evitando su germinación (Aguirre, 2018).



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 23. Jaibilla en área de siembra de caña de azúcar, zona tres de producción.

F. Herbicidas utilizados en la evaluación

a. Saflufenacil (Heat 70 WG)

Herbicida del grupo químico pyrimidinadionas, de contacto no selectivo, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, para el control de malezas de hojas anchas y ciperáceas, formulación granulada dispersables (WG), compatible con herbicidas hormonales (2,4-D, dicamba, fluroxipir), pendimentalina, cloracetanilidas, ALS y glifosato (CENGICAÑA, 2013). La dosis recomendada en aplicaciones preemergentes es de 100 gr/ha a 150 gr/ha y en aplicaciones posemergente 35 gr/ha a 50 gr/ha (BASF, 2015).

En aplicaciones en preemergencia es recomendable adicionar pendimentalina para control de gramíneas. En aplicaciones de cierre realizar aplicaciones dirigidas a la maleza sin mojar al cultivo. Es recomendable adicionar Break Thru en aplicaciones posemergentes (Callejas, 2018).

i. Mecanismo de acción

Inhibe la biosíntesis de la enzima protoporphyrinogen-IX-oxidase (PPO), necesaria para la biosíntesis de la clorofila en las plantas. La inhibición de PPO resulta en una rápida pérdida de la integridad de la membrana (peroxidación de lípidos) terminando en necrosis de tejido y finalmente la muerte de la planta (CENGICAÑA, 2013).

b. Pendimentalina (Prowl 45.5 CS)

Herbicida del grupo químico dinitroanilinas, de contacto no selectivo, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas en especial la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), formulación suspensión en capsulas (CS), para aplicaciones en posemergencia debe utilizarse en mezcla con herbicidas selectivos de efecto posemergente para obtener mayor residualidad de control, la dosis recomendada es 2 L/ha a 3 L/ha (Leonardo, 1998).

Herbicida ideal cuando las condiciones de humedad en el suelo son limitadas y predominancia de malezas gramíneas. Se recomienda como alternativa para aplicaciones sobre rastrojos o residuos de cosecha en verde (CENGICAÑA, 2013).

i. Mecanismo de acción

Interrumpe la división y elongación celular en los meristemos del tallo y la raíz de las malezas susceptibles. La inhibición del crecimiento y muerte de la planta ocurren luego de la germinación de la semilla o poco tiempo después de su emergencia del suelo. El crecimiento radicular es afectado cuando el meristemo radicular absorbe el herbicida del suelo (CENGICAÑA, 2013).

c. Terbutrina (Samba 50 SC)

Herbicida del grupo químico triazinas, cuando es aplicado al suelo, el herbicida es absorbido por el sistema radicular por el movimiento apoplasto (xilema), cuando la aplicación se realiza al follaje de las malezas esta se comporta como un herbicida de contacto, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas. Formulación suspensión concentrada (SC), en su mayoría es combinada con triazinas para aumentar el espectro de malezas a controlar, la dosis recomendada es 2.10 kg/ha a 3.10 kg/ha (CENGICAÑA, 2013).

i. Mecanismo de acción

Su mecanismo de acción inhibe la fotosíntesis en el fotosistema II (FSII), inhibiendo el proceso de la fotosíntesis, interfiriendo en la reacción de Hill en el transporte de electrones en el fotosistema I o II (CENGICAÑA, 2013).

d. Amicarbazone (Dinamic 70 WG)

Herbicida del grupo químico triazolinona, cuando el herbicida es aplicado al suelo es absorbido por las raíces por movimiento acopetal (sistema radicular hacia el follaje), cuando la aplicación se realiza al follaje de las malezas esta se comporta como un herbicida de contacto, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas, formulación gránulos dispersables (WG), compatibilidad en combinaciones con triazinas para aumentar el espectro de malezas a controlar, la dosis recomendada es 1 kg/ha a 1.40 kg/ha (CENGICAÑA, 2013).

Para las aplicaciones en caña de azúcar se recomienda desde los 0 días después cosecha (soca) o siembra (plantía), hasta el cierre. Puede ser en preemergencia como también posemergencia temprano (Ramírez, 2017).

La aplicación se puede realizar en suelo húmedo o seco (amicarbzaone permanece inactivo esperando la humedad tanto de lluvia como de riego para poder activarse y diluirse en el suelo y realizar su control para con las malezas desde la germinación (Ramírez, 2017).

i. Mecanismo de acción

Inhibe el transporte de electrones en la fotosíntesis interrumpiendo así el paso del oxígeno en el fotosistema II, acumulándose el oxígeno en la célula y formando superóxidos que causan el colapso de la célula vegetal y muerte de la maleza (CENGICAÑA, 2013).

e. Flumioxazin (Pledge 51 WG)

Herbicida del grupo químico N-fenil-ftalimidazoles, actúa por contacto en malezas emergidas y de acción residual con malezas en emergencia, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas, formulación gránulos dispersables (WG), compatibilidad con acetoclor e indaziflam para aumentar el espectro de malezas a controlar, la dosis recomendada es 150 gr/ha a 300 gr/ha (CENGICAÑA, 2013).

i. Mecanismo de acción

Inhibe la actividad de la protoporfirinógeno oxidasa la cual es la responsable de la acumulación de porfirinas provocadas en presencia de luz y oxígeno, la peroxidación de las membranas lipídicas provocando daños irreversibles a las estructuras y la función de las membranas celulares. Se debe aplicar en preemergencia total de las malezas y lotes bien preparados, para que actúe como sello a los 14 días antes de la emergencia de la caña de azúcar (Ángel, 2014).

f. Acetoclor (Harness 90 EC)

Herbicida del grupo químico cloroacetamidas, selectivo, utilizados en preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar y preemergencia completa de la maleza, para el control de malezas de hoja ancha y gramínea, formulación concentrado emulsionable (EC), compatibilidad con glifosato, trifluralina, atrazina, paraquat, dicamba, cianazina, linuron, metribuzina, clorobromuron, fluometuron, entre otros. Para aumentar el espectro de malezas a controlar, la dosis recomendada es 2 L/ha a 3 L/ha (CENGICAÑA, 2013).

i. Mecanismo de acción

Inhibe el crecimiento del hipocótilo y la radícula, inhibiendo la síntesis de proteínas. La molécula es absorbida entre la unión nodal de los cotiledones y el primer nudo del epicótilo de las plántulas en proceso de germinación (Monsanto, 2005).

g. Atrazina (Atranex 90 WG)

Herbicida del grupo químico triazinas, cuando el herbicida es aplicado al suelo, es absorbido por las raíces por movimiento acropetal (sistema radicular hacia el follaje), cuando la aplicación se realiza al follaje de las malezas esta se comporta como un herbicida sistémico selectivo, utilizados en preemergencia completa en las malezas y preemergencia y posemergencia temprana de la caña de azúcar, control de malezas de hoja ancha y gramíneas, de formulación gránulos dispersables (WG), compatibilidad en combinaciones con triazinas para aumentar el espectro de malezas a controlar, la dosis recomendada es 1.40 kg/ha a 1.70 kg/ha (CENGICAÑA, 2013).

i. Mecanismo de acción

Inhibe el proceso fotosintético interfiriendo en la relación de Hill, en el transporte de electrones en el fotosistema I o II (Leonardo, 1998).

h. 2,4-D–picloram (Espuela 30.4 SL)

Herbicida del grupo químico fenoxi piridinas, sistémico con movimiento simplasto para el control selectivo de malezas de hoja ancha, utilizados en posemergencia de la maleza. Preemergencia y posemergencia temprana para el cultivo de caña de azúcar, formulación concentrada soluble (SL), no se conoce incompatibilidad con los herbicidas, la dosis recomendada 0.80 L/ha a 1.30 L/ha de ingrediente (CENGICAÑA, 2013).

i. Modo de acción

Interfiere en la síntesis de ácidos nucleídos evitando la síntesis de proteínas de diferentes etapas afectando la regulación del ADN durante la formación del ARN, alterando el balance hormonal y formación de proteínas, provocando un desarrollo anormal en la maleza, las gramíneas son tolerantes por ausencia de cambium y por los entrenudos que dificultan la llegada del herbicida al sitio de acción (Leonardo, 1998).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de seis tratamientos de herbicidas para el control preemergente de la maleza jaibilla (*Momordica charantia* L.), en el cultivo de caña de azúcar, zona 3, Ingenio Madre Tierra.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Conocer el porcentaje de control de los distintos tratamientos de herbicidas, para el control preemergente de la maleza jaibilla en el cultivo de caña de azúcar.
2. Identificar el efecto fitotóxico de los tratamientos de herbicidas según la variable altura del cultivo de caña de azúcar.
3. Identificar el tratamiento de herbicida con mayor carga química aportada al suelo, dentro del cultivo de caña de azúcar.
4. Establecer un análisis de costos de los tratamientos evaluados (costo total por tratamiento, días de control y costo por día de aplicación).

2.4. HIPÓTESIS

Al menos, uno de los tratamientos evaluados controlara la maleza jaibilla en el área de estudio, obteniendo mejor desarrollo (altura del cultivo de caña de azúcar).

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Tratamientos evaluados

En el cuadro 11 se describen los 6 tratamientos de herbicidas evaluados en la investigación para el control preemergente de la maleza Jaibilla dentro del cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 11. Herbicidas evaluados para el control preemergente de jaibilla.

Tratamiento	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis propuesta por ha	Unidad de medida
1	Saflufenacil	Heat 70 WG	0.125	kilo
	Pendimentalina	Prowl 45.5 CS	4.00	litro
	Terbutrina	Samba 50 SC	3.00	litro
		Inex	0.21	litro
2	Amicarbazone	Dinamic 70 WG	1.20	kilo
	Pendimentalina	Prowl 45.5 CS	4.00	litro
	Terbutrina	Samba 50 SC	3.00	litro
		Inex	0.21	litro
3	Flumioxazin	Pledge 51 WG	0.30	kilo
	Acetoclor	Harness 90 EC	4.29	litro
		Inex	0.21	litro
4	Acetoclor	Harness 90 EC	4.00	litro
	Terbutrina	Samba 50 SC	3.00	litro
	Atracina	Atranex 90 WG	1.81	kilo
	2,4-D - Picloram	Espuela 30.4SL	0.65	litro
		Inex	0.21	litro
5	Amicarbazone	Dinamic 70 WG	2.00	kilo
6	Testigo absoluto			

Fuente: elaboración propia 2018.

2.5.2. Unidad experimental

Cada unidad experimental se conformó por seis surcos de 10 m de longitud y 1.50 m de distanciamiento entre surcos, equivalente a 90 m². Entre cada longitud de la unidad se dejó de por medio 1 m para reducir el efecto de borde o deriva del herbicida. La parcela total del experimento tuvo un área de 3,510 m² (figura 28A).

2.5.3. Variables de respuesta

A. Porcentaje de control de la jaibilla

Para calcular el porcentaje de control de jaibilla, se realizaron dos muestreos, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas. Contabilizando el número de plantas de jaibilla por m² en las unidades experimentales, los resultados del tratamiento T6 (testigo absoluto) fueron utilizados como referencia para definir el porcentaje de cobertura de jaibilla para los demás tratamientos. El cálculo de porcentaje de control se realizó con ayuda de una boleta de campo (cuadro 19A). Para calcular tal efecto, se empleó la ecuación:

$$\text{Porcentaje de control} = \left(\frac{1 - (\text{porcentaje de cobertura de planta tratadas})}{\text{porcentaje de cobertura de plantas sin tratar}} \right) * 100$$

Luego de calcular el porcentaje de control de jaibilla para los tratamientos, los resultados fueron contrastados con el cuadro 12 para definir la categoría a la que pertenece cada tratamiento según el porcentaje de control.

Cuadro 12. Porcentaje de eficiencia sobre el control de maleza evaluada, escala European Weeds Research Society.

Porcentaje de control	Categoría
Menor a 50	Deficiente
Entre 50 y 69	Bajo
Entre 70 y 84	Bueno
Entre 85 y 94	Muy bueno
Igual o mayor que 95	Excelente

Fuente: Patzán, 2015.

B. Altura de caña de azúcar

Para esta variable se realizaron dos muestreos, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas, para determinar la existencia de algún efecto fitotóxico, que pudiera provocar estrés al cultivo de caña de azúcar, limitar su desarrollo en altura.

Para la recolección de datos, se seleccionaron 10 plantas al azar del tercer surco en 5 m lineales, con la ayuda de una cinta metica y una boleta de campo (cuadro 19A). Se procedió a medir las plantas desde el suelo hasta la primera hoja. Posterior a esto se calcularon los promedios por cada tratamiento.

C. Carga química de los herbicidas

Se realizó el cálculo de carga química o carga de ingrediente activo para cada tratamiento evaluado. Tema importante dentro de la zona, para regir las aplicaciones según el normativo BONSUCRO, este normativo tiene como indicador, no sobrepasar 5 kg/ha de ingrediente activo en aplicaciones de plaguicidas en una cosecha. Por tal razón se evaluaron los tratamientos en busca de alternativas químicas para disminuir las cantidades de ingrediente activo aplicadas al suelo. Los resultados se obtuvieron al multiplicar las dosis con las concentraciones de ingrediente activo de cada herbicida.

D. Análisis de costos de los tratamientos

Se analizaron los datos de los días control en función de los costos.

- Según la escala de control mínimo aceptable sobre las malezas que maneja CENGICAÑA, hace referencia que un 80 % de control hace efectiva la aplicación, determinado de esta manera los días control efectivos en cada tratamiento, este dato se utilizó para calcular el costo por día de cada tratamiento (CENGICAÑA, 2014).
- Partiendo del precio de cada producto (dato proporcionado por las casas comerciales participantes para el año 2018), se procedió a calcular el costo total de mezcla de cada tratamiento en ha, el costo por día de cada tratamiento se obtuvo de dividir el costo total de cada mezcla por el total de los días control obtenidos en cada tratamiento.

2.5.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño en bloques completos al azar, con seis repeticiones. El modelo matemático estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Dónde:

Y_{ij} Es la variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ Es la media general de la variable respuesta,

τ_i El efecto del i -ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable respuesta.

β_j Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} Es el error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

2.5.5. Manejo agronómico del experimento

A. Delimitación de parcelas

Se realizó un estaquillado para delimitar los tratamientos y repeticiones a evaluar (figura 24), según aleatorización realizada (figura 28A), se procedió a identificar cada unidad experimental.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 24. Estaquillado para delimitar la parcela experimental.

B. Equipo

La aplicación se realizó con una asperjadora de mochila con capacidad de 16 L, con boquilla TQ 15008 SS (figura 25), cubetas y probetas necesarias para realizar la medición de los tratamientos evaluados.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 25. Boquilla utilizada en la aplicación del ensayo.

C. Calibración

Previo a la aplicación, se realizó la calibración del equipo a utilizar. El equipo fue revisado para detectar algún desperfecto que pudiera afectar la descarga de las boquillas tales como: palancas atascadas, boquillas tapadas, filtros sucios, etc.

Los pasos que se efectuaron fueron:

- 1.) Llenado de bomba con agua.
- 2.) Aplicación en las parcelas, buscando un paso constante.
- 3.) Corrección de la altura de la lanza cuando fue necesario, buscando una altura estable de 70 cm despegado del suelo.
- 4.) Al terminar la aplicación se midió el sobrante contenido en la asperjadora de mochila, es decir se vació la bomba y mangueras. El volumen aplicado está dado por la siguiente fórmula: $VA = VF - VI$, donde VI es el volumen inicial y VF el volumen final (sobrante).
- 5.) Se repitieron los pasos 1 al 4.
- 6.) Se promediaron los valores de VA. El objetivo es saber el volumen de agua para la aplicación de los tratamientos.

D. Formulación de dosis

De acuerdo a su definición, dosificar es determinar la cantidad proporcional de la solución. La fuente más confiable de información que se puede tener acerca de un plaguicida, la encontramos en la etiqueta y normalmente es en el panel o lado derecho de la misma en donde se encuentran las dosificaciones recomendadas.

E. Selección de productos herbicidas

Según la naturaleza del problema (maleza dominante, propagación dentro de la zona, el suelo, cultivos vecinos, etc.) se definieron las mezclas de herbicidas a utilizar. En la selección de los herbicidas, se incluyó la mezcla utilizada en zona tres para controlar malezas de hojas anchas y gramíneas (tratamiento 4). Esto se realizó con el fin de comparar los resultados de los tratamientos evaluados y determinar alternativas de mezclas de herbicidas para el control de maleza jaibilla.

F. Aplicación de los tratamientos

Al momento de la aplicación se procedió a realizar las mezclas de herbicidas e incluir 10 % más de producto, por efectos de error, que se tienen al momento de realizar las aplicaciones. Los tratamientos de herbicidas se realizaron en preemergencia de la jaibilla y del cultivo de caña de azúcar (3 días después de la cosecha del cañal), para aumentar los porcentajes de control de jaibilla.

G. Condiciones de la aplicación

Al momento de la aplicación, las condiciones climáticas fueron adecuadas; humedad en el suelo y con velocidad del viento de 1.30 km/hora, dato obtenido de un anemómetro. Utilizando un volumen de agua para la aplicación de 200 L/ha, en base a este volumen se calcularon las dosis de cada herbicida. La aplicación se realizó de 6:30 am a 8:30 am, evitando pérdidas por deriva ocasionadas por el viento (figura 26).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 26. Aplicación de herbicidas preemergentes para el control de jaibilla.

2.5.6. Análisis de la información

Con el software estadístico InfoStat versión estudiantil se realizó un análisis de varianza para las variables porcentaje de control de jaibilla y altura del cultivo de caña, verificando el cumplimiento de los supuestos que validan el modelo estadístico-matemático para determinar la existencia o no de diferencias significativa (Morales *et al.*, 2009).

Para las variables que presentaron diferencias significativas se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey (con nivel de significancia de $\alpha = 0.10$).

Para el análisis de carga química se realizó un gráfico con el fin de comparar el resultado de ingrediente activo para cada tratamiento.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se realizó en un área con alta infestación de malezas jaibilla, idónea para evaluar el porcentaje de control de la misma, la toma de datos fue realizado 20 y 40 días después de aplicado los tratamientos (cuadros 20A y 21A).

Previo al ANDEVA del porcentaje de control de jaibilla y altura del cultivo de caña de azúcar, se realizó un análisis para comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los residuos. Utilizando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (cuadros 22A y 23A) y el Q-Q plot (figuras 29A, 30A, 33A y 34A) se demuestra que el nivel de significancia 0.10 es menor que el nivel de significancia analizado, afirmando que los datos de las variables siguen una distribución normal.

La homocedasticidad, dispersión de predichos y residuos estudentizados (figuras 31A, 32A, 35A y 36A) no muestra ningún patrón asociado a la heterosedasticidad.

2.6.1. Porcentaje de control de jaibilla

En el cuadro 20A se presentan los resultados promedios del primer y segundo muestreo para la variable porcentaje de control de jaibilla, datos utilizados para realizar el análisis de varianza con nivel de significancia de $\alpha = 0.10$ (cuadros 24A y 25A). En el cuadro 13 se presenta el resumen del análisis de varianza para analizar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas.

Parámetros biométricos	F	P-valor	CV
Porcentaje de control de jaibilla (20 dda)	12.83	<0.0001	41.64
Porcentaje de control de jaibilla (40 dda)	26.05	<0.0001	28.06

dda: días después de la aplicación, F : Valor de distribución, CV: coeficiente de variación.

Bajo las condiciones del experimento P-valor resulto ser menor que el nivel de significancia 0.10, indicando diferencias significativas para los resultados del primer y segundo muestreo de la variable porcentaje de control de jaibilla, procediendo a realizar la prueba de Tukey para determinar el tratamiento con mejor control de jaibilla (cuadros 14 y 15). El coeficiente de variación indica que mientras más alto sea, mayor heterogeneidad

existe en los valores de la variable, esto se debe al comportamiento de los herbicidas, dado que no fueron los mismos ingredientes activos.

Según el resultado del análisis de Tukey utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.10$. Para el primer muestreo realizado a los 20 días después de aplicación (cuadro 14), los tratamientos T3, T2, T4 y T5 estadísticamente presentan porcentajes de control para la jaibilla significativamente igual.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los herbicidas.

Tratamiento	Medias	n	E.E		
T3. flumioxazin, acetoclor	92.47	6	10.44	A	
T2. amicarbazone, pendimetalina, terbutrina	91.67	6	10.44	A	
T4. acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	86.12	6	10.44	A	
T5. Amicarbazone	63.88	6	10.44	A	B
T1. saflufenacil, pendimetalina, terbutrina	34.47	6	10.44		B C
T6. testigo absoluto	0.00	6	10.44		C

En base a los resultados, el tratamiento con mayor porcentaje de control, más no el mejor, fue el T3 (flumioxazin, acetoclor), según Ángel (2014), recomienda estas moléculas en aplicaciones de preemergencia, asegurando un control de 14 días después de la emergencia de caña de azúcar. Inhibiendo el crecimiento del hipocótilo y la radícula ocasionándole la muerte de la jaibilla (CENGICAÑA, 2013). El testigo absoluto (tratamiento 6) no controla las poblaciones de jaibilla.

Para el segundo muestreo, 40 días después de la aplicación, según el resultado del análisis de Tukey utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.10$ (cuadro 15), se observa estadísticamente un control de jaibilla significativamente igual en los tratamientos T4, T3, T5 y T2. Con mayor porcentaje de control de jaibilla, más no así el mejor, para el tratamiento T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram).

Cuadro 15. Prueba de media de Tukey ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los herbicidas.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T4. acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	91.00	6	7.03	A
T3. flumioxazin, acetoclor	88.17	6	7.03	A
T5. Amicarbazone	77.33	6	7.03	A
T2. amicarbazone, pendimentalina, terbutrina	75.50	6	7.03	A
T1. saflufenacil, pendimentalina, terbutrina	36.33	6	7.03	B
T6. testigo absoluto	0.00	6	7.03	C

Los resultados 40 días después de la aplicación de los tratamientos, muestra que el comportamiento de los tratamientos T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) y T3 (flumioxazin, acetoclor), tienen un porcentaje de control de jaibilla catalogado como Muy bueno, según la escala de European Weeds Research Society (cuadro 12). Parámetros que utiliza el Departamento de Malezas y Madurante del Ingenio Madre Tierra, el cual consiste en tener un 80 % de control, 40 días después de aplicado los tratamientos (Callejas 2018).

En zona tres de producción la mezcla de herbicidas acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram (tratamiento 4) es utilizada para el control de malezas. Se contempla la molécula de atrazina para el control la jaibilla en preemergencia, 2,4-D–picloram para el control de algún escape de jaibilla emergida y la terbutrina y acetoclor para el control de las gramíneas. Realizando un balance en las mezclas para el control de hojas anchas y gramíneas (Aguirre, 2018).

2.6.2. Fitotóxicidad de tratamientos según variable altura del cultivo de caña

Según Solórzano (2011), muchos herbicidas causan efectos fitotóxicos al cultivo, provocándole un estrés en su desarrollo (desarrollo de altura lento, malformaciones, clorosis y/o necrosis de hoja). Por ello uno de los objetivos de esta investigación fue determinar el efecto de la fitotóxicidad causado por los herbicidas preemergentes.

En el cuadro 21A se presentan los resultados de promedios del primer y segundo muestreo para la variable altura de la planta de caña de azúcar. El tratamiento testigo absoluto, muestra menor crecimiento del cultivo, debido a la persistencia de la maleza jaibilla, mostrando un concepto de competencia y alelopatía. Esta maleza tiene la

capacidad de competir por recursos limitantes del medio tales como agua, luz, nutrientes, dióxido de carbono y espacio, ocasionando retrasos en el desarrollo y pérdidas en la producción (SAUCEDO, 2015).

Para esta variable se realizó el análisis de varianza (cuadros 26A Y 27A). Utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.10$. En el cuadro 16 se muestra el resumen del análisis de varianza del primer y segundo muestreo para la variable altura del cultivo.

Cuadro 16. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable alturas del cultivo, 20 y 40 días después de aplicado los herbicidas.

Parámetros biométricos	F	P-valor	CV
Altura de la caña de azúcar (20 dda)	2.41	0.0645	19.26
Altura de la caña de azúcar (40 dda)	0.28	0.9176	16.04

dda: días después de la aplicación, F : Valor de distribución, CV: coeficiente de variación.

En el primer muestreo se observa que P-valor es menor que el nivel de significancia 0.10, indicando diferencias significativas para la variable altura del cultivo de caña de azúcar, procediendo a realizar la prueba de Tukey para determinar el tratamiento con mejor resultados (cuadro 17). El coeficiente de variación indica que mientras más alto sea, mayor heterogeneidad existe en los valores de la variable, esto se debe al comportamiento de los herbicidas, dado que no fueron los mismos ingredientes activos.

Para el segundo muestreo P-valor es mayor que el nivel de significancia 0.10, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos según la variable altura de caña de azúcar. El crecimiento y desarrollo en altura del cultivo mostrando uniformidad debido a la residualidad que tubo cada herbicida sobre el cultivo, degradándose parcial o totalmente, no presentando daño fitotóxico y/o estrés 40 días después de aplicado, otro factor que pudo influir es que para el segundo muestreo las malezas presentes ya estaban establecidas, desarrollándose y compitiendo con el cultivo.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los herbicidas.

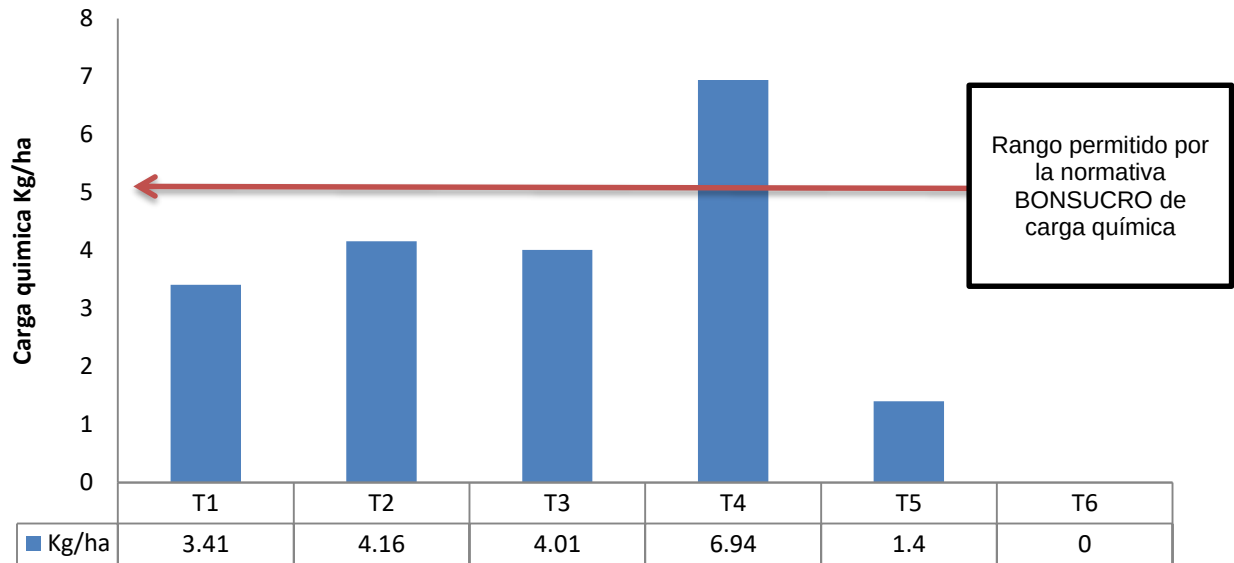
Tratamiento	Medias	n	E.E		
T4. acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	8.22	6	0.53	A	
T2. amicarbazone, pendimentalina, terbutrina	7.18	6	0.53	A	B
T3. flumioxazin, acetoclor	6.70	6	0.53	A	B
T5. Amicarbazone	6.48	6	0.53	A	B
T1. saflufenacil, pendimentalina, terbutrina	6.13	6	0.53		B
T6. testigo absoluto	5.95	6	0.53		B

Se observa significativamente igualdad en alturas del cultivo de caña de azúcar, entre los tratamientos T4, T2, T3 y T5. Debido que los herbicidas sistémicos y de contacto suelen provocar cierto estrés al cultivo por el modo de acción que cada uno tiene (Callejas, 2018). A diferencia con el tratamiento testigo absoluto que presento condiciones de constante competencia con las malezas presentes. Los tratamientos aplicados con herbicidas cuentan con mejor desarrollo en alturas.

2.6.3. Carga máxima de ingrediente activo según BONSUCRO

En la figura 27 se presentan los resultados de las medias de carga química (ingrediente activo) aplicado al suelo en el momento de realizar las aplicaciones de herbicidas. Para el estándar de producción, según el indicador agroquímico de BONSUCRO no se debe sobrepasar los 5 kg/ha de ingrediente activo por año (BONSUCRO, 2015) para minimizar la contaminación del aire, suelo y agua.

Limitando utilizar solamente productos registrados y según los índices aprobados por BONSUCRO. El tratamiento 6 (testigo absoluto) presenta una carga química de cero por obvia razón, de no haber aplicado ningún herbicida en el tratamiento.



T1 = saflufenacil, pendimetalina, terbutrina, T2 = amicarbazone, pendimetalina, terbutrina, T3 = flumioxazin, acetoclor, T4 = acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram, T5 = amicarbazone, T6 = testigo absoluto.

Figura 27. Comparación de carga química entre tratamientos (kg/ha) según el normativo BONSUCRO.

Se estableció una línea horizontal que cruza el eje Y sobre el valor de 5 kg/ha de ingrediente activo, según lo establece el normativo BONSUCRO (Callejas, 2018)

Analizando el resultado promedio de carga química bajo el normativo BONSUCRO se puede observar que el tratamiento comercial de la zona T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram) sobrepasó el rango permitido con 6.94 kg/ha de ingrediente activo en la primera aplicación de herbicida, sin tomar en cuenta las cargas químicas de agroquímicos de labores futuras.

Si nos apegamos al normativo BONSUCRO, la mejor opción para una primera aplicación de plaguicidas sería el tratamiento T5 (amicarbazone) por su bajo aporte de carga química al suelo. Para luego seguir con las demás prácticas como aplicación de insecticidas y una segunda aplicación de herbicida llamada de cierre (posemergente), para estar dentro de rango permitido y no sobrepasar la cantidad de carga química mencionada.

Según Aguirre (2018), indica que el control preemergente de malezas es fundamental para la producción de caña de azúcar, aprovechando las ventanas de aplicación para eliminarlas y evitar que estén presentes dentro de los cultivos de caña de azúcar, afectando su desarrollo y baja producción en cosecha.

2.6.4. Costo de control

Con los datos de porcentaje de control de jaibilla 40 días después de la aplicación de herbicidas (cuadro 15) se calcularon los días control por tratamiento, determinando el costo que tiene cada día de control (cuadro 18). Se muestra que los tratamientos T3 (flumioxazin, acetoclor), T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram) tienen mejores resultados, con un control de jaibilla arriba de 40 días. El tratamiento con menor días de control aparte del tratamiento testigo T6, es el tratamiento T1 (saflufenacil, pendimentalina, terbutrina) el cual solo alcanzo 18 días de control para jaibilla.

Cuadro 18. Resumen de costos por tratamientos; días control para la jaibilla y costo por cada día de control (fecha de adquisición de los productos 13/4/2018).

Tratamiento	Costo de mezcla por ha (Q.)	Días control	Costo por día (Q.)
T1. Saflufenacil, pendimentalina, terbutrina	Q. 545.04	18	Q. 30.28
T2. Amicarbazone, pendimentalina, terbutrina	Q. 650.19	38	Q. 17.11
T3. Flumioxazin, acetoclor	Q. 492.61	44	Q. 11.19
T4. Acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	Q. 375.05	46	Q. 8.15
T5. Amicarbazone	Q. 604.00	39	Q. 15.48
T6. Testigo absoluto	Q. 0.00	0	Q. 0.00

En el cuadro 18, se presentan los precios de los tratamientos según los días de control para la jaibilla. Identificando los tratamientos más caros los cuales son: T1 (saflufenacil, pendimentalina, terbutrina) con un costo por ha de Q. 545.04 dando un valor de Q. 30.28 por 18 días de control, el cual es un control muy elevado en precio y con pocos días control, el segundo tratamiento elevado en precio es el Tratamiento T2 (amicarbazone, pendimentalina, terbutrina) con un costo por ha de Q. 650.19, dando un valor de Q. 17.11 por 38 días, siendo una buena alternativa por los días de control que ofrece.

Lo recomendable es la mezcla que ofrece un control de jaibilla arriba del 80 %, 40 días después de aplicado los tratamientos, con menor precio de mezcla por ha y costo por día, el cual es el tratamiento T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) con un valor por ha de Q. 375.05 o lo que equivale a Q. 8.15 por cada día de control (durante 46 días).

2.7. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del experimento se concluye:

1. Los tratamientos de herbicidas preemergente evaluados en la investigación, no presentaron diferencias significativas en los porcentajes de control de jaibilla dentro del cultivo de caña de azúcar.
2. Los tratamientos que mostraron mayores días control para jaibilla fueron T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) y T3 (flumioxazin, acetoclor) con porcentajes de control arriba del 80 %, alcanzando los 40 días de control comparados con el testigo absoluto.
3. Para altura del cultivo, 40 días después de aplicado los herbicidas, no mostro ningún efecto de estrés o fitotóxicidad que limitara el desarrollo del cultivo, obteniendo resultados sin diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.
4. El tratamiento que aporó mayor carga química al suelo para control preemergente de jaibilla fue el T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) siendo el único tratamiento que superó los 5 kg/ha de Ingrediente activo por año según lo permitido por el normativo B0NSUCRO.
5. El tratamiento que presento un mejor resultado en costo por día de control para jaibilla fue T4 (acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D–picloram) con un costo por ha de Q. 375.05 y un costo por día de Q. 8.15 con 46 días de control.

2.8. RECOMENDACIONES

1. El control de malezas en caña de azúcar deben ser practicas integradas (control cultural, control mecánico y control químico), para aumentar los porcentajes de control en los diferentes tipos de malezas presentes dentro de la zona.
2. En áreas con altos porcentajes de jaibilla, se recomienda realizar aplicaciones con acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D-picloram (tratamiento 4) o flumioxazin, acetoclor (tratamiento 3) con las dosis evaluadas. Ambos tratamientos brindan una eficiencia de control arriba del 80 %, sobrepasando los 40 días control para la jaibilla. Estas mezclas pueden utilizarse en rotaciones, para evitar resistencia en los ingredientes activos.
3. Darle seguimiento a la investigación realizando una segunda aplicación (segundo control químico de maleza), con los tratamientos que presentaron mayores días control en este experimento. Llevándolo hasta cosecha, comparando las toneladas de caña por hectárea (TCH), de cada tratamiento y realizar un análisis de costo-beneficio.
4. Realizar investigaciones con los productos de mayores días control que se definieron en este documento, aplicando los herbicidas en posemergencia temprana. Debido a sus características mencionadas, evaluando porcentaje de control para la maleza de interés y fitotóxicidad que pudiese provocar al cultivo.
5. Realizar nuevos ensayos de las mezclas con mejores resultados, evaluando diferentes dosis, para mejor control de la maleza jaibilla dentro del cultivo de caña de azúcar.
6. Continuar con investigaciones, en búsqueda de alternativas de agroquímicos para no sobrepasar el rango permitido según el normativo BONSUCRO (5 kg/ha de ingrediente activo al suelo por año).

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre Solís, El. 2018. Tipos de Control maleza (manual químico y mecánico) en el cultivo de caña de azúcar (entrevista). Guatemala, Escuintla, Ingenio Madre Tierra, Gerente de Zona tres de producción.
2. Angel, D. 2014. Ficha técnica, Pledge 51 WG (en línea). Bogotá, Colombia Consultado 20 diciembre. 2018. Disponible en <https://docplayer.es/21125467-Ficha-tecnica-pledge-51wg.html>
3. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, Guatemala). (2016). Producción de caña de azúcar (en línea, sitio web). Guatemala, Guatemala. Consultado 12 diciembre. 2019. Disponible en <http://webstrategy.com/datos-estadisticos/>
4. BASF (Baden Aniline and Soda Factory, Alemania). (2015). Ficha técnica, Heat 70 WG (en línea). Puerto Rico. 3 p. Consultado 9 enero. 2019. Disponible en http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/heat_06-07-2015.pdf
5. Better Sugar Cane Initiative. (2014). Guía para el estándar de producción (en línea). Londres. 157 p. Consultado 12 diciembre. 2018. Disponible en <https://www.bonsucro.com/wp-content/uploads/2017/04/Bonsucro-PS-GDC-Spanish-6.pdf>
6. _____. 2015. Estándar de producción BONSUCRO (en línea). Londres. 59 p. Consultado 12 diciembre. 2018. Disponible en https://www.bonsucro.com/wp-content/uploads/2017/01/ES_BonsucroStandard_v4.1.1_all.pdf
7. Callejas, ZA. 2018. Porcentaje de control permitido para las malezas presentes en las zonas de producción (entrevista). Guatemala, Escuintla, Ingenio Madre Tierra, Asistente del departamento de malezas y madurantes.
8. CENGICANÁ (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). (2014). El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (en línea). Escuintla, Guatemala. 512 p. Consultado 28 marzo. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>



9. _____.2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Espinoza Véliz, G.; Hernandez, C.: y Morales, J. (en línea). Escuintla, Guatemala. 117 p. Consultado 28 marzo. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>

10. Estrada Marroquín, AR. 2015. Alternativas químicas para el control de coyolillo (*Cyperus rotundus*) en caña de azúcar (en línea). Tesis Ing. Agro. Escuintla, Guatemala. 49 p. Consultado 28 marzo. 2018. Disponible en <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Estrada-Angel.pdf>

11. FAO (Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura, Italia). (1998). Período crítico de interferencia de las malezas en caña de azúcar (en línea). Roma, Italia. Consultado 20 enero. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s00.htm#contents>

12. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). (2018). Datos meteorológicos costa sur (en línea). Escuintla, Guatemala. Consultado 3 marzo. 2018. Disponible en http://www.insivumeh.gob.gt/?page_id=993

13. Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Escuintla, Guatemala. 131 p.

14. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2003. Aproximación al mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, república de Guatemala a escala 1:50,000 (en línea). Guatemala. Consultado 3 marzo. 2018. Disponible en <https://www.maga.gob.gt/download/cobertura-vt.pdf>

15. Martínez, O; Pineda, L. 2000. Manual de prácticas de laboratorio para el curso de ecología y control de malezas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40.p

16. Monsanto Company. 2005. Ficha técnica, Harness 90 EC (en línea). México. 12 p. Consultado 20 diciembre. 2018. Disponible en http://www.duwest.com/user_files/uploads/images/Harness_90_EC.pdf

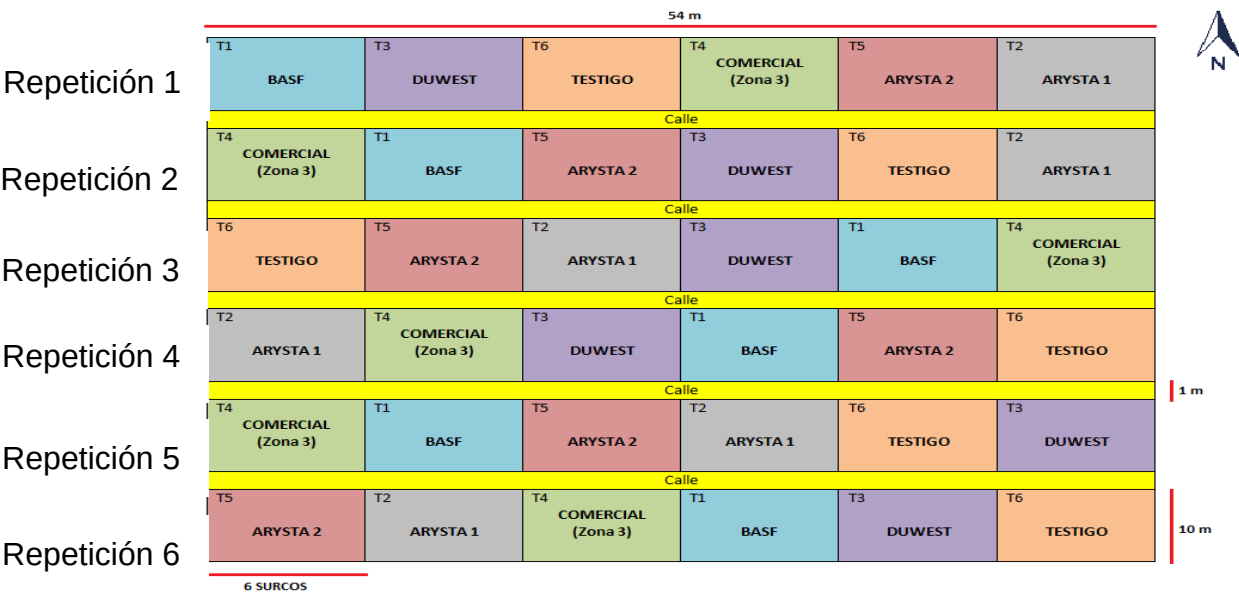
17. Morales, J; Queme JL; Melgar, M. 2009. Infostat, manual de uso. Ejemplos de los principales métodos estadísticos utilizados en la industria cañera (en línea). Escuintla,



- Guatemala, CENGICAÑA. 43 p. Consultado 9 enero. 2019. Disponible en <https://studylib.es/doc/7549875/manual-infostat---centro-guatemalteco-de-investigaci%C3%B3n-y>
18. M&B Técnica agrícola, S.A. 2020. Los herbicidas (en línea, sitio web). Consultado el 5 mayo. 2022. Disponible en <https://youtu.be/n-FnTHGKgh0>
 19. _____. 2021. Manejo de malezas para el cultivo de caña de azúcar (en línea, sitio web). Consultado el 5 mayo. 2022. Disponible en <https://tamb.squarespace.com/cursos-1>
 20. Patzán Boch, KV. 2015. Evaluación de la eficacia de siete mezclas de herbicidas para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) (en línea). Trabajo de graduación, FAUSAC. Escuintla, Guatemala, 146 p. Consultado 20 diciembre. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2332/>
 21. Ramírez, PJ. 2017. Ficha técnica, Dinamic 70 WG (en línea). Colombia, ARYSTA LIFESCIENCE. 4 p. Consultado 20 diciembre. 2018. Disponible en [http://www.arysta.com.co/PDF-FILES/Dinamic/F.T.%20DINAMIC%2070%20WG%20\(vr.%202\).pdf](http://www.arysta.com.co/PDF-FILES/Dinamic/F.T.%20DINAMIC%2070%20WG%20(vr.%202).pdf)
 22. Saucedo, ELL. 2015. Evaluación de la efectividad de opciones químicas para el control de malezas en la segunda aplicación en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) (en línea). Trabajo de graduación, FAUSAC. Escuintla, Guatemala, 101 p. Consultado 20 diciembre. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5940/1/Trabajo%20de%20Graduaci%C3%B3n.pdf>
 23. Solórzano Hernández, ED, 2011. Evaluación del efecto del herbicida preemergente indaziflam para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum spp.*, plantía, en época de lluvia (en línea). Trabajo de graduación. Escuintla, Guatemala, FAUSAC. 138 p. Consultado 19 diciembre. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6670/>
 24. Vibrans, H. 2009. Cucurbitaceae (*Momordica charantia* L.) Melón amargo (en línea, sitio web). Consultado el 9 diciembre. 2018. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cucurbitaceae/momordica-charantia/fichas/pagina1.htm>



2.10. ANEXO



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28A. Aleatorización y distribución de tratamientos en el área de investigación.

Cuadro 19A. Boleta de campo para recolección de datos.

Densidad de Jabilla por m²

Altura promedio del cañal (cm)

Muestreo realizado por: _____

Fecha de muestreo: _____

Numero de muestreo: _____

Tratamientos	Repeticiones					
	1	2	3	4	5	6
T1. Saflufenacil, pendimetalina, terbutrina						
T2. Amicarbazone, pendimetalina, terbutrina						
T3. Flumioxazin, acetoclor						
T4. Acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram						
T5. Amicarbazone						
T6. Testigo absoluto						

Observación: _____

Fuente: elaboración propia, 2018.

A. Resumen de resultados para cada variables evaluada

Cuadro 20A. Promedio de porcentajes del control de jaibilla, 20 y 40 días después de aplicado los tratamientos.

Tratamientos	20 dda	40 dda
T1. saflufenacil, pendimentalina, terbutrina	34.5	36.3
T2. amicarbazone, pendimentalina, terbutrina	91.7	75.5
T3. flumioxazin, acetoclor	92.5	88.2
T4. acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	86.1	91.1
T5. Amicarbazone	63.9	77.3
T6. testigo absoluto	0.0	0.0

dda = días después de aplicado.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 21A. Promedio de alturas del cultivo, 20 y 40 días después de aplicado los tratamientos.

Tratamientos	20 dda	40 dda
T1. saflufenacil, pendimentalina, terbutrina	6.1	19.6
T2. amicarbazone, pendimentalina, terbutrina	7.2	19.8
T3. flumioxazin, acetoclor	6.7	18.8
T4. acetoclor, terbutrina, atrazina, 2,4-D - picloram	8.2	19.1
T5. Amicarbazone	6.5	18.3
T6. testigo absoluto	6.0	18.2

dda = días después de aplicado.

Fuente: elaboración propia, 2018.

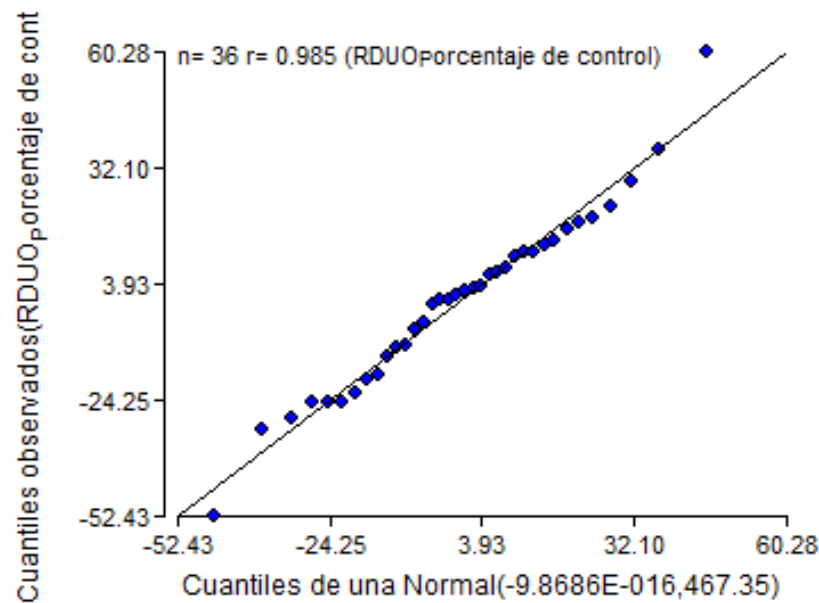
B. Resultados estadísticos del experimento

a. Supuestos del análisis de datos del porcentaje de control de jaibilla y altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos

Cuadro 22A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para las variables porcentaje de control y altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.

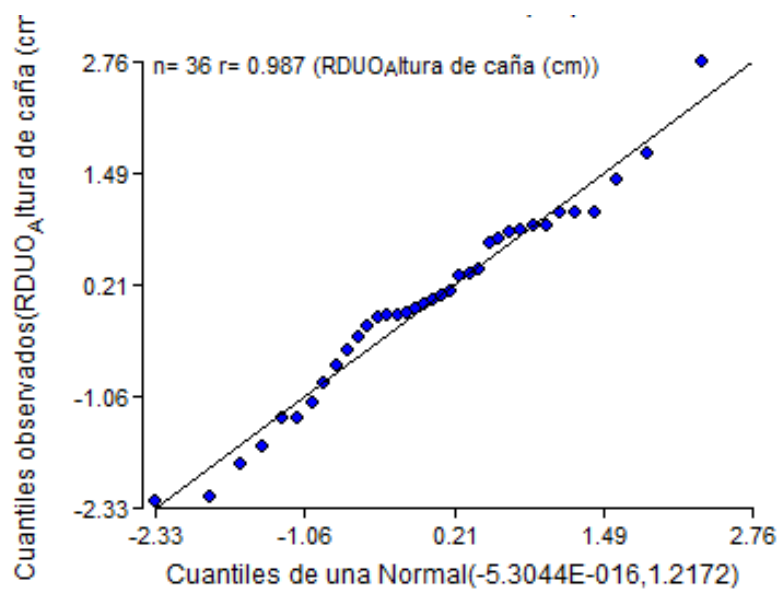
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_%Control	36	0.00	21.62	0.99	0.9902
RDUO Altura de caña (cm)	36	0.00	1.10	0.97	0.7550

Fuente: elaboración propia, 2018.



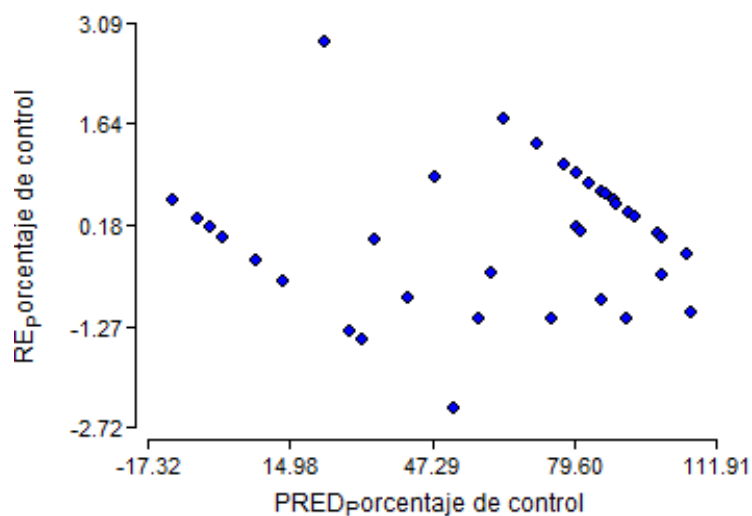
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29A. Q-Q plot para los residuos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.



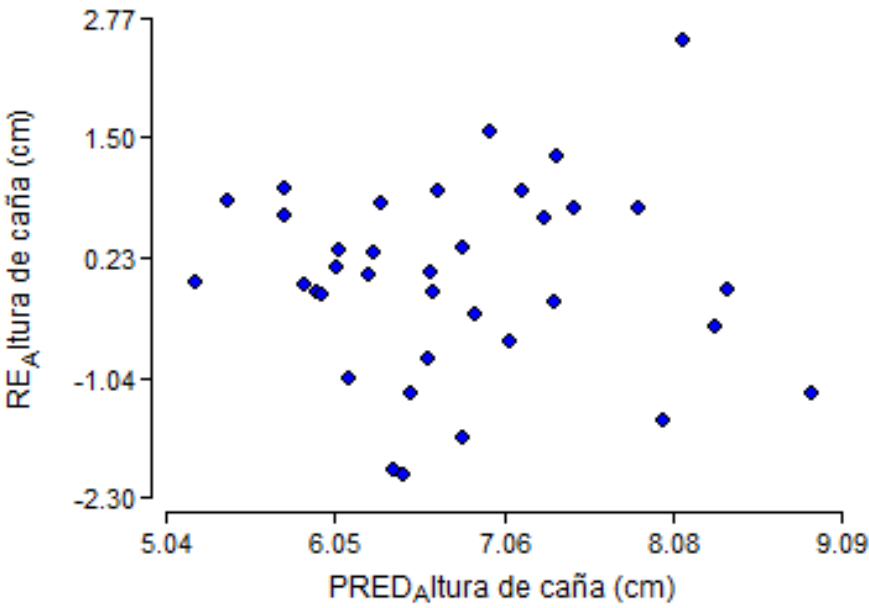
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30A. Q-Q plot para los residuos de la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31A. Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

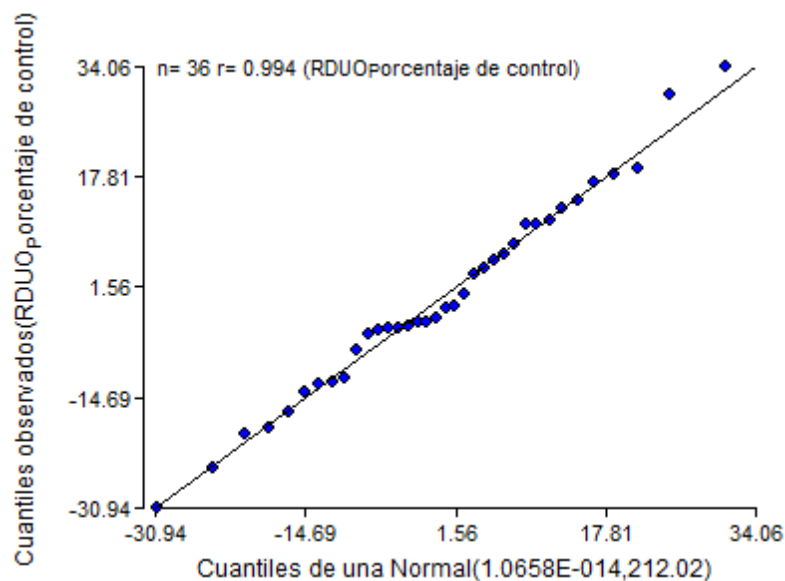
Figura 32A. Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable altura del cultivo, 20 días después de aplicado los tratamientos.

C. Supuestos del análisis de datos del porcentaje de control de jaibilla y altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos

Cuadro 23A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para las variables porcentaje de control y altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.

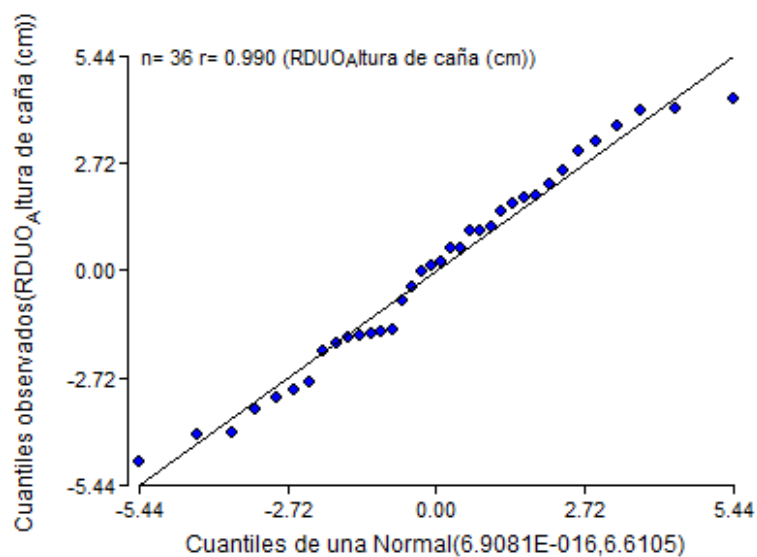
Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO_ % Control	36	0.00	14.56	0.98	0.9115
RDUO_Altura de caña (cm)	36	0.00	2.57	0.94	0.1763

Fuente: elaboración propia, 2018.



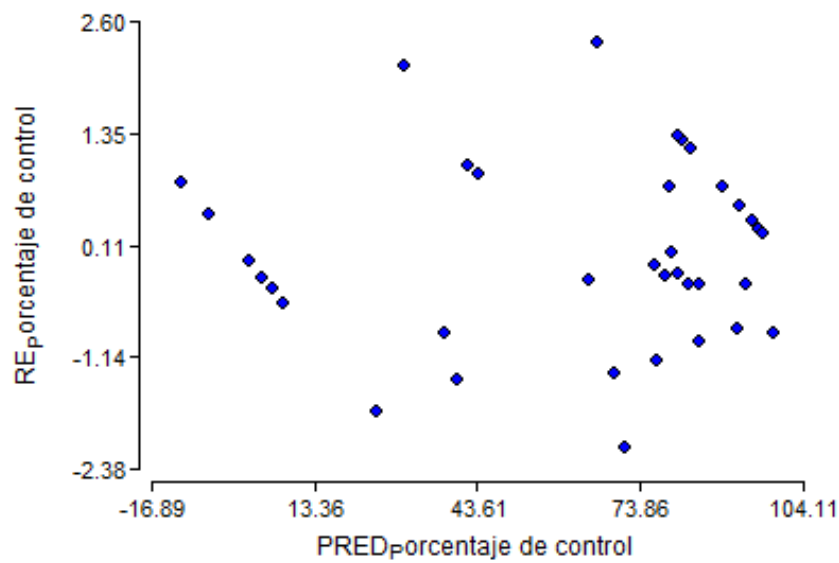
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33A Q-Q plot para los residuos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.



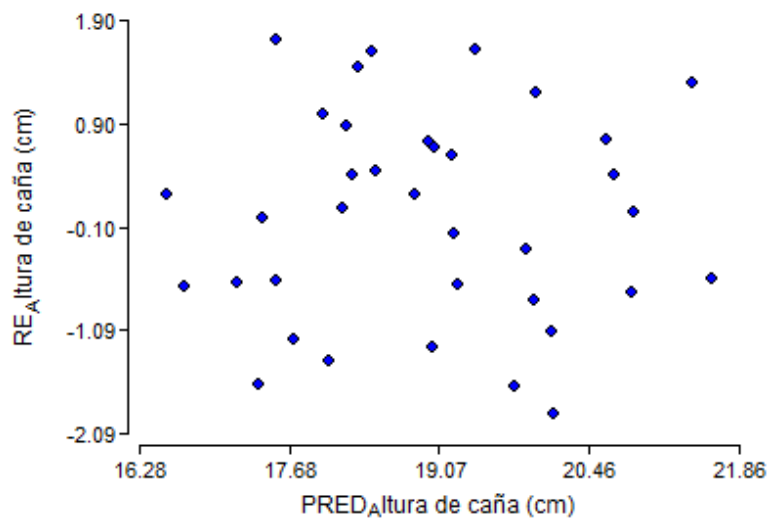
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34A. Q-Q plot para los residuos de la variable altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35A. Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36A. Dispersión de los supuestos estudentizados y predichos de la variable altura del cultivo, 40 días después de aplicado los tratamientos.

D. Análisis de ANDEVA

Cuadro 24A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 20 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44428.37	10	4442.84	6.79	<0.0001
Tratamiento	41961.88	5	8392.38	12.83	<0.0001
Repetición	2466.49	5	493.30	0.75	0.5912
Error	16357.17	25	654.29		
Total	60785.54	35			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 25A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable porcentaje de control de jaibilla, 40 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40295.78	10	4029.58	13.58	<0.0001
Tratamiento	38661.56	5	7732.31	26.05	<0.0001
Repetición	1634.22	5	326.84	1.10	0.3847
Error	7420.78	25	296.83		
Total	47716.56	35			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 26A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura de cultivo (cm), 20 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.16	10	2.72	1.59	0.1661
Tratamiento	20.57	5	4.11	2.41	0.0645
Repetición	6.59	5	1.32	0.77	0.5778
Error	42.60	25	1.70		
Total	69.76	35			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 27A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura de cultivo (cm), 40 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	61.50	10	6.15	0.66	0.7457
Tratamiento	13.12	5	2.62	0.28	0.9176
Repetición	48.37	5	9.67	1.05	0.4134
Error	231.37	25	9.25		
Total	292.86	35			

Fuente: elaboración propia, 2018.



**CAPÍTULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN ZONA TRES
DE PRODUCCIÓN DEL INGENIO MADRE TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA,
C.A.**

3.1. Presentación

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía y en respuesta a los requerimientos de zona tres de producción del Ingenio Madre Tierra, se planificaron y ejecutaron investigaciones durante el periodo de febrero a noviembre de 2018:

1. Efecto de tres bioestimulantes, en diferente dosis, aplicado en mezcla con urea, en la producción de caña de azúcar.
2. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno en complemento al programa nutricional del cultivo de caña de azúcar.

Los informes de los proyectos se incluyen en los anexos 1 y 2

3.2. Anexo 1 del Capítulo III. Efecto de tres bioestimulantes, en diferente dosis, aplicado en mezcla con urea, en la producción de caña de azúcar.

3.2.1. Introducción

Según ICIDCA (2013), la regulación del crecimiento y desarrollo de los cultivos a partir de aplicaciones de bioestimulantes es una tecnología relativamente nueva en los países en vías de desarrollo. En la actualidad se emplea un número elevado de bioestimulantes con resultados satisfactorios. Los bioestimulantes son muy eficientes cuando la planta ha sido sometida a períodos de estrés. Convirtiéndose en una opción para aumentar los rendimientos de los cultivos y disminuir porcentualmente en los costos de producción.

Se realizó este estudio, para generar información sobre el uso de bioestimulantes en caña de azúcar. El objetivo fue comparar el efecto de tres bioestimulante aplicados al suelo en diferentes dosis, mezclándolo con urea, utilizado por zona tres del Ingenio Madre Tierra. El ensayo se realizó en la Finca Limones lote 0050201 y 0050202 sector Candelarias. 68 días después de la cosecha se aplicaron los bioestimulantes, para conocer el efecto de estos se tomaron muestras de clorofila a los 106 días después de la aplicación y efectos biométricos (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha), 189 días después de la aplicación.

Como resultado de esta investigación, no se tuvo ninguna diferencia entre los tratamientos, esto fue por la aplicación de urea en todos los tratamientos, conteniendo el elemento nitrógeno, con alta movilidad dentro de la planta. Estimulando el crecimiento vegetativo, generando que los parámetros evaluados fueran similares.

3.2.2. Objetivos

A. Objetivo general

Evaluar el efecto de tres bioestimulantes en diferentes dosis, mezclado con urea en la primera fertilización de caña de azúcar.

B. Objetivos específicos

1. Comparar las unidades de clorofila, 106 días después de la aplicación.
2. Comparar parámetros biométricos (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha), 189 días después de la aplicación.

3.2.3. Marco teórico

A. Bioestimulantes

Los bioestimulantes se emplean para incrementar la calidad de cosecha de los cultivos, activando y potencializando el desarrollo de diferentes órganos (raíces, tallos, frutos, hojas, entre otros), reduciendo daños por estrés (fitosanitarios, enfermedades, frío, calor, entre otros). Los bioestimulantes determinan una mayor actividad enzimática y metabólica a las plantas, lo que se traduce en una estimulación de los procesos bioquímicos ligados a la productividad y calidad de las cosechas (Castillo, 2006).

Según Núñez (1998), los bioestimulantes actúan de dos formas en las plantas:

1. expresión interna de la planta, aumentando el nivel de prolina, proporcionándole una mayor defensa al cultivo frente a los estados de estrés, tales como hídrico, térmico, por enfermedad, condiciones climáticas y plaga.
2. expresión externa, efecto benéfico sobre:
a. La producción, con incrementos de la cosecha acompañados de una mejor calidad del cultivo, uniformidad y aumento de tamaño, menor pérdida de peso pos-cosecha, entre otros.
b. La vegetación, proporcionando un mejor desarrollo vegetativo y mayor vigor en la germinación, aumentando la zona radicular.

Según Rivera (2012), Los bioestimulantes son moléculas con una muy amplia gama de estructuras, pueden estar compuestos por hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos y ácidos orgánicos. Las plantas para su desarrollo necesitan de reguladores hormonales, capaces de controlar la actividad metabólica en función de garantizar la homeostasis intracelular y extracelular.

Las hormonas orgánicas son moléculas que se producen en una región de la planta y que se pueden trasladar a otra zona según donde actúen, o sobre algún proceso fisiológico vital en bajas concentración. Las estimuladoras o reguladoras de crecimiento son básicamente tres: auxinas, giberelinas y citoquininas. Otros dos grupos hormonales son el etileno y el ácido abscísico (Rivera 2012).

B. Auxinas

Las variedades encontradas pueden ser de tipo natural; ácido indolacético (AIA), y otras pueden ser producidas sintéticamente como el ácido indolbutírico (AIB), ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) y ácido naftalenacético (NAA). El efecto a nivel vegetal se da en la formación y elongación de tallos, producción de diferentes raíces adventicias y aumento de dominancia apical. El efecto a nivel celular se da en la división y elongación celular, diferenciación celular, promoción de la división celular meristemática, aumento de contenido osmótico celular, aumento de la permeabilidad celular, aumento de la producción proteica, disminución de la presión de la pared celular y es precursor orgánico de L-Triptofano (Alcántara *et al.*, 2019).

C. Giberelinas

También conocido como ácidos giberélicos, Las variedades encontradas pueden ser de tipo GA1, GA2 y GA3. Esta fitohormona puede ser producida por diversos microorganismos (*Pseudomonas* spp, *Bacillus* spp, *Lactobacillus* spp, *Penicillium* spp, *Trichoderma* spp, entre otros) cuando ocurren ciertas interacciones simbióticas o parasitarias (bacterias y hongos). El efecto a nivel vegetal es aumentar el desarrollo de tejidos de manera constante, elongación de raíces, hojas jóvenes, floración. Alargamiento de segmentos nodales, participan en proceso de iniciación floral, es vital en fertilidad de plantas masculinas y femeninas e induce la germinación de semillas o esquejes. El efecto a nivel celular se da en la estimulación de elongación celular en respuesta de luz y oscuridad, promueve el crecimiento embrionario, producida de manera endógena durante los procesos de germinación y desarrollo apical. Precursor de ent-Kaureno (Alcántara *et al.*, 2019).

D. Citoquininas

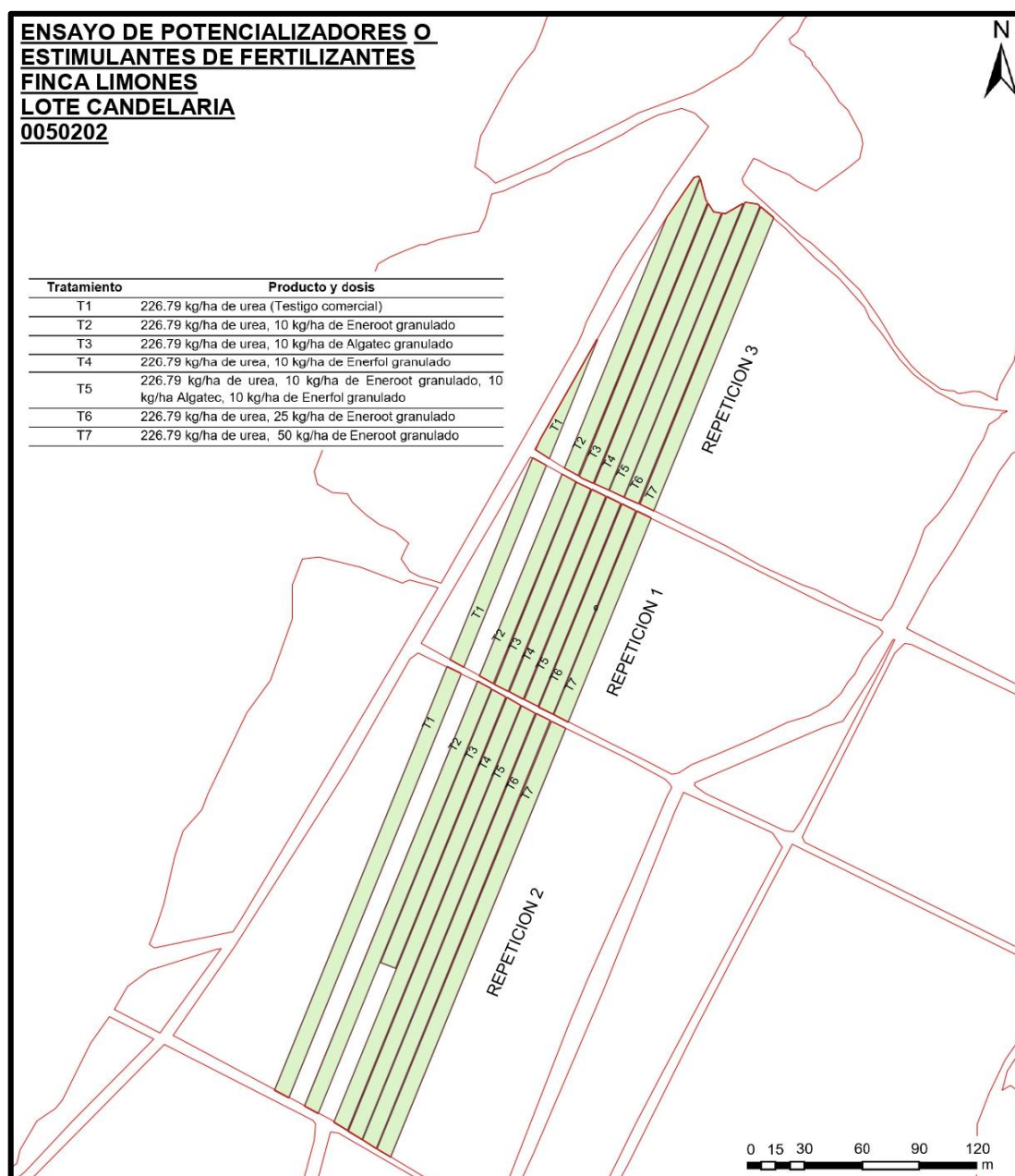
Las variedades encontradas pueden ser de tipo kinetina, zeatina, benciladenina y 4-hidroxifeniletanol. El efecto a nivel vegetal es inducir la iniciación y elongación de raíces, activar la senescencia de las hojas, estimular el desarrollo fotomorfogénico vegetal y estimular la generación de brotes axilares a nivel vegetal. El efecto a nivel celular es; sustentar e iniciar la proliferación de tejidos vegetales madre, permite producir una alta proliferación y división celular, se produce con mayor abundancia en las células de los ápices radiculares. Precursor de adenina (Alcántara *et al.*, 2019).

Según Alcántara *et al.*, (2019), la relación auxinas-citoquininas puede inducir la proliferación de células no diferenciadas (meristemos o callos vegetales), mientras que una mayor concentración de auxinas podría generar un incremento en la producción de raíces.

Una concentración mayor de citoquininas puede inducir una mayor producción de brotes vegetales (yemaciones), lo cual puede sugerir que una concentración ideal de ambas fitohormonas en un medio de cultivo estable podrían mejorar y acelerar el crecimiento vegetal (Alcántara *et al.*, 2019).

3.2.4. Metodología

Se utilizó el diseño en bloques completos al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones, con un total de 21 unidades experimentales (figura 37), cada unidad experimental se construyó en bloques de 200 m de longitud por 9 m de ancho. Se evaluaron distintas dosis de bioestimulantes (cuadro 28). La aplicación fue mecanizada con el implemento fertilizadora a los 68 días después de la cosecha.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 37. Croquis y aleatorización de tratamientos y repeticiones.

Cuadro 28. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Producto y dosis
T1	226.79 kg/ha de urea (Testigo comercial)
T2	226.79 kg/ha de urea, 10 kg/ha de Eneroot granulado
T3	226.79 kg/ha de urea, 10 kg/ha de Algatec granulado
T4	226.79 kg/ha de urea, 10 kg/ha de Enerfol granulado
T5	226.79 kg/ha de urea, 10 kg/ha de Eneroot granulado, 10 kg/ha Algatec, 10 kg/ha de Enerfol granulado
T6	226.79 kg/ha de urea, 25 kg/ha de Eneroot granulado
T7	226.79 kg/ha de urea, 50 kg/ha de Eneroot granulado

Fuente: elaboración propia 2018.

La zona de muestreo se estableció, dentro del tercer surco de cada unidad experimental, específicamente al centro de su longitud.

Para cuantificar las unidades de clorofila se utilizó un clorofilometro, 106 días después de la aplicación, seleccionando 10 plantas al azar dentro de la zona de muestreo. La información fue tomada de la hoja bandera (figura 38) realizando 10 lecturas por planta y anotando el promedio.



Fuente: elaboración propia 2018.

La toma de datos biométricos, se realizó 189 días después de la aplicación (figura 39).

Figura 38. Toma de dato, clorofila hoja bandera.

Calculando promedios de 10 plantas dentro de la zona de muestro. Se determinó; a. altura; con la ayuda de una cinta métrica desde el suelo hasta la primera hoja de la planta, b. densidad, conteo de plantas por metro lineal dentro de la zona de muestreo, c. peso, se utilizó una balanza para calcular el peso de 10 plantas y d. toneladas de caña por ha, cálculo obtenido de la relación peso y densidad.

Para el análisis de datos se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con $\alpha = 0.10$ de nivel de significancia con el software InfoStat versión estudiantil (CENGICAÑA, 2009)



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 39. Recolección de información de altura y peso

3.2.5. Resultados y discusión

Según el resumen de ANDEVA (cuadro 29A) estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo P-valor mayor que los niveles de significancia evaluados.

Se creería que el efecto del tratamiento 5 debiera ser el que presentara mejores resultados por mezclar el fertilizante de urea con aminoácidos, hormonas de crecimiento, nitrógeno, fosforo, potasio y elementos menores. Convirtiéndose en una aplicación de estimulación completa para el crecimiento de la planta de caña de azúcar, Según los resultados de los análisis (cuadros 30A, 31A, 32A, 33A y 34A), se determinó que todos los tratamientos tienen los mismos efectos según los parámetros evaluados (Gallardo, 1998).

Según el análisis de supuestos de normalidad, el test de Shapiro Wilks (cuadro 35A), p valor para unidades de clorofila, altura, densidad y peso del cultivo de caña de azúcar, es mayor que el nivel de significancia 0.10, se establece que existe una distribución normal y que los tratamientos no presentan diferencias. A excepción sobre toneladas de caña por ha, siendo p-valor menor que el nivel de significancia 0.10, estableciendo que no sigue una distribución normal, en la figura 40 se muestran los promedios para los parámetros biométricos de la caña de azúcar (peso, altura, densidad, tonelada de caña por ha).

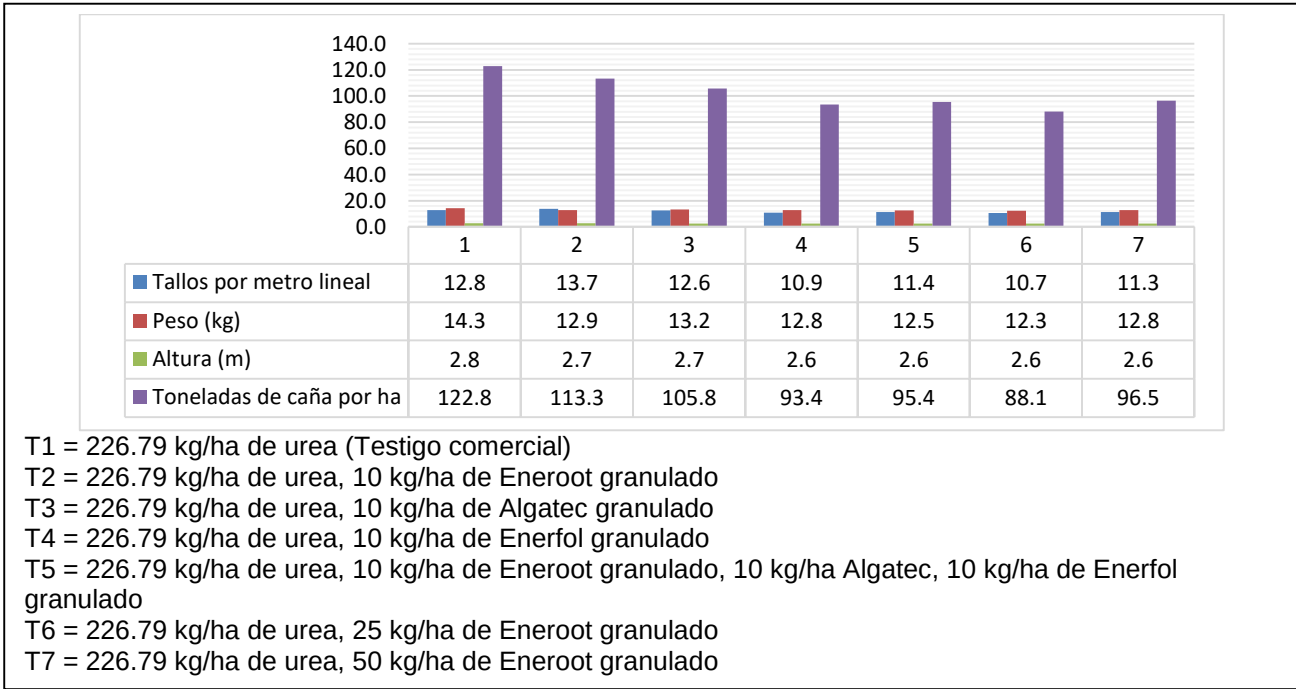


Figura 40. Resultados de medias para la variable biométrica (peso, altura, densidad y toneladas de caña por ha).

El efecto y comportamiento biométrico (figura 40) de no presentar diferencias significativas, pudieran haber sido por el efecto de la aplicación base nitrogenada (Urea) 226.79 kg/ha, aplicado en cada uno de los tratamientos evaluados, siendo el nitrógeno un elemento móvil dentro de la planta. Estimulando de esta manera el macollaje (mayor población de tallos), crecimiento vegetativo (follaje, altura, peso por tallo), lo que permitió obtener características similares entre los tratamientos (Romeo *et al.*, 2009).

Según los resultados de toneladas de caña por ha a los 257 días después de la cosecha, el tratamiento comercial muestra la media más alta de 122.8 toneladas de caña por ha, en comparación con los demás tratamientos. Según datos proporcionados por la zona, en la zafra del año 2017 a 2018. El lote tuvo una producción de 127.91 toneladas de caña por ha, implicando una diferencia de 5.11, esta disminución se asume que es provocada por la pérdida en la fertilidad del suelo, considerando que en el pasar de los años el único programa de fertilización ha sido la aplicación de urea y que los suelos año tras año son utilizados para la producción de caña de azúcar.

Al no tener diferencias significativas entre los tratamientos, nos da una idea que estamos a tiempo de seguir realizando investigaciones para aplicar fertilizantes y bioestimulantes adecuados a la zona o lotes, aumentando los rendimientos en la producción de caña.

3.2.6. Conclusiones

1. A los 106 días después de la aplicación de biestimulantes al suelo, no se observó diferencias significativas entre las unidades de clorofila.
2. A los 189 días después de la aplicación de bioestimulantes al suelo, no se observó diferencias significativas entre los parámetros biométricos (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha).
3. El tratamiento T1 aplicación de solo urea, está brindando los mismos efectos que se tienen al mezclar los productos aquí analizados.

3.2.7. Recomendaciones

1. Realizar más investigaciones sobre el uso de bioestimulantes al suelo, evaluando zona radicular y su crecimiento especializado en la elongación y multiplicación de células radiculares, efecto de hormonas de crecimiento.
2. Generar mapas para identificar lotes con bajos rendimientos de caña de azúcar, contrastando con resultados de análisis de suelo para agrupar áreas con características similares y poder implementar aplicaciones precisas con bioestimulantes y fertilizantes.

3.2.8. Bibliografía

1. Alcántara Cortez, JS., Acero Godoy J., Alcántara Cortez, JD., Sánchez Mora, RM. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal (en línea). Costa Rica, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. p. 21 Consultado 3 junio 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
2. Castillo Ramírez, JA. 2006. Evaluación de cuatro bioestimulantes y tres densidades de siembra en el cultivo de cundeamor (*Momodica charantia*, Familia Cucurbitaceae), bajo condiciones de riego (en línea). Tesis Ing. Agro, Universidad Landívar Zacapa, Guatemala. p. 51 Consultado 15 enero 2019. Disponible en <http://recursosbiblio.url.edu.gt/publilppm/2014/Tesis/2006/06/Castillo-Jose.pdf>
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2009. Infostat, manual de uso. Ejemplos de los principales métodos estadísticos utilizados en la industria cañera (en línea). Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 48 P. Consultado 9 enero. 2019. Disponible en <https://studylib.es/doc/7549875/manual-infostat---centro-guatemalteco-de-investigaci%C3%B3n-y>
4. Gallardo R, NG .1998. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en floración de palto Persea americana Mill. cv. Hass sobre la cuaja y retención de frutos (en línea) Tesis Ing. Agr. Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 86 p. consultado el 9 enero. 2019 disponible en http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/GallardoNelson1998.pdf
5. ICIDCA (Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar, Cuba) 2013. Evaluación del bioestimulantes de crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz México (en línea). La Abana, Cuba. 6 p. Consultado 11 noviembre. 2018. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223128548002.pdf>
6. Núñez, ER. 1998. Tecnología y uso de fertilizantes; biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. México, AGT Editor. 36 p.
7. Rivera B, JPA. 2012. Efecto de la bioestimulación vegetal y nutrición foliar en la producción y calidad de fruto, en el cultivo de chile pimiento (en línea). Trabajo de graduación, FAUSAC, Sacatepéquez, Guatemala. 75 p. Consultado el 8 enero. 2019. Disponible en



<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6229/1/JOHAN%20PEDRO%20ANDRES%20RIVERA%20BOLVITO.pdf>

8. Romero, E., Alonso, L., Casen, S., Leggio, M. F., Tonatto, M. J., Scandaliaris, J., Fernández, J. 2009. Manual del cañero; Fertilización de la caña de azúcar (en línea). San Miguel Tecumán, Argentina. 248 p. Consultado el 10 enero. 2019. Disponible en https://agrodigital.producciontucuman.gob.ar/uploads/documentos/manual_canierno_EEAOC.pdf



3.2.9. Anexos

Cuadro 29A. Resumen de ANDEVA ($\alpha = 0.10$), clorofila y biometría (altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha).

Parámetros	F	P-valor	CV
Clorofila, 106 dda	1.49	0.2617	3.24
Altura (m), 189 dda	0.63	0.7025	5.89
Densidad (m lineal), 189 dda	1.12	0.4088	15.32
Peso (kg), 189 dda	0.31	0.9178	15.91
Toneladas de caña por ha (189 dda)	1.09	0.4193	20.01

dda; días después de aplicado, F; Valor de distribución, CV; coeficiente de variación.

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 30A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable unidades de clorofila, 106 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.65	8	1.71	1.13	0.4106
Tratamiento	13.53	6	2.25	1.49	0.2617
Repetición	0.12	2	0.06	0.04	0.9598
Error	18.16	12	1.51		
Total	31.81	20			

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 31A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable altura (cm), 189 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.20	8	0.03	1.02	0.4699
Tratamiento	0.09	6	0.02	0.63	0.7025
Repetición	0.11	2	0.05	2.19	0.1549
Error	0.29	12	0.02		
Total	0.50	20			

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 32A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable densidad (por m lineal), 189 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4998.76	8	624.85	1.87	0.1575
Tratamiento	2231.24	6	371.87	1.12	0.4088
Repetición	2767.52	2	1383.76	4.15	0.0426
Error	4000.48	12	333.37		
Total	8999.24	20			

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 33A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable peso (kg), 189 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.15	8	3.52	0.82	0.5973
Tratamiento	8.03	6	1.34	0.31	0.9178
Repetición	20.12	2	10.06	2.36	0.1370
Error	51.23	12	4.27		
Total	79.38	20			

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 34A. Análisis de varianza ($\alpha = 0.10$) para la variable Toneladas de caña por ha (TCH), 189 días después de aplicado los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2772.13	8	346.52	0.83	0.5941
Tratamiento	2744.23	6	457.37	1.09	0.4193
Repetición	27.90	2	13.95	0.03	0.9673
Error	5017.17	12	418.10		
Total	7789.30	20			

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 35A. Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, altura, densidad, peso y toneladas de caña por ha.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Clorofila, 106 dda	21	0.00	0.95	0.95	0.6360
Altura (m), 189 dda	21	0.00	0.12	0.93	0.2841
Densidad (m lineal), 189 dda	21	0.00	1.41	0.96	0.7287
Peso (kg), 189 dda	21	0.00	1.60	0.94	0.4925
Toneladas de caña por ha (189 dda)	21	0.00	15.84	0.89	0.0679

dda; días después de la aplicación, F; Valor de distribución, CV; coeficiente de variación

Fuente: elaboración propia 2018.

3.3. Anexo 2 del Capítulo III. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno en complemento al programa nutricional del cultivo de caña de azúcar.

3.3.1. Introducción

Los bajos rendimientos en la caña de azúcar pueden verse afectados por una mala planificación sobre los planes de fertilización y la baja fertilidad en los suelos por ser un monocultivo. En el cultivo de caña de azúcar se busca reducir costos u optimizar el presupuesto en prácticas importantes como la fertilización. De no llevarse a cabo esta actividad los rendimientos de caña por ha serían menores a los estimados.

En la zona tres de producción, año tras año se realizan ajustes en dosificación de fertilizantes según el número de cortes o cosechas (caña soca) que tenga el lote. Esto se realiza para no bajar los rendimientos en la producción de caña de azúcar (Solís, 2018).

La aplicación nitrogenada es una actividad clave para la producción del cultivo de caña de azúcar. Las deficiencias de nitrógeno y bajos rendimientos pueden ser provocados por exceso de precipitaciones, condiciones de campos húmedas y temperaturas cálidas. Las pérdidas de nitrógeno van en función a la forma del fertilizante aplicado y las condiciones climáticas (CORTEVA, 2020).

El ensayo se estableció en el lote 0060204 Estimación Sector 1, Finca Palmira zona tres de producción Ingenio Mare Tierra. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 9 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados establecen que estadísticas no se encuentran diferencias significativas entre las fuentes de nitrógeno para unidades de clorofila, densidad y diámetro. Pero según el ANDEVA, existe diferencias en altura del cultivo, siendo el tratamiento T8 (Formula NPK (14-14-21) azufre) mejor que tratamiento T1 (Nitro xtend foliar).

3.3.2. Objetivo

Establecer diferencias entre los tratamientos en unidades de clorofila y parámetros biométricos del cultivo (altura, densidad y diámetro) al utilizar diferentes fuentes de nitrógeno en complemento al programa nutricional de zona tres.

3.3.3. Marco teórico

A. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar

Las fuentes nitrogenadas utilizadas en la zona cañera son: a. urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), con una concentración de nitrógeno del 46 % en forma de amida (NH_2) en su totalidad. Es recomendable incorporarla al suelo para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización, b. Nitrato de amonio (NH_4NO_3), con 33.5 % de nitrógeno, la mitad en forma de amonio (NH_4) y la otra mitad en forma de nitrato de amonio (NO_3), c. amoniaco anhídrido (NH_3) con 82 % de nitrógeno, siendo el amoniaco un gas bajo presión atmosférica normal, debiendo ser almacenado en tanques de alta presión o en refrigeración, necesitando del equipo adecuado para su aplicación al suelo, d. sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) con 21 % de nitrógeno y 24 % de azufre, no higroscópico (no requiere especial cuidado en su manejo) (CENGICAÑA, 2014).

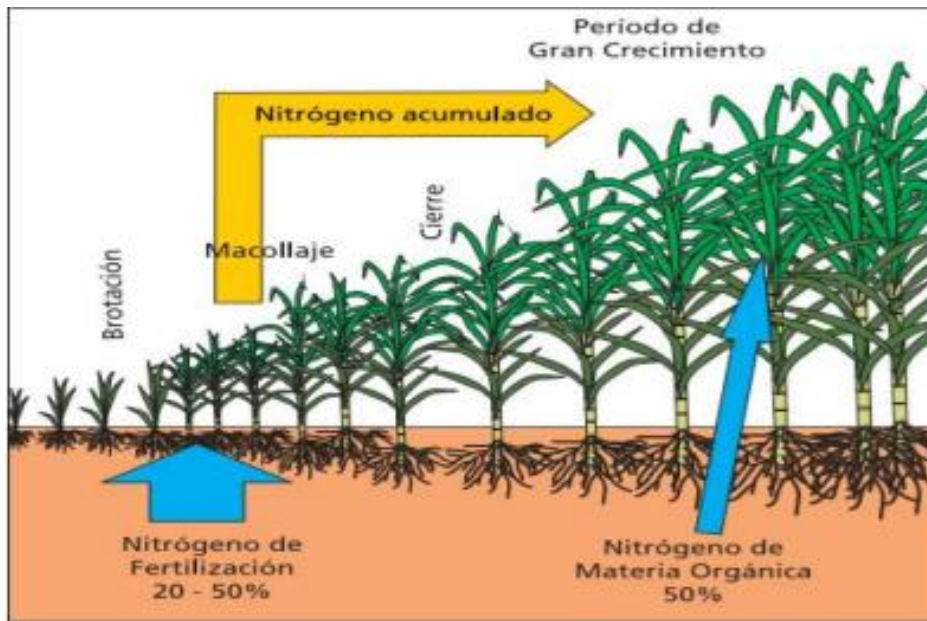
El nitrógeno es un elemento importante para formar aminoácidos y proteínas. Las plantas asimilan el nitrógeno en forma amoniacal o nítrica. De esta manera la urea para ser asimilada por el cultivo, debe pasar antes un proceso de transformación química de los grupos amidas de la molécula de urea, llamada hidrólisis, para obtener amoniaco en estado de gas y ácido carbámico, el ácido reacciona con humedad, produciendo bicarbonato de amonio (CENGICAÑA, 2014). El nitrógeno es un elemento móvil dentro de la planta, los efectos al aplicar este elemento son; desarrollo de macollaje estimulando las poblaciones de tallos, crecimiento vegetativo en follaje, altura y peso por tallo, contribuyendo a mejorar los rendimientos en caña de azúcar por ha (Romero *et al.*, 2009).

Realizar aplicaciones tardías o sobredosificaciones con nitrógeno puede repercutir en tallos con altos contenidos de agua, bajos niveles de sacarosa y fibra, provocando susceptibilidad al acame o vuelco de las plantas, ataques de plagas y enfermedades (Romero *et al.*, 2009).

B. Época de aplicación de nitrógeno

El momento oportuno para realizar aplicaciones nitrogenadas está relacionada con la absorción que tiene el cultivo de caña de azúcar según su fase fenológica, demandando grandes cantidades en los primeros meses desde la brotación (fin de la emergencia) y durante el macollaje para su desarrollo y crecimiento. Las plantas son capaces de almacenar los excesos de nitrógeno como sustancias orgánicas (figura 41) dentro de sus tejidos (lamina foliares), movilizándolo hacia los meristemos. Solo el 20 % al 50 % del

nitrógeno aplicado es utilizado para realizar los procesos de desarrollo (Romero *et al.*, 2009).



Fuente: Romero *et al.*, 2009.

Figura 41. Época de aplicación de la fertilización nitrogenada en el cultivo de caña de azúcar.

C. Inhibidor de ureasa

La enzima de la ureasa es aportada por semillas, microorganismos o animales invertebrados al suelo, tiene como acción catalizar la reacción de hidrólisis de la urea. Cuando se aplica el inhibidor de ureasa al fertilizante resulta menor pérdida de nitrógeno ureico por volatilización de amoníaco. Los inhibidores de ureasa tienen la función de retrasar la velocidad de conversión de la urea en amonio, si la tasa de conversión es lenta, se reduce la volatilización del amoníaco. Es por esto que, los inhibidores de la nitrificación o de ureasa son llamados como fertilizantes estabilizados (CENGICAÑA, 2014).

Aunque se han probado varios inhibidores de ureasa solo un producto ha sido ampliamente utilizado en la agricultura, la triamida de N(n-butil)-tiofosfórica o NBPT, es un análogo estructural de la urea y como tal inhibe la ureasa, bloqueando el sitio activo de la enzima (CORTEVA, 2020). El máximo beneficio de los inhibidores de ureasa se da cuando los niveles de nitrógeno del suelo son bajos y los rendimientos del cultivo son altos.

D. Nitro xtend

Es una urea integrada con un inhibidor de ureasa, este fertilizante tiene como ingrediente activo N-(n-butil) tiofosforicotriamida (NBPT), molécula que al entrar en contacto con la humedad del suelo se oxida dando paso a la formación de NBPO N-(n-butil) (triamidafosfóricabutil) triamidafosfórica, compuesto que termina siendo el inhibidor real de la ureasa. La molécula del primero es más estable que la del segundo permitiendo de esta manera se tenga mayor utilidad de almacenamiento hasta que sea el momento de aplicar el producto al suelo con humedad e inicie el proceso (Trujillo, 2019).

3.3.4. Metodología

El ensayo se estableció en una parcela de caña de azúcar con la variedad SP71-6161, utilizando un diseño en bloques completos al azar con 9 tratamientos y 4 repeticiones, siendo un total de 36 unidades experimentales, cada unidad experimental se construyó en bloques de 180 m de longitud por 9 m de ancho. Evaluándose distintas fuentes de nitrógeno (cuadro 36) como complemento del programa nutricional (136 kg/ha de urea). La aplicación de los tratamientos se realizó a los 78 días después de cosecha o 48 días después de haber aplicado el fertilizante base del programa nutricional del ingenio.

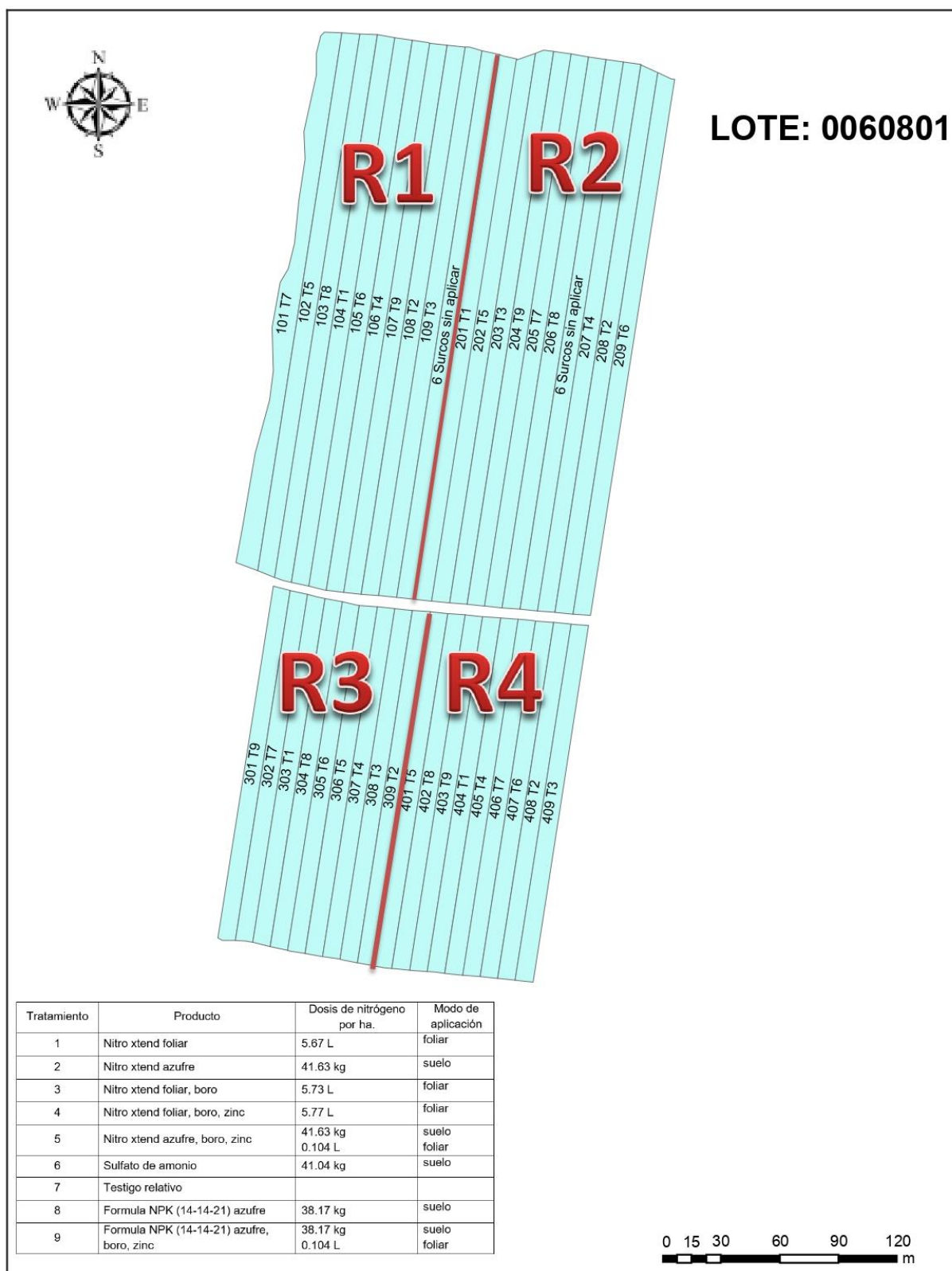
Cuadro 36. Descripción de los nueve tratamientos como fuentes de nitrógeno.

Tratamiento	Producto	Dosis de nitrógeno por ha.	Modo de aplicación
1	Nitro xtend foliar	5.67 L	foliar
2	Nitro xtend azufre	41.63 kg	suelo
3	Nitro xtend foliar, boro	5.73 L	foliar
4	Nitro xtend foliar, boro, zinc	5.77 L	foliar
5	Nitro xtend azufre, boro, zinc	41.63 kg 0.104 L	suelo foliar
6	Sulfato de amonio	41.04 kg	suelo
7	Testigo relativo		
8	Formula NPK (14-14-21) azufre	38.17 kg	suelo
9	Formula NPK (14-14-21) azufre, boro, zinc	38.17 kg 0.104 L	suelo foliar

Fuente: elaboración propia 2018.

La zona de muestreo se estableció, dentro del tercer surco de cada unidad experimental, específicamente al centro de su longitud (90 m).

En la figura 42 se presenta el croquis y distribución según la aleatorización de los tratamientos y repeticiones del presente ensayo.



Fuente: Elaboración propia 2018.

Figura 42. Croquis y aleatorización de tratamientos y repeticiones.

La aplicación se realizó de forma manual. Para la aplicación de fertilizante granulado se utilizó la herramienta chilindrinas (figura 43) y para la aplicación foliar se utilizó una asperjadora de mochila de 16 L con un volumen de aplicación de 200 L/ha de agua, las aplicaciones de fertilizante granulado fueron dirigidas a la base del tallo y la aplicación con fertilizante foliar fue dirigida al área foliar de la caña de azúcar.



Fuente: elaboración propia 2018.

Para cuantificar las unidades de clorofila, 64 días después de la aplicación. Se seleccionaron 10 plantas al azar dentro de la zona de muestreo, a las cuales mediante un clorofilometro se midió la concentración de clorofila en la hoja bandera (figura 44).

Figura 43. Fertilización manual con chilindrinas.



Fuente: elaboración propia 2018.

La toma de datos biométricos se realizó, 90 días después de la aplicación y seleccionando 10 plantas al azar dentro de la zona de muestreo. Se determinó; a. con ayuda de una cinta métrica la altura desde el suelo hasta la primera hoja del cultivo, b. densidad, conteo de plantas por m lineal, c. con ayuda de un vernier se determinó el diámetro del cultivo (figura 45).

Figura 44. Recolección de información con clorofilometro.

El análisis de datos se realizó por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) con $\alpha = 0.10$ de nivel de significancia para los efectos; unidades de clorofila y parámetros biométricos (altura, densidad y diámetro), para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos, se utilizó una prueba de medias usando el comparador de Tukey al 10 % de significancia con el software InfoStat versión estudiantil (CENGICAÑA, 2009).



Fuente: elaboración propia 2018.

Figura 45. Recolección de información con vernier.

3.3.5. Resultados y discusión

Según los resultados obtenidos del ANDEVA (cuadro 38A) estadísticamente para las unidades de clorofila, densidad y diámetro de caña. No existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo P-valor mayor que el nivel de significancia evaluado (0.10). El efecto de los fertilizante Nitro xtend debieron presentar mejores resultados en comparación a los demás fertilizantes, por el ingrediente activo que contiene (inhibidor ureasa NBPT), retrasando el proceso de conversión de urea a amonio, evitando perdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización. Convirtiéndose en un fertilizante de lenta liberación por así llamarlo, permitiéndole al cultivo de caña, mayor tiempo para asimilar los elementos. Según estudios realizados en la Universidad Zamorano, Honduras demuestra que al realizar aplicaciones de urea más Nitro xtend (NBPT) se retiene más amonio en el suelo (Aguilar, 2009).

Según el análisis de supuestos de normalidad, el test de Shapiro Wilks (cuadro 39A), p-valor para unidades de clorofila, densidad y diámetro del cultivo de caña de azúcar, es mayor que el nivel de significancia 0.10, se establece que existe una distribución normal y que los tratamientos no presentan diferencias. A excepción sobre altura del cultivo, siendo p-valor menor que el nivel de significancia 0.10, estableciendo que no sigue una distribución normal y que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Según el ANDEVA para altura de caña, 90 días después de la aplicación (cuadro 38A) P-valor es menor que el nivel de significancia evaluado (0.10), identificando estadísticamente diferencias significativas entre los tratamientos. Por tal razón se procedió a realizar un análisis de diferencias de medias utilizando la prueba de Tukey (cuadro 37).

Cuadro 37. Prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.10$) alturas de caña 90 días después de aplicado las fuentes de nitrógeno.

Tratamiento	Medias	n	E.E		
T8. Formula NPK (14-14-21) azufre	223.50	4	10.67	A	
T9. Formula NPK (14-14-21) azufre, boro, zinc	218.53	4	10.67	A	B
T6. Sulfato de amonio	209.80	4	10.67	A	B
T2. Nitro xtend azufre	205.63	4	10.67	A	B
T3. Nitro xtend foliar, boro	204.10	4	10.67	A	B
T4. Nitro xtend foliar, boro, zinc	187.13	4	10.67	A	B
T7. Testigo relativo	186.55	4	10.67	A	B
T5. Nitro xtend azufre, boro, zinc	183.60	4	10.67	A	B
T1. Nitro xtend foliar	175.65	4	10.67		B

Según el resultado de la prueba de Tukey para altura de caña de azúcar, 90 días después de aplicar fuentes nitrogenadas, significativamente existen diferencias en altura del cultivo, para el tratamiento T8 (Formula NPK (14-14-21) azufre) y tratamiento T1 (Nitro xtend foliar) con 223.5 cm y 175.65 cm respectivamente. Esto se debe al método de aplicación, las aplicaciones granuladas al suelo son mejor aprovechadas por su lenta descomposición, brindando al cultivo mayor tiempo para asimilar los nutrientes. A diferencia de las aplicaciones foliares que solo es asimilada la cantidad de producto que caes sobre el área foliar, perdiéndose en gran cantidad por evaporación o pérdidas por caída del producto al suelo.

3.3.6. Conclusiones

64 días después de la aplicación de fuentes de nitrógeno, no se observa diferencias significativas entre las unidades de clorofila.

90 días después de la aplicación de fuentes de nitrógeno, no se observó diferencias significativas en densidad y diámetro del cultivo de caña de azúcar. Pero si, en altura del cultivo, siendo el tratamiento T8 (Formula NPK (14-14-21) azufre) mejor que tratamiento T1 (Nitro xtend foliar) por la forma de aplicación del producto.

3.3.7. Recomendaciones

1. Llevar a cosecha los tratamientos para evaluar rendimientos y el porcentaje de nitrógeno expresado como proteína cruda acumulada en el área foliar.

3.3.8. Bibliografía

1. Aguilar Gudiel, JC. 2009. Efecto del inhibidor NBPT en la volatilización de amoníaco proveniente de la hidrólisis de urea en un sistema semi estático y en pastos (en línea). Informe especial de graduación. Ing. Agr. Universidad Zamorano, Honduras. 16 p. Consultado 25 mayo. 2022. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/338>
2. Aguirre Solís, El. 2018. Fertilización comercial y complementos nutricionales (entrevista). Guatemala, Escuintla, Ingenio Madre Tierra, Gerente de Zona tres de producción.
3. CENGICANÁ (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2014. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (en línea). Escuintla, Guatemala. 512 p. Consultado 28 marzo. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
4. _____. 2009. Infostat, manual de uso. Ejemplos de los principales métodos estadísticos utilizados en la industria cañera (en línea). Escuintla, Guatemala, CENGICANÁ. 48 P. Consultado 9 enero. 2019. Disponible en <https://studylib.es/doc/7549875/manual-infostat---centro-guatemalteco-de-investigaci%C3%B3n-y>
5. CORTEVA. 2020. Fertilizantes y estabilizadores comunes de nitrógeno para la producción de maíz. (en línea, sitio web). Consultado 25 mayo. 2022. Disponible en <https://www.corteva.es/agronomia-y-servicios/informacion-agronomica/fertilizantes-y-estabilizadores-comunes-de-nitrogeno-para-la-produccion-de-maiz.html>
6. Romero, E., Alonso, L., Casen, S., Leggio, M. F., Tonatto, M. J., Scandaliaris, J., Fernández, J. 2009. Manual del cañero; Fertilización de la caña de azúcar (en línea). San Miguel Tecumán, Argentina. 248 p. Consultado el 10 enero. 2019. Disponible en https://agrodigital.producciontucuman.gob.ar/uploads/documentos/manual_caniero_EEAOC.pdf
7. Trujillo Díaz, KP. 2019. Evaluación del efecto de cuatro fuentes nitrogenadas, sobre el rendimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad CP73 - 1547. (en línea). Trabajo de graduación, FAUSAC. Escuintla, Guatemala, 141 p. Guatemala. Consultado el 11 de noviembre. 2020. Disponible en



<http://www.repositorio.usac.edu.gt/12188/1/KATHERINE%20PAOLA%20TRUJILLO%20D%C3%8DAZ.pdf>



3.3.9. Anexos

Cuadro 38A. Resumen de ANDEVA ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, densidad, altura y diámetro de caña de azúcar.

Parámetros	F	P-valor	CV
Unidades de clorofila (64 dda)	1.08	0.4239	7.60
Densidad de caña por m lineal (90 dda)	1.92	0.1028	11.86
Altura de caña en cm (90 dda)	2.46	0.0418	10.71
Diámetro de caña en mm (90 dda)	1.92	0.1030	3.77

dda; días después de la aplicación, F; Valor de distribución, CV; coeficiente de variación

Fuente: elaboración propia 2018.

Cuadro 39A. Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado ($\alpha = 0.10$) para unidades de clorofila, densidad, altura y diámetro de caña de azúcar.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Unidades de clorofila (64 dda)	36	0.0	2.94	0.95	0.4224
Densidad de caña por m lineal (90 dda)	36	0.0	1.39	0.94	0.1792
Altura de caña en cm (90 dda)	36	0.0	17.68	0.91	0.0150
Diámetro de caña en mm (90 dda)	36	0.0	0.83	0.96	0.6608

dda; días después de la aplicación, F; Valor de distribución, CV; coeficiente de variación

Fuente: elaboración propia 2018.



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



REF. Sem. 23/2022

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS
TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL
CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA
(*Momordica charantia* L.) EN CULTIVO DE
CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA
ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

LUIS ALEJANDRO XICAY TZUNUN

CARNE:

201400648

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

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 ESPECIFICO

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
DOCENTE - ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo



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



Ref. SAIEPSA.56. Seg-2022
Guatemala, 31 de agosto de 2022

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS
TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL
PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia*
L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA
MADRE TIERRA, ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA,
GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: Luis Alejandro Xicay Tzunun

No. CARNÉ 201400648

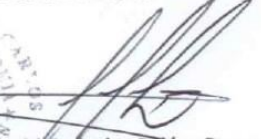
Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a los servicios comunitarios:

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS
TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL
PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia*
L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA
MADRE TIERRA, ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA,
GUATEMALA, C.A.

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Franco Rivera
Ing. Agr. Manuel Martínez
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamontes

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"


Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Área Integrada - EPS

cc. archivo/Control Académico
PPR/acms

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE SEIS TRATAMIENTOS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL PRE-EMERGENTE DE JAIBILLA (*Momordica charantia* L.) EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN FINCA MADRE TIERRA ZONA 3, INGENIO MADRE TIERRA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Luis Alejandro Xicay Tzunun

Carné: 201400648

“IMPRÍMASE”

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

