

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE TRES INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

IVÁN RODOLFO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, S.A. QUE INCLUYE:

EVALUACIÓN DE TRES INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

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

POR

IVÁN RODOLFO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

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

EN

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

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

Guatemala, octubre de 2021.

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado:

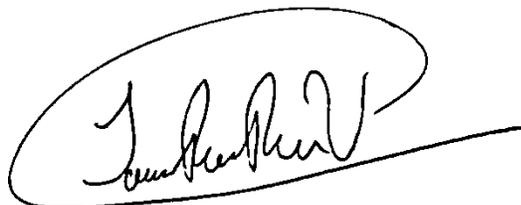
“EVALUACIÓN DE TRES INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, enclosed in a large, hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Iván Rodolfo Rodríguez Vásquez'.

Iván Rodolfo Rodríguez Vásquez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por la salud, vida, bendiciones y sabiduría en la toma de las mejores decisiones en el transcurso de estos años. Aunque caigan mil hombres a tu lado y diez mil a tu diestra, tú permaneces fuera de peligro; su lealtad te escuda y te protege.

MIS PADRES

Jaime Rodríguez y Raquel Vásquez, por inculcarme el bien, motivarme a siempre buscar la superación, gracias por todo su esfuerzo y apoyo incondicional para poder lograr lo que hoy soy como persona y profesional.

MIS HERMANOS

Por el apoyo y respaldo que solo el núcleo familiar es capaz de brindar.

MIS PRIMOS (AS)

Por siempre estar en cada etapa personal y académica, brindando ánimos para continuar.

MIS TIOS (AS)

Gracias a todos por sus buenos deseos, consejos y apoyo brindado, los cuales tengo siempre presente.

ABUELOS (AS)

Ismael de Jesús Rodríguez (QEPD), Amanda Orozco, Juan José Vásquez (QEPD) y Berta Luz Solares por sus oraciones, consejos, buen ejemplo y guía desde niño.

MI NOVIA

Gracias por el apoyo incondicional, ánimos en cada etapa, amor y comprensión que siempre me brinda.

MIS AMIGOS

Con aprecio a todos los que siempre estuvieron en el proceso y en el transcurrir de los años, los que siempre me aconsejaron y apoyaron, especialmente al Lic. Fernando García (QEPD).

AGRADECIMIENTOS

A:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Mi alma máter de educación superior en Guatemala, la más grande y tricentenaria.

FACULTAD DE AGRONOMÍA Por todos los años de formación académica excepcional.

MI PAÍS GUATEMALA Que de forma directa o indirecta me ha permitido obtener este grado académico, por el cual siempre trabajaré para su desarrollo.

GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. Quien me permitió realizar mi EPS en tan prestigiosa empresa agroindustrial, en la cual aprendí mucho.

A LOS INGENIEROS Anibal Sacbajá, Manuel Martínez, Carlos Búcaro, Walter Reyes, Félix Martínez, Filadelfo Guevara, Willy Quintana, Julia Camey, Edin Orozco, Ricardo Catalán y muchos más, quienes los aprecio mucho por su ejemplar manera de formar profesionales para la vida.

MI ASESOR Fernando Rodríguez Bracamonte, por su apoyo, guía, respaldo, compromiso y comprensión en el desarrollo de esta investigación. Excelente catedrático y docencia para formar profesionales.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	VII
 CAPÍTULO I	
USO DEL GLIFOSATO EN FINCA AGRÍCOLA DEL SUR, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A., ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO TEÓRICO.....	3
1.2.1 Maduración de la caña de azúcar.....	3
1.3 MARCO REFERENCIAL.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 General.....	5
1.5 METODOLOGÍA	5
1.5.1 Reconocimiento del área de estudio.....	5
1.5.2 Recolección de información primaria.....	5
1.5.3 Recolección de información secundaria	5
1.5.4 Ordenamiento de la información.....	6
1.6 RESULTADOS.....	6
1.7 CONCLUSIONES.....	8
1.8 RECOMENDACIONES	8
1.9 BIBLIOGRAFÍA	9
 CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DE TRES DISTINTOS INDUCTORES A LA MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A., ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....	11
2.1 PRESENTACIÓN.....	13
2.2 MARCO CONCEPTUAL	14

CONTENIDO	PÁGINA
2.2.1 Origen del cultivo de caña de azúcar	14
2.2.2 Taxonomía de la planta de caña de azúcar	14
2.2.3 Fenología de caña de azúcar	15
2.2.4 Variedad CP73-1547	15
2.2.5 Maduración natural de la caña de azúcar	16
2.2.6 Maduración inducida	17
2.2.7 Glifosato	17
2.2.8 BigK.....	19
2.2.9 Biomin boro	19
2.2.10 Humax.....	19
2.2.11 Época de aplicación de productos inductores a maduración para caña de azúcar.....	20
2.2.12 Efectos de la aplicación de inductores de maduración en el cultivo de caña de azúcar.....	20
2.2.13 Factores que influyen en la maduración de caña de azúcar	22
2.2.14 Cosecha de caña de azúcar	24
2.3 MARCO REFERENCIAL	26
2.3.1 Ubicación geográfica.....	26
2.3.2 Clima	27
2.3.3 Relieve	27
2.3.4 Suelo	28
2.3.5 Zona de vida.....	28
2.4 OBJETIVOS.....	29
2.4.1 General	29
2.4.2 Específicos.....	29
2.5 HIPÓTESIS.....	29
2.6 METODOLOGÍA	30
2.6.1 Selección del pante	30

CONTENIDO	PÁGINA
2.6.2 Factores de estudio	30
2.6.3 Tratamientos.....	30
2.6.4 Variables de estudio	31
2.6.5 Manejo del cultivo	33
2.6.6 Diseño experimental	34
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
2.8 CONCLUSIONES.....	45
2.9 RECOMENDACIONES	46
2.10 BIBLIOGRAFÍA	47
2.11 APÉNDICE	52
2.11.1 Croquis de distribución de los tratamientos	52
2.11.2 Supuestos estadísticos.....	54
2.11.3 Desarrollo de la evaluación	57
 CAPÍTULO III	
SERVICIO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y	
APLICACIONES AÉREAS, SOBRE EL ANÁLISIS DEL VALOR DE IMPORTANCIA Y SU	
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MALEZAS, EN FINCAS DE LA REGIÓN VI	
PERTENECIENTES AL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A, ESCUINTLA,	
ESCUINTLA, GUATEMALA, C. A.	
	61
3.1 PRESENTACIÓN	63
3.2 MARCO TEÓRICO.....	63
3.2.1 Marco conceptual	63
3.2.2 Marco referencial.....	64
3.3 OBJETIVOS	65
3.3.1 Objetivo general.....	65
3.3.2 Objetivos específicos.....	65
3.4 METODOLOGÍA	65
3.4.1 Fase de gabinete I.....	65

CONTENIDO	PÁGINA
3.4.2 Fase de campo.....	66
3.4.3 Fase de gabinete II.....	66
3.5 RESULTADOS.....	67
3.6 CONCLUSIONES	72
3.7 RECOMENDACIONES.....	73
3.8 BIBLIOGRAFÍA	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación de finca Agrícola del Sur, Grupo Corporativo Santa Ana S.A.....	4
Figura 2. Rendimiento histórico de siete años, en finca Agrícola del Sur, del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.	7
Figura 3. Ubicación de finca Agrícola del Sur, Grupo Corporativo Santa Ana S.A.....	26
Figura 4. Condiciones climáticas durante el año 2019 en finca Agrícola del Sur.	27
Figura 5. Gráfico de rendimiento promedio para las variables estudiadas.	40
Figura 6. Condiciones climáticas que existieron durante la evaluación.....	40
Figura 7. Curva de maduración de cada tratamiento, monitoreado durante nueve semanas previo a la cosecha.	41
Figura 8. Gráfico de maduración y precipitación acumulada en los días después de la aplicación.	43
Figura 9A. Croquis y distribución de los tratamientos en campo.....	52
Figura 10A. Gráfico de QQ-Plot para la variable rendimiento real.	54
Figura 11A. Gráfico de QQ-Plot para la variable TCH.....	54
Figura 12A. Gráfico de QQ-Plot para la variable TAH.....	55
Figura 13A. Histograma para la variable rendimiento real.	55
Figura 14A. Histograma para la variable TCH.....	56
Figura 15A. Histograma para la variable TAH.....	56
Figura 16A. Helipuerto el día de la aplicación de los tratamientos.....	57
Figura 17A. Condiciones climáticas existentes durante la aplicación de los tratamientos, monitoreado con medidor meteorológico y ambiental Kestrel 5500.	57
Figura 18A. Muestra tipo precosecha.....	58
Figura 19A. Quema del lote previo a la cosecha.....	58
Figura 20A. Cosecha tipo manual.	59
Figura 21. Ubicación geográfica de la región VI del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.	64
Figura 22. Mapa de distribución espacial de maleza representada por densidad.	68
Figura 23. Mapa de distribución espacial de maleza representada en porcentaje de cobertura.	70

FIGURA	PÁGINA
Figura 24. Mapa de distribución espacial de maleza representada número total de especies.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Datos históricos de siete años sobre los rendimientos en un lote con rendimientos menores a los demás pertenecientes a finca Agrícola del Sur. ...	6
Cuadro 2. Cantidad de productos y utilizados por cada tratamiento.....	31
Cuadro 3. Prueba de Shapiro Wilks modificado.....	37
Cuadro 4. Prueba de Levene.....	37
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento real.	38
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable tonelada de caña por hectárea (TCH)...	38
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable tonelada de azúcar por hectárea (TAH).	39
Cuadro 8. Prueba de medias para la variable tonelada de azúcar por hectárea (TAH), utilizando el test estadístico de Tukey.	39
Cuadro 9A. Resultados obtenidos de la evaluación de inductores a la maduración para el cultivo de caña de azúcar (sacharum spp) variedad CP73-1547.....	53
Cuadro 10. Resultados del valor de importancia y el área de presencia de cada maleza muestreada.....	67

INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, REALIZADO EN EL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, S.A., ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Facultad de Agronomía en el periodo de febrero a noviembre del 2020 se realizó en el Grupo Corporativo Santa Ana S.A las actividades: diagnóstico del uso del Glifosato en la Finca Agrícola del Sur, evaluación de inductores a la maduración para el cultivo de caña de azúcar (*saccharum* spp) variedad cp73-1547 y el análisis del valor de importancia y distribución espacial de malezas en fincas de la Región VI.

En el uso del Glifosato como inductor de la maduración de la caña de azúcar se ven involucrados varios factores que determinan la eficiencia de la aplicación y el éxito en el uso de estos, entre los cuales se puede mencionar las condiciones climáticas como viento, humedad relativa y temperatura, la edad del cultivo y dosis a utilizar del producto. El efecto de estos productos induce la acumulación de sacarosa en los tejidos parenquimatosos del culmo (tallo).

Con el objetivo de buscar una alternativa a la molécula de Glifosato como inductor de maduración en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp); debido a que la N-fosfonometil glicina (glifosato), se encuentra en proceso de prohibición se evaluaron cuatro inductores a la maduración en la variedad CP73-1547 en finca Agrícola del Sur del Grupo Corporativo Santa Ana S.A. ubicada en el municipio y departamento de Escuintla, Guatemala, durante el segundo tercio de la zafra 2019 a 2020. Los resultados reafirman la teoría sobre la influencia de factores climáticos en la maduración fisiológica de este cultivo y su rendimiento sujeto a dichos factores al no existir diferencias estadísticas en los inductores y testigo.

VIII

Considerando la importancia de las malezas en el cultivo se realizó un análisis de valor de importancia y la distribución espacial de malezas en once fincas de la Región VI del Grupo Corporativo Santa Ana, S.A. Esta información facilita comprender y ubicar espacialmente la presencia y presión existente de malezas en cada finca, y con ello mejorar la eficiencia en el uso de recursos para el debido control de estas.



CAPÍTULO I:

**USO DEL GLIFOSATO EN FINCA AGRÍCOLA DEL SUR, GRUPO CORPORATIVO
SANTA ANA S.A., ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

1.1 PRESENTACIÓN

Los productos agroquímicos que inducen la maduración de la caña de azúcar son esenciales para obtener el máximo rendimiento de sacarosa del cultivo. Comúnmente el producto que utiliza el grupo Corporativo Sana Ana S.A para este fin es la molécula glifosato (N-fosfometil glicina). Este herbicida mediante aplicación en subdosis provoca al cultivo un estrés que induce la maduración fisiológica, llevando a la acumulación de sacarosa en el culmo o tallo de caña de azúcar (CENGICAÑA, 2012).

1.2 MARCO TEÓRICO

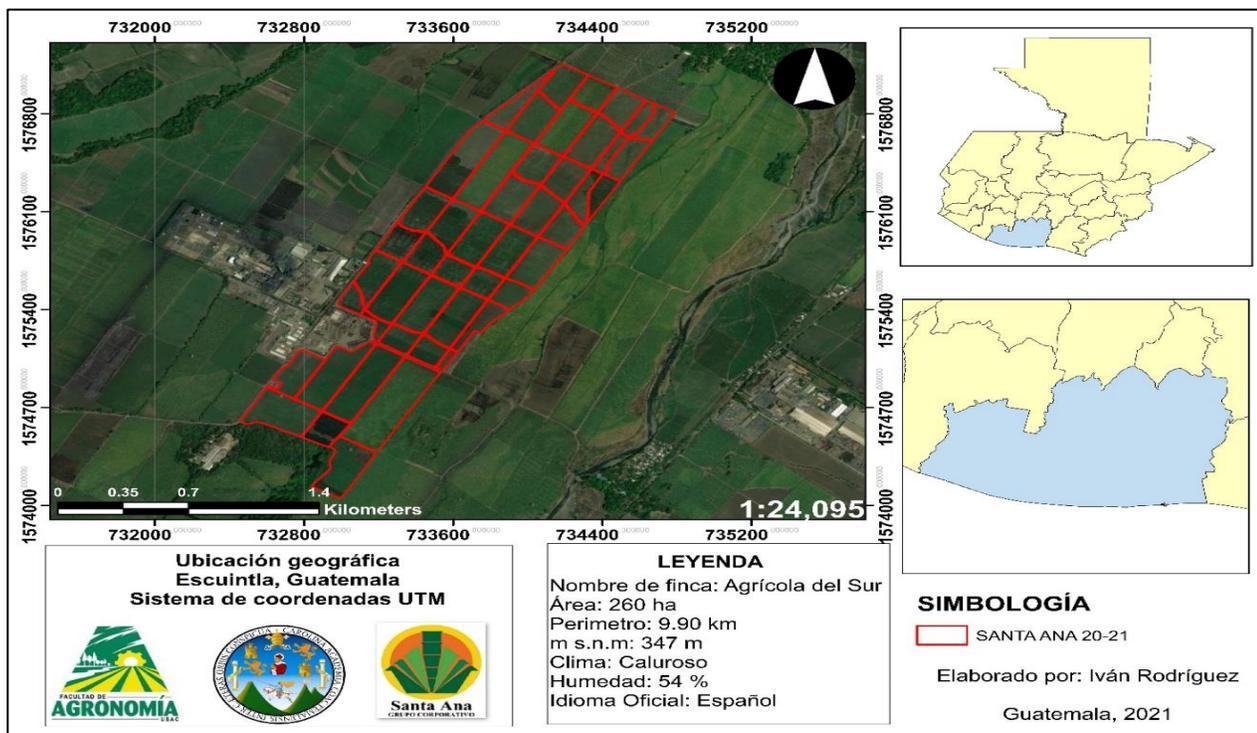
1.2.1 Maduración de la caña de azúcar

De acuerdo con CENGICAÑA (2012), indica que la maduración natural caña de azúcar es la culminación del proceso fisiológico de la planta, la cual depende de factores nutricionales y ambientales que durante este proceso esta propicia su máxima acumulación de sacarosa en los tallos. Describen este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados.

Existe otro tipo de maduración para el cultivo de caña de azúcar, al cual es conocida como maduración inducida, es provocada por compuestos químicos capaces de alterar morfológica y fisiológicamente la planta, en un estado fisiológico innecesario o prematuro. Pudiendo ocasionar modificaciones cualitativas y cuantitativas en la producción, los cuales posibilitan retardar o inhibir el desarrollo vegetativo, incrementar la sacarosa, anticipar la maduración natural y aumentar la productividad, según CENGICAÑA (2012).

1.3 MARCO REFERENCIAL

La finca Agrícola del Sur pertenece a la Región VI del Grupo Corporativo Santa Ana S.A, se ubica a un costado de la carretera que conduce al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, a la altura del kilómetro 64.5 (CA2) en el municipio de Escuintla, Escuintla. La finca se encuentra en una altitud media de 174 m s.n.m (metros sobre el nivel del mar), cuenta con una extensión territorial de 260 ha y sus coordenadas geográficas para su ubicación son: 14°14'54.22'' norte y 90°49'58.89'' oeste (Google Earth Pro® 2020). Su ubicación geográfica se muestra a continuación en la figura 1.



Fuente: Google earth, 2020.

Figura 1. Ubicación de finca Agrícola del Sur, Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

- Identificar los principales beneficios y repercusiones que provoca el uso glifosato como madurante en el cultivo de caña de azúcar, en finca Agrícola del Sur perteneciente al Ingenio Santa Ana, Escuintla.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Reconocimiento del área de estudio

Se realizó una visita al casco de la finca Agrícola del Sur tomando información de su productividad. Para el efecto se visitó cada lote para apreciar cañaverales maduros a los cuales se indujo su maduración fisiológica y su cosecha estaba próxima, y otros recién cosechados.

1.5.2 Recolección de información primaria

Se realizaron entrevistas al supervisor de región y mayordomos con el objetivo de conocer y tratar de identificar lotes con mayor y menor productividad.

1.5.3 Recolección de información secundaria

Mediante la base de datos de la Corporación fue posible la recopilación de datos históricos de rendimiento de azúcar, para poder analizar a lo largo del tiempo la productividad de esta finca.

1.5.4 Ordenamiento de la información

Se utilizaron hojas de cálculo Microsoft Excel, creación de gráficos para resumir los datos y así comprender y analizar la información.

1.6 RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran datos históricos de toneladas de caña por hectárea (TCH), rendimiento de azúcar (libras azúcar/tonelada de caña) y toneladas de azúcar por hectárea, pertenecientes a la finca Agrícola del Sur, del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

Cuadro 1. Datos históricos de siete ciclos de cultivo sobre los rendimientos en un lote con rendimientos menores a los demás pertenecientes a finca Agrícola del Sur.

ZAFRA	AREA (ha)	Madurante	TCH	Rendimiento (libras de azúcar por tonelada de caña)	TAH
2012/2013	9.28	Glifosato	113.98	211.82	12.07
2013/2014	9.28	Glifosato	116.6	191.73	11.18
2014/2015	9.28	Glifosato	107.61	220.82	11.88
2015/2016	9.28	Glifosato	95.56	146.44	6.76
2016/2017	9.28	Glifosato	90.36	218.13	9.85
2017/2018	9.28	Glifosato	84.46	242.41	10.24
2018/2019	9.28	Glifosato	107.46	248.37	13.34
Promedio			102.29	211.39	10.76

Fuente: Base de datos del grupo Corporativo Santa Ana S.A.

Toneladas de caña por hectárea (TCH), Rendimiento de azúcar (Libras azúcar/tonelada de caña) y toneladas de azúcar por hectárea.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la base de datos de la corporación, fue posible calcular que los rendimientos promedio de siete años, alcanzando un valor de 211.39 libras de azúcar por tonelada de caña, 10.76 toneladas de azúcar por hectárea (TAH) y 102.29 toneladas de caña por hectárea (TCH).

En la figura 2 se aprecia gráficamente los rendimientos obtenidos en el transcurso de 7 ciclos de cultivo consecutivos en la finca Agrícola del Sur.

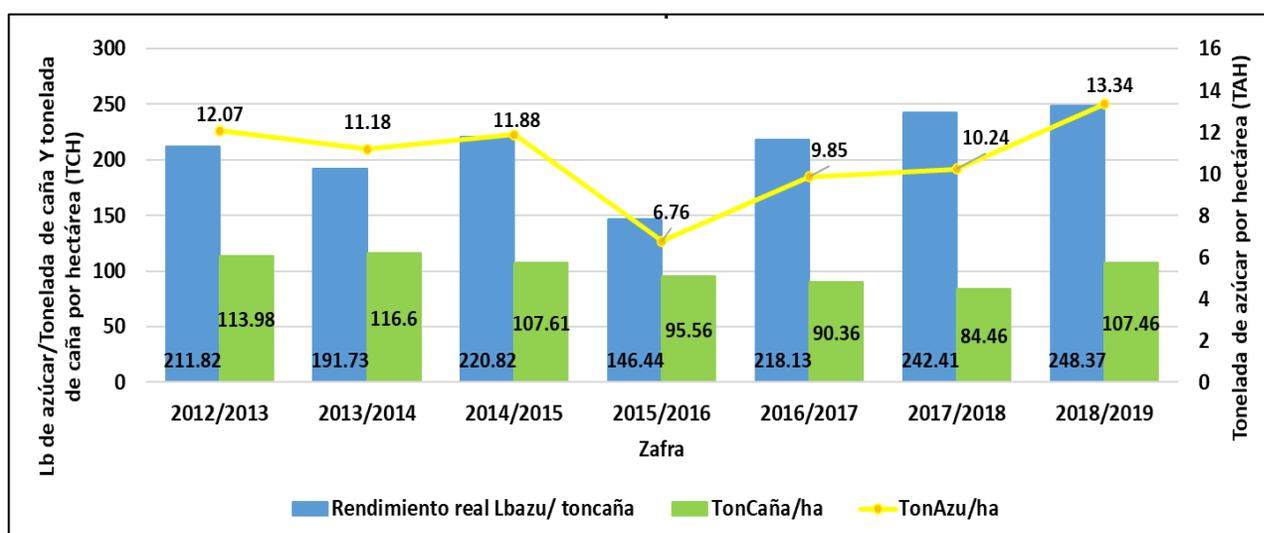


Figura 2. Rendimiento histórico de siete ciclos de cultivo, en finca Agrícola del Sur, del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

Estos resultados provienen de áreas a las cuales fueron aplicadas con la molécula de glifosato, como inductor a la maduración fisiológica de caña de azúcar. En la zafra 2018 a 2019 se registraron los mayores rendimientos en los últimos 7 ciclos del cultivo, siendo 13.34 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), 107.46 toneladas de caña por hectárea (TCH) y 248.37 libras de azúcar por hectárea.

1.7 CONCLUSIONES

- Con datos históricos de siete de zafras pasadas, pertenecientes a Finca Agrícola del Sur del Grupo Corporativo Santa Ana S.A., se calculó un rendimiento medio de 211.39 libras de azúcar por tonelada de caña equivalentes a 10.76 toneladas de azúcar por hectárea.
- La aplicación del inductor a la maduración fisiológica al cultivo de caña de azúcar, con la molécula de glifosato, es una labor importante para la agroindustria azucarera del país.

1.8 RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones con diferentes subdosis de glifosato para determinar si es posible aumentar los rendimientos actuales.
- Evaluar otros agroquímicos que induzcan la maduración fisiológica de caña de azúcar, en busca de mejores o iguales rendimientos.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

1. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar.
(2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Artemis Edinter.
www.cengicana.org



The seal of the Academia de Ciencias Exactas y Físicas de Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a golden crown on top, flanked by two golden lions. Below the shield is a banner with the motto "PLURIBUS IN UNUM". The shield is set against a background of a blue sky and a green landscape with a white path. The outer ring of the seal contains the Latin text "ACADEMIA CAROLINA ACAD. CIENC. EXACTAS Y FIS. GUATEMALA" at the top and "CETIUS OHIBES CONSPICUA" at the bottom.

CAPÍTULO II:

EVALUACIÓN DE TRES DISTINTOS INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THREE DIFFERENT MATURATION INDUCTORS FOR THE CULTIVATION OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) VARIETY CP73-1547 AND ITS EFFECT ON YIELD, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, GUATEMALA, ESCUINTLA C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La maduración de caña de azúcar es un proceso metabólico en el cual se reduce la tasa de crecimiento y desarrollo vegetativo en la planta, posteriormente en los tejidos parenquimatosos del culmo o tallo aéreo empieza a acumular energía en forma de sacarosa. Actualmente la maduración inducida de caña de azúcar es una técnica agrícola importante en la agroindustria azucarera guatemalteca, en la que utilizan diversos productos agroquímicos, especialmente la N-fosfonometil glicina (Glifosato), que brinda el efecto requerido por esta agroindustria.

Todo producto agroquímico produce distintos efectos, que con forme al tiempo, imponen regulaciones a su uso en la agricultura, tal es el caso de la molécula de glifosato. Lo que provoca altibajos en el mercado en relación a su adquisición, llevando a la búsqueda de alternativas e innovaciones en las prácticas agrícolas, con el objetivo de igualar o mejorar los beneficios en producción por hectárea que esta induce. Por ello es el objeto de la presente investigación, que se llevó a cabo en el grupo Corporativo Santa Ana S.A.

El efecto de los inductores a la maduración fue medido con las variables rendimiento real, toneladas de caña y azúcar por hectárea. Para esta última, el testigo presentó el mayor rendimiento, con 14.71 T de azúcar por hectárea. Lo anterior pudo deberse por el efecto de las condiciones del tiempo durante la investigación, y el efecto de estas en el proceso fisiológico de maduración natural de la caña de azúcar.

Según el análisis de varianza, la producción de caña y azúcar por hectárea es la misma estadísticamente. A su vez, el efecto en el cultivo de los productos inductores a la maduración, sí disminuye posterior al tiempo óptimo para su cosecha. Reflejado en el rendimiento real. Para optimizar la utilización de este tipo de agroquímicos, es necesario realizar más evaluaciones con diferente material vegetal y condiciones edafoclimáticas.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Origen del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo y se desconoce el año exacto en que inicia su siembra, se cree que sus primeros cultivares empezaron 3,000 años antes de Cristo, como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India según PROCAÑA (2016).

Según PROCAÑA (2016), fue Cristóbal Colón en 1492 durante su segundo viaje, quien introdujo la caña en el continente americano. Se afirma que en 1501 fueron introducidas plantas que se desarrollaron, llegando el éxito de las plantaciones de azúcar a Santo Domingo, las cuales se multiplicaron a lo largo del Caribe y América del Sur.

En Guatemala la caña de azúcar comenzó a cultivarse en 1536. Los primeros trapiches se fundaron en el valle central de Guatemala y en el valle de Salamá. En el siglo XVII creció el número de trapiches, siendo los que estaban en manos de las órdenes religiosas los de mayor valor. Según CENGICAÑA (2012), fue hasta mediados del siglo XIX que Guatemala comenzó a exportar azúcar en cantidades menores.

2.2.2 Taxonomía de la planta de caña de azúcar

A continuación, se presenta la descripción taxonómica de la planta de caña de azúcar según ECURED (Enciclopedia colaborativa en la red cubana 2013).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	Saccharum
Especie:	spp.

2.2.3 Fenología de caña de azúcar

Según Bezuidenhout citado por Espinoza (2012), la planta de caña de azúcar muestra durante su desarrollo cuatro etapas: iniciación, macollamiento, elongación o gran crecimiento y maduración. La etapa de iniciación comprende desde la emergencia de la plántula hasta 45 días después. La etapa de macollamiento tiene una duración promedio de tres meses, y la elongación ocurre en un periodo de seis meses. Esta última es la más importante en términos de crecimiento del cultivo.

La etapa final del ciclo de vida de la planta, correspondiente a la maduración, tiene una duración media de 45 días. En esta etapa fisiológica la planta de caña de azúcar disminuye su ritmo de crecimiento y comienza la mayor acumulación de sacarosa en el tallo. En general, el proceso de maduración es gradual hasta llegar a un punto máximo, después del cual el contenido de sacarosa en los tallos de caña declina (Castro & Montúfar 2004).

2.2.4 Variedad CP73-1547

Surge de la cruce de las variedades CL61-620 con CP81-1302. Junto a las variedades CG98-46 y CG00-102 ocuparon el 18.9 % del área sembrada por caña de azúcar, esto en base al 72.8 % del área analizada por CENGICAÑA en la zafra 2015-2016. Los cambios de uso de las variedades de caña de azúcar sembradas en las últimas cinco zafras, mostró un incremento de la variedad CP73-1547 tomando importancia en la agroindustria azucarera del país, la cual se encontraba distribuida en los cuatro estratos altitudinales de cultivo (alto, medio, bajo y litoral), según CENGICAÑA (2012).

Trece variedades comerciales conforman el 89.1 % del área estudiada por CENGICAÑA, logrando resaltar para la zafra 2015-2016, esta variedad fue la segunda más importante en Guatemala con un 15.1 %, con tendencia a mantenerse en esa proporción, principalmente por su alta incidencia de floración y corcho. Su adaptabilidad en el tiempo es específica para el inicio de zafra en noviembre y diciembre. Cabe resaltar que, según CENGICAÑA (2012), esta variedad tiene una alta resistencia a las enfermedades de escaldadura y carbón.

Los aspectos generales de esta variedad según lo describe Orozco (2004) son: cantidad regular de deshoje, hábito de crecimiento de los tallos semiabierto y cogollo largo, los entrenudos son verde amarillento con manchas negras y cerosas, crecimiento ligeramente curvado en zigzag y cuenta con cicatriz foliar poco abultada; los nudos crecen de forma cilíndrica, con yemas redondas protuberantes. Desprendimiento intermedio de las vainas, verde con manchas rojizas, borde seco unido longitudinalmente y con presencia de afate. En la lámina foliar las hojas son anchas verde oscuro, la aurícula tiene forma lanceolada larga, corta en un lado y en el otro transicional inclinada mientras que la lígula deltoide con rombo. El cuello de la planta es de coloración verde oscuro y la mayoría de la superficie de la planta es lisa.

2.2.5 Maduración natural de la caña de azúcar

Según Davila, Torres y Echeverrie, citados por Tayún (2014), sostienen que la maduración natural caña de azúcar es la culminación del proceso fisiológico de la planta, la cual depende de factores nutricionales y ambientales que durante este proceso esta propicia su máxima acumulación de sacarosa en los tallos. Describen este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados.

Varias investigaciones sostienen que, si el agua y el nitrógeno son abundantes, la planta no madura. También han demostrado que la absorción excesiva de potasio influye en el ciclo fisiológico de la planta, induciendo el aumento de sacarosa y con ello el adelanto de la maduración, en comparación con un cultivo que crece en condiciones normales, según Tayún (2014).

2.2.6 Maduración inducida

De acuerdo con Lavanholi y Almeida, citados por Espinoza et al (2011), se nombra de esta manera debido a que la maduración es inducida por compuestos químicos capaces de alterar morfológica y fisiológicamente la planta, en un estado fisiológico innecesario o prematuro. Pudiendo ocasionar modificaciones cualitativas y cuantitativas en la producción, los cuales posibilitan retardar o inhibir el desarrollo vegetativo, incrementar la sacarosa, anticipar la maduración natural y aumentar la productividad.

Según Scandaliaris (1997), con la aplicación de estos productos se busca modificar las condiciones naturales de maduración, a fin de incrementar el contenido de azúcares en la planta, sin afectar significativamente la productividad. Además, los inductores de maduración al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar un desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto, disminuyendo el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menor trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha.

Los inductores de maduración basados en elementos como boro, potasio y fósforo son una opción debido a la función fisiológica de cada elemento nutricional en la planta de caña de azúcar, que tienen un efecto aditivo en la acumulación de sacarosa. Según Cakmak et al (1997), el boro tiene la función de acelerar el transporte de la molécula de sacarosa en el floema, de las hojas al tallo, a través del complejo sacarosa-borato.

2.2.7 Glifosato

El Glifosato N-fosfonometil glicina en forma de sal Isopropilamina, es en la actualidad la molécula más utilizada a nivel mundial como inductor de maduración en el cultivo de caña, según Arias (1986). Debido a la accesibilidad del producto en el mercado, la regularidad y magnitud de los efectos que provoca, permitiendo un período de cosecha que oscila entre 4 y 6 semanas. Su efectividad depende de las características agroecológicas y de manejo

de cada región cañera, razón por la que esta tecnología debe ser ajustada para cada situación.

Arias (1986), describe que la molécula de glifosato reduce los niveles de invertasa ácida en cañas tratadas y por consiguiente también disminuye los niveles de glucosa y fructosa, dando como resultado menos sacarosa desdoblada para el crecimiento. Lo que a su vez induce a su almacenamiento en las células, principalmente en las del tercio superior del tallo.

A. Mecanismo de acción

Penetra el follaje y se transporta por el floema inhibiendo la vía del shiquimato, afectando la biosíntesis de aminoácidos aromáticos esenciales e indispensables para la producción de proteínas que la planta requiere, también para la formación de nuevos tejidos los cuales son: fenilalanina, tirosina y triptófano (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Italia (FAO 1996).

Es uno de los herbicidas más móviles en la planta y lo hace a través del floema, se transloca basipetalmente hacia todos los puntos de crecimiento o tejidos meristemáticos como tallos, raíces y órganos de almacenamiento (FAO 1996).

B. Modo de acción

Según Martínez (2020), el modo de acción de la molécula de glifosato consiste en inhibir la enzima 5-enolpiruvil shiquimato-3-fosfato sintetasa que es la responsable de unir el shiquimato-3-fostato y el fosfoenol piruvato, bloqueando así la vía biosintética del shiquimato. También inhibe la invertasa ácida deteniendo la degradación de la sacarosa que se acumula en los tallos.

2.2.8 BigK

Según Sagrisa (2020), BigK es un fertilizante potásico líquido derivado de carbonato de potasio. El nutriente es altamente disponible y translocable en la planta, su composición nutricional (P/P) de K_2O es de 32 % y no contiene cloro. Uno de sus beneficios de mayor importancia es el favorecimiento de concentración de azúcares y carbohidratos en las estructuras de almacenamiento, debido a sus funciones fisiológicas como catalizador en el metabolismo y colaborador en el transporte de azúcares.

2.2.9 Biomin boro

Sagrisa (2020) describe que, este producto es un fertilizante líquido, con aminoácidos, el cual contiene boro de alta asimilación. Este elemento menor, es esencial para translocar sustancias elaboradas en las hojas a los tejidos de almacenamiento como el culmo.

2.2.10 Humax

Según Sagrisa (2020), Humax se extrae de turbas que contienen un compuesto denominado Leonardita, clasificándolo como una sustancia orgánica. Resulta de la descomposición de materia orgánica. Se compone de una mezcla compleja de macromoléculas que tienen estructuras poliméricas fenólicas y ácidos carboxílicos, con capacidad de quelatar metales. Por su naturaleza al combinarlo con el producto inductor de maduración, se aumenta la ventana de cosecha, evitando la caída brusca de concentración de azúcar (rendimiento); además, protege y estimula el crecimiento de los rebrotes.

2.2.11 Época de aplicación de productos inductores a maduración para caña de azúcar

Según CENGICAÑA (2012), las aplicaciones de inductores de maduración para caña de azúcar en Guatemala inician en septiembre y octubre, con una duración de seis meses, dando inicio a su cosecha a mediados de noviembre.

El mayor efecto de la aplicación de un producto como inductor de maduración, es cuando se efectúa al final del período de gran crecimiento de la caña, precisamente cuando la maduración no está muy avanzada ó la planta de caña de azúcar aún se está preparando fisiológicamente para pasar a tal etapa. Cabe resaltar que, según NOA (1997), las aplicaciones tempranas involucran una mayor limitación del crecimiento vegetativo de los cañaverales y permiten una cosecha más temprana, sin embargo, se puede observar una disminución en el peso por tallo.

Según Martínez (2020), para lograr los mejores resultados en la técnica de aplicación de compuestos inductores a la maduración en caña de azúcar, hay que considerar factores que influyen, tales como: variedad, edad del cultivo, humedad del suelo, dosis aplicada del producto comercial y condiciones de climáticas, especialmente de la precipitación pluvial.

2.2.12 Efectos de la aplicación de inductores de maduración en el cultivo de caña de azúcar

A. Manifestaciones externas por la maduración

Buenaventura, citado por CENGICAÑA (2012), indica que cuando las condiciones son favorables para la maduración, la cantidad de hojas en el cogollo, que normalmente son entre 12 y 15, se reducen a 6 y 10, esto si la variedad tiene buen deshoje natural, dado como resultado la disminución en el crecimiento y el acortamiento de los entrenudos

formando con ello una estructura similar a una palma aparentando que todas las hojas salieran de un solo entrenudo.

CENGICAÑA (2012) redacta que las hojas se tornan amarillas, con textura delgada y quebradiza. Los tallos desprenden cerosina y cambian de color. Cuando la planta no se cosecha a tiempo, las yemas en la parte superior del tallo brotan y puede aparecer una médula corchosa dando como resultado la muerte del tallo.

En un estudio CENGICAÑA (2009), sobre el efecto de sobredosis provocado por el inductor a la maduración de caña más utilizado (Glifosato), ocurre en el traslape durante la aplicación a variedades susceptibles de esta molécula, como lo es la CP88-1165 en plantía. Originando una serie de efectos adversos en el desarrollo normal del cultivo como la altura de planta, pudiendo provocar una diferencia notable equivalente a 30 días de diferencia a lo largo del ciclo de vida y de esta manera afectando la producción.

B. Manifestaciones internas por la maduración

Según Barreto (1991), una de las manifestaciones internas más importantes que expresa la planta de caña de azúcar, debido al uso de productos inductores a la maduración, es el aumento de la concentración de sacarosa.

En los entrenudos apicales la concentración de sacarosa generalmente es baja, mientras que la glucosa y fructosa son mayores provocando en este estado una reducción en la pureza del jugo. Todo esto en comparación con los entrenudos basales e intermedios. Barreto (1991), menciona que la eficiencia en el uso de inductores a la maduración está directamente relacionada con la eficiencia en la recuperación final de sacarosa en la fábrica.

2.2.13 Factores que influyen en la maduración de caña de azúcar

A. Humedad

Según CENICAÑA (2019), al aproximarse el momento del corte, es necesario reducir el contenido de humedad en el suelo y por consecuente la humedad interna de la misma planta; debido a que es uno de los factores dominante para la síntesis y traslocación de los azúcares, aumentando así, la calidad del jugo. Cuando el desarrollo de la planta se retarda, disminuye la demanda de azúcares y éstos se almacenan principalmente en el tercio superior del tallo.

En algunas regiones se hacen programas de maduración mediante la reducción del suministro de agua para estimular la concentración de azúcares en los tallos. Sin embargo, cuando la humedad en el suelo se recupera por las lluvias o por el riego, se puede reiniciar el desarrollo vegetativo del cultivo, lo que disminuye la calidad de los jugos, según CENICAÑA (2019).

B. Temperatura

Es quizás, el factor que más influye en la maduración de la caña de azúcar. Según Martínez (2020), la temperatura afecta la absorción de agua y nutrimentos por la planta, limitando o acelerando su crecimiento y desarrollo.

Según Martínez (2020), en condiciones tropicales la temperatura tiene su mayor efecto sobre la calidad del jugo en los períodos secos, cuando la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima oscila entre 11 °C y 12 °C lo que estimula el almacenamiento de sacarosa, mientras que en las épocas lluviosas esta oscilación es menor y los rendimientos decrecen.

C. Luminosidad

La caña de azúcar al ser una planta fotosintética C4, es muy eficiente en la absorción de energía lumínica en los cloroplastos, siendo esta la principal fuente de energía para los cultivos. La luminosidad tiene un papel importante en la producción y almacenamiento de sacarosa en las hojas y tallos respectivamente, por ello, es exigente en los niveles de energía radiante que deben alcanzarse en los tejidos foliares para transformación de biomasa, lo que según Martínez (2020), se conoce como tonelaje de caña y finalmente azúcar.

D. Nutrientes

Según CENGICAÑA (2012), el nitrógeno es esencial durante la etapa inicial de desarrollo para obtener altas producciones de caña; sin embargo, cuando se aplica en exceso tiene un efecto negativo en la calidad del jugo. Para una adecuada maduración es necesario que este nutriente se mantenga en las hojas en niveles bajos hacia el final del período vegetativo. Las aplicaciones de este elemento se deben hacer en los primeros meses de del cultivo (entre 2 y 6 meses) y no más tarde, para no interferir en la acumulación de sacarosa.

El fósforo es clave para la buena calidad de los jugos. Según CENGICAÑA (2012), estima que para obtener una buena clarificación en los procesos de obtención de azúcar y en la elaboración de panela, se requiere una concentración mínima en el jugo de 300 mg/l de P_2O_5 .

La función del potasio, según Taiz L. & Zeiger (2006), juega un papel muy importante como catalizador dentro del metabolismo de las plantas y generalmente se encuentra donde existe transferencia de energía dentro de la planta, así mismo favorece la acumulación y consumo de azúcares dentro de la planta durante el desarrollo vegetativo.

Lazcano (2000), menciona que el potasio en el transporte de azúcares es esencial, ya que la deficiencia de este nutriente limita el transporte (movimiento) de azúcares desde las hojas (punto de fabricación) a los lugares de almacenamiento. El movimiento de los azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de 2.5 cm por minuto en las plantas de caña.

Según CENGICAÑA (2012), el potasio y su relación con el contenido de nitrógeno afectan el desarrollo del cultivo de caña de azúcar y su rendimiento. Cuando el contenido de nitrógeno en los tejidos es alto y el de potasio es crítico, la humedad y los azúcares reductores en la planta se encuentran altos, al mismo tiempo la sacarosa y la pureza de su jugo son bajos, provocando que el rendimiento se vea afectado, siendo menor en ese momento. A medida que disminuye el contenido de nitrógeno y aumenta el de potasio, la humedad y los azúcares reductores bajan y se incrementan la sacarosa y la pureza, mejorando la calidad de los jugos lo que se traduce en un mejor rendimiento.

2.2.14 Cosecha de caña de azúcar

La cosecha de este cultivo en Guatemala inicia en noviembre, época con menor cantidad de lluvia y temperaturas superiores a los 28 °C en la costa sur del país, aunque en algunos casos dependiendo de los volúmenes de producción, puede extenderse hasta mediados de mayo según CENGICAÑA (2012).

Según CENGICAÑA (2012), la cosecha o zafra está dividida en tercios, debido a las diferencias en productividad de azúcar en el transcurso de la zafra. El primer tercio comprende los dos primeros meses (noviembre y diciembre), el segundo tercio enero y febrero, y el último tercio marzo y abril (ocasionalmente hasta mediados de mayo).

De acuerdo con CENICAÑA (2019), la cosecha se lleva a cabo cuando la plantación tiene una edad entre los once y los dieciséis meses, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen, la corteza de la capa se vuelve quebradiza. Es

necesario una quema a la plantación para eliminar malezas (Figura 19A) para facilitar el corte de caña, así poder realizarla de forma manual o mecanizada.

E. Cosecha a granel (manual)

Requiere de colaboradores hábiles para la manipulación de la herramienta conocida como machete australiano, el cual le permite una adecuada altura de corte con menor esfuerzo, dejando 5 cm de altura de tallo, aumentando la eficiencia en su trabajo. Un corte muy alto (mayor a 5 cm) provoca pérdidas de biomasa en el área cultivada, lo que según CENGICAÑA (2012), se traduce en menor productividad.

Con el uso de una maquina agrícola (cameco), un operario alza la caña recién cortada y la deposita en una jaula (góndola) transportada por tractor (Figura 20A).

F. Cosecha mecanizada

Según CENGICAÑA (2012), el porcentaje de la cosecha mecanizada por ingenio varía del 5 % al 33 % por ciento. Las eficiencias obtenidas por cosechadora en la zafra 2010 y 2011 son de 35.36 T de caña cosechadas por hora y 478 T de caña cosechadas por día.

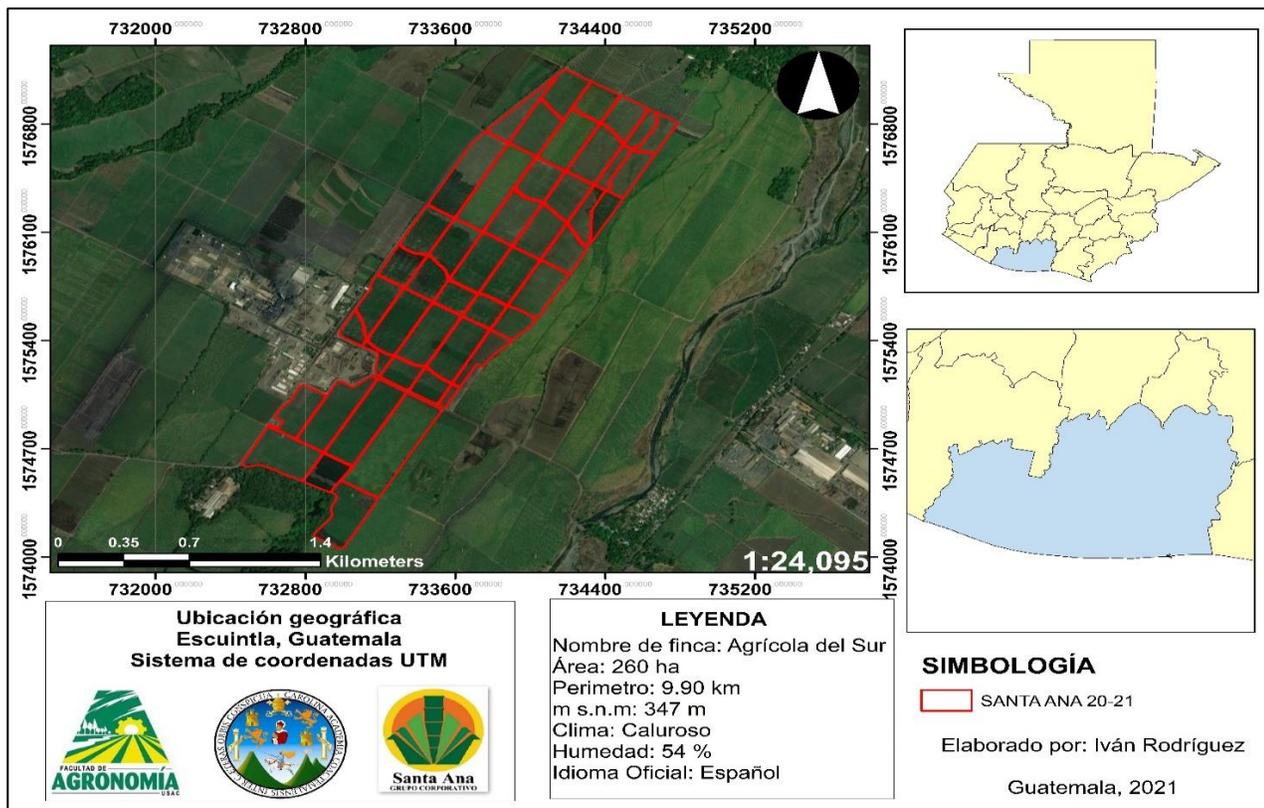
Se hace uso de maquinaria especializada para esta labor, requiere de un operario para su funcionamiento. Corta los tallos de caña en trozos de aproximadamente 25 cm a 30 cm de longitud, cargándolos a la vez en una jaula (góndola) el cual posee un tractor que acompaña a la maquina cortadora.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación geográfica

La finca Agrícola del sur pertenece a la región VI del grupo corporativo Santa Ana S.A, se ubica a un costado de la carretera que conduce al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, a la altura del kilómetro 64.5 (CA2) en el municipio de Escuintla, Escuintla (figura 1). La finca se encuentra en una altitud media de 174 m s.n.m (metros sobre el nivel del mar), cuenta con una extensión territorial de 260 hectáreas y sus coordenadas geográficas para su ubicación son: $14^{\circ}14'54.22''$ Norte y $90^{\circ}49'58.89''$ Oeste (Google Earth Pro® 2020).

En la figura 3 se presenta la localización geográfica de finca Agrícola del Sur, Escuintla, Escuintla.



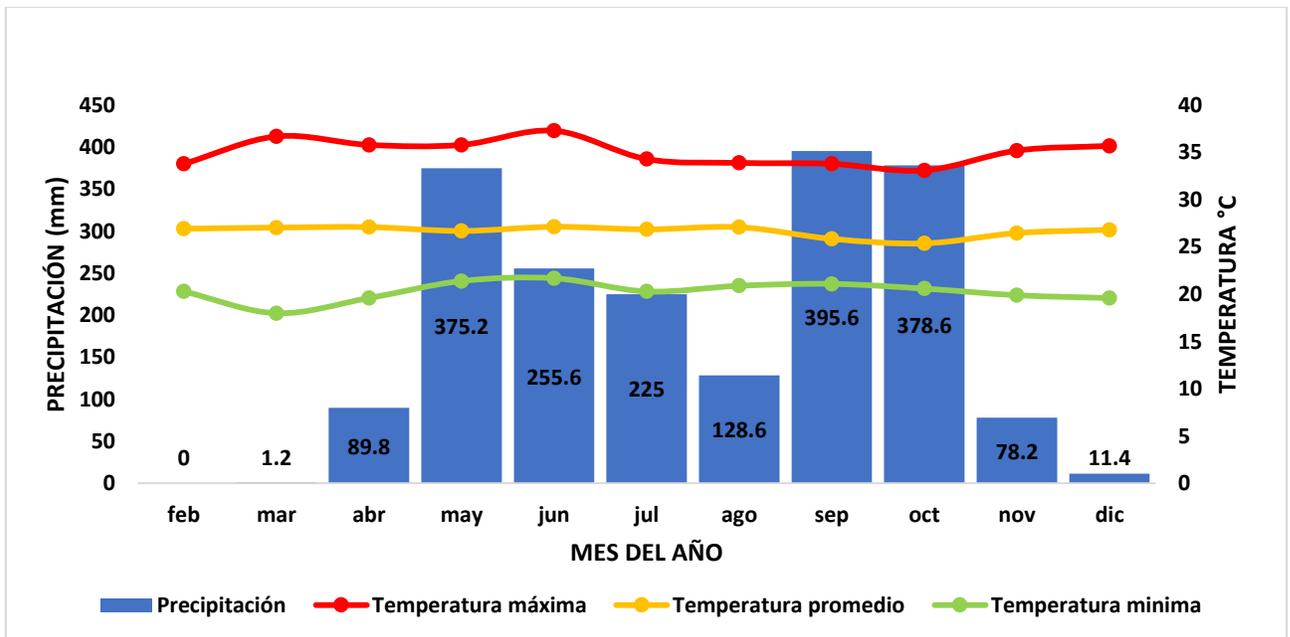
Fuente: Google earth, 2021.

Figura 3. Ubicación de finca Agrícola del Sur, Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

2.3.2 Clima

Según Climatedata (2019), en la finca Agrícola del Sur existe una temperatura promedio anual de 26.9 °C y una precipitación pluvial anual mayor a 3,000 mm distribuidos en su mayoría de abril a noviembre.

En la figura 4 se aprecia gráficamente datos climáticos del año 2019, recopilados en una estación meteorológica de la empresa.



Fuente: Grupo Corporativo Santa Ana S.A, 2020.

Figura 4. Condiciones climáticas durante el año 2019 en finca Agrícola del Sur.

2.3.3 Relieve

La finca Agrícola del Sur, perteneciente al grupo Corporativo Santa Ana S.A. Según CENGICAÑA (1994), se encuentra dentro del paisaje clasificado como “planicie fluvio-volcánica de pie de monte”, su tipo de relieve es descrito como cuerpo y ápice de los abanicos y conos del pie de monte, conformados por lahares y derrames de materiales

coluvio-aluviales, su origen es volcánico (cenizas, pomez, papilli, escorias); su relieve varía desde ligera a fuertemente ondulado en los ápices, es plano y ligeramente inclinado en el cuerpo de los abanicos.

2.3.4 Suelo

Dentro de sus características edáficas, CENGICAÑA (1994), establece que de acuerdo a su clasificación taxonómica son suelos pertenecientes al orden de los Andisoles. Son suelos pocos evolucionados de perfil ABC y AC, de colores oscuros humíferos, de baja densidad aparente, consistencia friable a suelta, desarrollados esencialmente sobre materiales amorfos; de reacción principalmente ácida y de alta fijación de fósforo. De acuerdo con MAG (2010), la pendiente de estos suelos varía entre 0 % a 1 %, son moderadamente profundos con buen drenaje, y por ello con ligera erosión.

Según la Universidad del Tolima, Colombia (2013) los suelos del orden Andisoles presentan un horizonte superficial oscuro rico en materia orgánica, de textura franca y estructura blocosa media. El horizonte B es pardo amarillento y de textura franca con alto contenido de materia orgánica que permite considerarlo transicional con el horizonte A. También relata que son suelos muy ácidos, con saturación de bases muy baja y capacidad de intercambio catiónica muy alta, la disponibilidad de fósforo para las plantas es muy baja y poseen una fertilidad de baja a media.

2.3.5 Zona de vida

De acuerdo con Holdridge (2000), la finca se encuentra en la zona de vida: bosque húmedo tropical (bh-T). Esta zona de vida registra precipitaciones pluviales anuales que varían entre 1,426 mm y 4,071 mm, los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 24 °C y los 28.1 °C, siendo el valor promedio para todo el sistema ecológico de 25.65 °C.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

- Evaluar el efecto de tres productos inductores a la maduración en caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en busca de alternativa al uso de agroquímicos que contengan ingrediente activo la molécula glifosato. En finca Agrícola del Sur, del grupo Corporativo Santa Ana S.A

2.4.2 Específicos

1. Evaluar el efecto de Biomin boro, BigK y Humax en la producción de toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH).
2. Evaluar el efecto de Biomin boro, BigK y Humax en la concentración de sacarosa en libras de azúcar por tonelada de caña, conocida como rendimiento real.
3. Determinar la rentabilidad del uso Biomin boro, BigK y Humax como inductores a la maduración de caña de azúcar.x

2.5 HIPÓTESIS

La aplicación de Biomin boro, BigK o Humax como estimulante a la maduración en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CP73-1547, inducirá una mejor respuesta en el cultivo, en comparación con el tratamiento que contiene glifosato como ingrediente activo y el sin aplicación en las variables: rendimiento real, toneladas de caña y azúcar por hectárea.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Selección del pante

Se seleccionó un lote con el cultivo de caña de azúcar de la variedad CP73-1547 en la finca Agrícola del Sur del ingenio Santa Ana. El lote fue sembrado el 12 de marzo de 2016 y contaba con tres cortes previos sin renovación del cultivo.

2.6.2 Factores de estudio

- El material experimental vegetativo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) sometido a esta evaluación fue la variedad CP73-1547.
- Los inductores a maduración, conocidos comercialmente como: Biomin boro, BigK, Humax y Roundup SL.

2.6.3 Tratamientos

Los productos para determinar el efecto de inducción a la maduración de caña, variedad CP73-1547, dosis utilizada, área aplicada y el número de repeticiones se muestran en el cuadro 2 y su ubicación espacial en la figura 9A.

Cuadro 2. Cantidad de productos y utilizados por cada tratamiento.

Tratamiento	Producto	Cantidad de producto	Área (ha)	Repeticiones
T1	Testigo	Sin aplicación	1.71	3
T2	Roundup SL y Humax	0.95 l/ha más 0.70 kg/ha	1.68	3
T3	Biomin y BigK	1.5 l/ha más 3 l/ha	1.68	3
T4	Roundup SL y Boro	0.95 l/ha	1.68	3

2.6.4 Variables de estudio

A. Toneladas de caña por hectárea (TCH)

La estimación de esta variable se realizó cosechando cada unidad experimental y determinando su peso con apoyo de una báscula industrial. Se utilizó la ecuación para obtener tonelada de caña por hectárea.

$$\text{Tonelada de caña por hectárea} = \frac{\text{Toneladas de caña cosechadas}}{\text{Unidad de área cosechada}}$$

B. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

Para su determinación se utilizó la ecuación proporcionada por coordinación de investigación del grupo Corporativo Santa Ana S.A. la cual por fines prácticos trabajan con toneladas cortas (2000 libras).

$$\text{Tonelada de azúcar por hectárea} = \frac{\text{TCH} * (\text{Rend. Real} - 100)}{2,000 \text{ lb}}$$

C. Rendimiento real en libras de azúcar por tonelada de caña

Esta variable se midió a través de muestreos conocidos como precosecha (Figura 18A), dichos muestreos se realizaron cada semana a partir de los 17 días posterior a la aplicación de los productos evaluados. Las muestras fueron enviadas al laboratorio del grupo Corporativo Santa Ana S.A para el análisis de calidad y determinación de rendimiento real. Los muestreos se realizaron a 25 m dentro del lote, partiendo de la orilla. Cada tratamiento contó con 6 puntos de muestreo (2 por repetición).

D. Especificaciones de la evaluación

Las especificaciones con las cuales contaba y se desarrolló la evaluación se describen a continuación.

- Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento.
- La unidad experimental donde se llevó a cabo la evaluación fue de 9.5 ha, con una franja de seguridad de 25 m a cada lado, equivalente a 2.77 ha.
- La parcela neta tuvo un área de 6.72 ha.

El distanciamiento entre surcos fue de 1.5 m y 15 yemas vegetativas sembradas por metro lineal.

2.6.5 Manejo del cultivo

A. Control de maleza, enfermedades y plagas

Al control de las maleza, enfermedades y plagas se manejó según el programa establecido por el ingenio, haciendo uso de maquinaria agrícola, control cultural, químico y/o biológico.

Se utilizó maquinaria e implementos agrícolas como tractor y aguilón para la aplicación de herbicidas preemergentes y posemergente a los 14 y 45 días después de la cosecha, para controlar coyolillo (*Cyperus rotundus*), malanguilla (*Syngonium*) y caminadora (*Rottboella cochichinensis*), principalmente.

Para el control de plagas se siguió el programa de finca. Consiste en establecer puntos de muestreo dentro del lote, siendo este nylon verde con pegamento especial para atraer y cuantificar los insectos atrapados, aplicación de insecticidas y liberaciones de agentes biológicos para control de barrenador (*Diatraea saccharalis*) y evitando una invasión secundaria de la enfermedad muermo rojo (*Physalospora tucumanensis*).

B. Fertilización y riego

Se llevó a cabo siguiendo el plan de fertilización y riego de finca para brindar el requerimiento nutricional e hídrico necesario al cultivo según sus fases fisiológicas. El riego fue suspendido 45 días previo a la fecha programada de cosecha, para no estresar la planta e interrumpir la maduración, así mismo, sin afectar la calidad de los jugos.

C. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los productos se realizó con un helicóptero modelo Bell, el cual cuenta con un tanque que transporta el producto, también con un aguilón que brinda un ancho faja de 8 m, a una descarga de 7 gal/ha y GPS como parte de su sistema de navegación.

El equipo y materiales utilizados durante la aplicación fueron:

- Boquillas tipo TeeJet DG8005.
- Dos motores de 7 hp.
- Un tanque plástico, con capacidad de 300 gal y agua.
- Cinco mangueras de flujo y un Venturi.
- Una probeta de un litro, una de medio litro y dos picheles de dos litros cada uno.
- Cuatro cubetas plásticas con escala de 1 l a 20 l.
- Una balanza.
- Guantes de nitrilo.
- Mascarilla fitosanitaria para aplicación de agroquímicos FFA1P3.
- Overol impermeable con gavacha.
- Botas de hule con suela gruesa.
- Equipo para medir pH, dureza y conductividad eléctrica del agua.
- Corrector de pH y dureza de agua.
- Surfactantes.
- Biomin boro, Roundup SL, Humax y BigK.

D. Cosecha

La cosecha se realizó tipo manual debido a la franja de seguridad en los bordes de la parcela neta (Figura 20A).

2.6.6 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, debido a que existe pendiente en el área de estudio, con dirección hacia el sur, y vientos que predominan en el mismo sentido. Según Ezequiel López y Byron Gonzáles (2014), este diseño es utilizado cuando se tienen dudas acerca de la homogeneidad del ambiente o cuando, por

experiencia, se sabe de su heterogeneidad; lo cual permite bloquear factores que puedan influir en los resultados.

A. Modelo estadístico

Ezequiel López y Byron Gonzáles (2014), definen la siguiente ecuación como modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

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

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

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

B. Análisis de los datos

Para el respectivo análisis de los resultados obtenidos del ensayo, se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad, seguido del análisis de varianza (ANDEVA) para cada variable, con 95 % de confiabilidad. Haciendo uso del software Infostat. Así mismo, se realizó prueba de medias a la variable de respuesta con diferencia estadísticamente significativa.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función a las variables evaluadas en esta investigación de productos inductores a la maduración, en el cultivo de caña de azúcar variedad CP73-1547, se presentan los resultados. Cabe resaltar que no fue posible realizar la aplicación de una repetición del cuarto tratamiento (Roundup SL), debido a temperatura y velocidad del viento constante, superior a lo permitido por coordinación de aplicaciones aéreas para garantizar una óptima aplicación con helicóptero.

Las condiciones del tiempo para realizar las aplicaciones fueron monitoreadas con un medidor meteorológico y ambiental portátil, comercialmente distribuido con el nombre de Kestrel modelo 5500. Las condiciones que limitaron la realización de la cuarta repetición de Roundup SL. Fueron:

- Viento constante de 7.5 km/h.
- Humedad relativa 56 %.
- 33.5 °C.

Coordinación de aplicaciones aéreas del grupo Corporativo Santa Ana S.A, realiza esta labor con helicóptero siempre y cuando se cumplan condiciones climáticas óptimas para la aplicación de productos inductores a la maduración en caña de azúcar, descritas a continuación:

- La humedad relativa debe encontrarse en el rango de 91 % a 94 %.
- 60 % de humedad relativa, como mínimo permitido.
- Viento máximo de 7 km/h.
- Temperatura máxima permitida de 32 °C.

Los valores p(unilateral) de la prueba de normalidad de Shapiro Wilks modificada para las variables: Rendimiento real, TCH y TAH (cuadro 3) son superiores al de significancia (5 %), se concluye que los errores de cada variable de respuesta (Rendimiento real, TCH y TAH) siguen una distribución normal.

Cuadro 3. Prueba de Shapiro Wilks modificado.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento Real	11	0	8.17	0.97	0.8918
TCH	11	0	3.82	0.98	0.9559
TAH	11	0	0.27	0.99	0.9968

En la prueba de Levene (cuadro 4), se muestra que el p-valor para las variables de respuesta Rendimiento real y TAH son superiores al de significancia (5 %), lo cual indica que los errores no tienen la misma variancia, existiendo heterocedasticidad. Según Banzatto y Kronka, citados por López y Gonzales (2014) la heterogeneidad existente es de tipo irregular; esto ocurre cuando ciertos tratamientos presentan mayor variabilidad que otros y en los cuales es considerado un grupo de parcelas no tratadas (testigo).

Cuadro 4. Prueba de Levene.

Variable	n	C.V	p-valor
Rendimiento Real	11	44.28	0.0252
TCH	11	40.67	0.0603
TAH	11	21.99	0.0005

Según el del análisis de varianza (ANDEVA) descrito en el cuadro 5, y realizado con el software estadístico Infostat, no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable rendimiento real (libras de azúcar por tonelada de caña) como lo muestra el p-valor de 0.7244, con un 95 % de confiabilidad.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento real.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento Real	11	0.4	0	3.3	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	438.34	5	87.67	0.66	0.6724
Tratamiento	182.96	3	60.99	0.46	0.7244
Repetición	255.38	2	127.69	0.96	0.4451
Error	667.92	5	133.58		
Total	1106.26	10			

No existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable de respuesta tonelada de caña por hectárea (cuadro 6). Con un 95 % de confiabilidad, se obtuvo un p-valor de 0.3133 en los resultados estadísticos del análisis de varianza, el cual es mayor al de significancia (5 %).

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable tonelada de caña por hectárea (TCH).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
TCH	11	0.75	0.51	4.79	
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	448.66	5	89.73	3.08	0.1212
Tratamiento	134.66	3	44.89	1.54	0.3133
Repetición	314.01	2	157	5.39	0.0565
Error	145.66	5	29.13		
Total	594.32	10			

Para el caso de la variable de respuesta tonelada de azúcar por hectárea ó TAH, el análisis de varianza demostró que existe diferencia estadística significativa entre los cuatro tratamientos evaluados, indicado por el p-valor de 0.0139 el cual es menor al valor de significancia (5 %). Según se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable tonelada de azúcar por hectárea (TAH).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
TAH	11	0.9	0.81	2.75	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.07	5	1.41	9.43	0.0139
Tratamiento	3.9	3	1.3	8.68	0.02
Repetición	3.17	2	1.58	10.56	0.016
Error	0.75	5	0.15		
Total	7.82	10			

Como el análisis de varianza demostró diferencia significativa entre tratamientos para la variable de respuesta TAH, se realizó el análisis posterior al ANDEVA. El cual consistió en realizar la prueba de comparación múltiple de medias, según el método de Tukey mostrado en el cuadro 8; el tratamiento que proporcionó mayor cantidad media de toneladas de azúcar por hectárea fue el testigo con 14.71. Tal como se aprecia en la figura 5.

Cuadro 8. Prueba de medias para la variable tonelada de azúcar por hectárea (TAH), utilizando el test estadístico de Tukey.

Tratamiento	Producto	Dosis	Medias	n	E.E.	GL: 5	
T1	Testigo Absoluto	Sin aplicación	14.71	3	0.22	A	
T2	Roundup SL más Humax	0.95 l/ha más 0.7 kg/ha	14.52	3	0.22	A	
T3	Biomin más Bigk	1.5 l/ha más 3 l/ha	13.47	3	0.22	A	B
T4	Roundup SL	0.95 l/ha	13.12	2	0.29		B

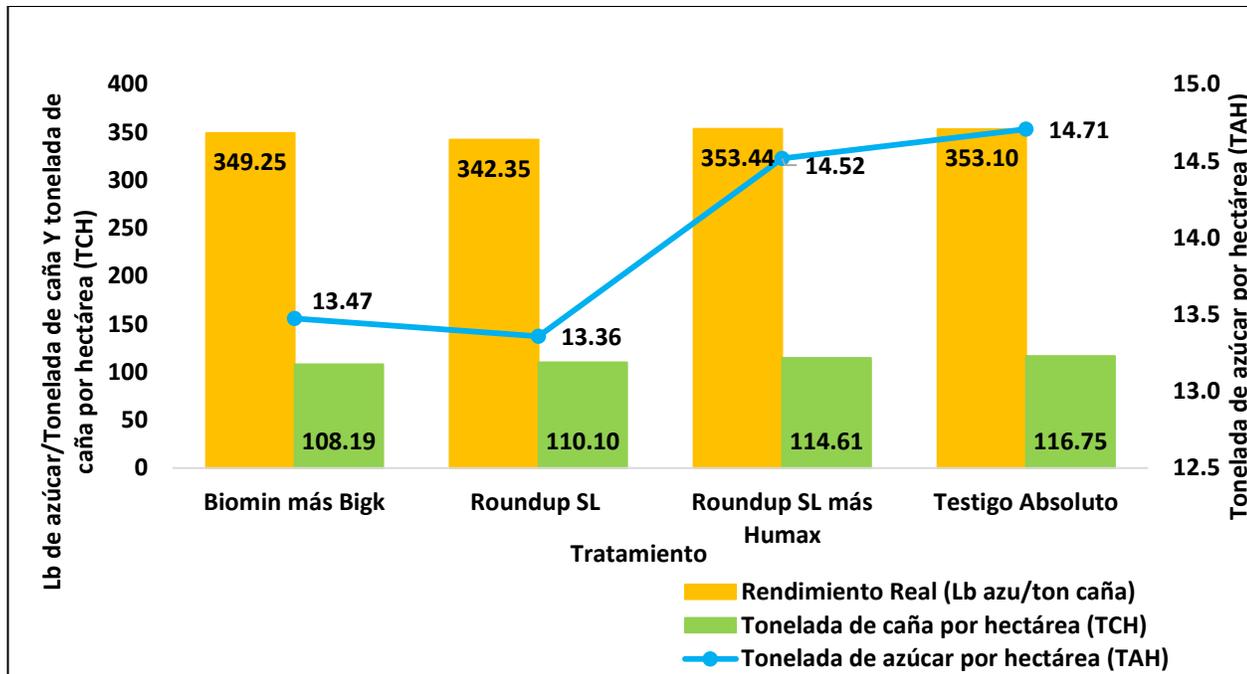


Figura 5. Gráfico de rendimiento promedio para las variables estudiadas.

En la figura 6 se presenta el climagrama de las condiciones climáticas que se presentaron durante el tiempo de evaluación, proveniente de una estación meteorológica ubicada en el interior de la región denominada como “VI” del grupo Corporativo Santa Ana, S.A.

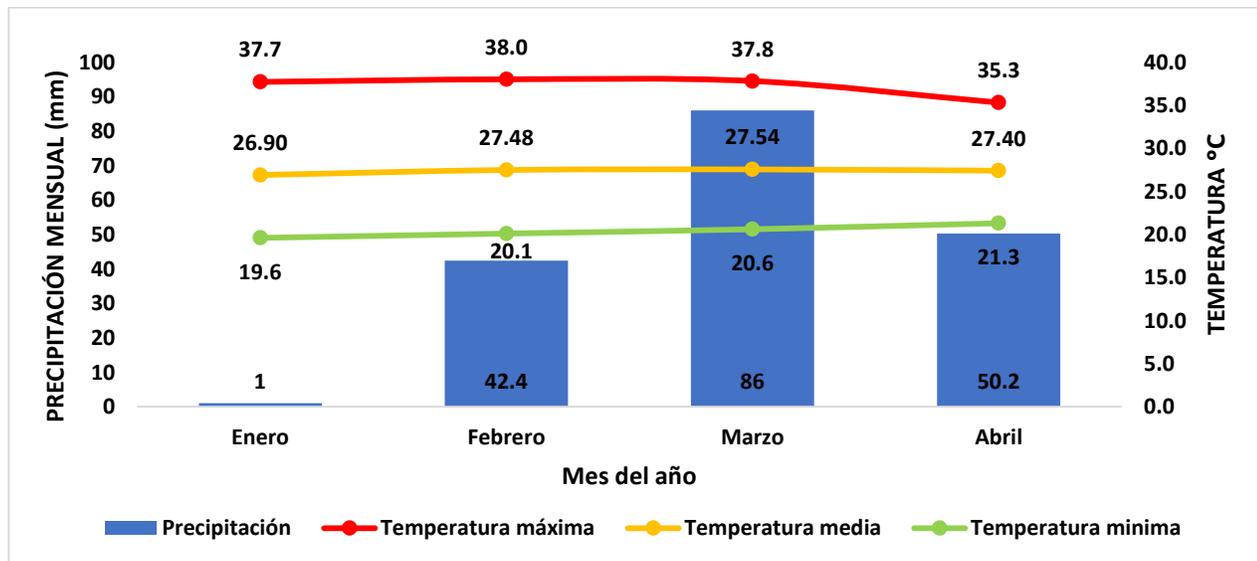


Figura 6. Condiciones climáticas que existieron durante la evaluación.

De acuerdo a la figura 6 se puede apreciar que la mayor cantidad de precipitación registrada mensualmente corresponde a marzo, con 86 mm. También, es posible observar que la mayor diferencia entre temperatura máxima y mínima se registró en enero (18.1 °C); esto es de importancia debido a que ambos factores (precipitación y temperatura), son los que mayor influencia tienen en la maduración fisiológica del cultivo de caña de azúcar, según Martínez (2020).

Mediante los resultados de muestreos precosecha fue posible realizar una curva de maduración con la variable rendimiento real perteneciente a cada tratamiento evaluado la cual se detalla en la figura 7.

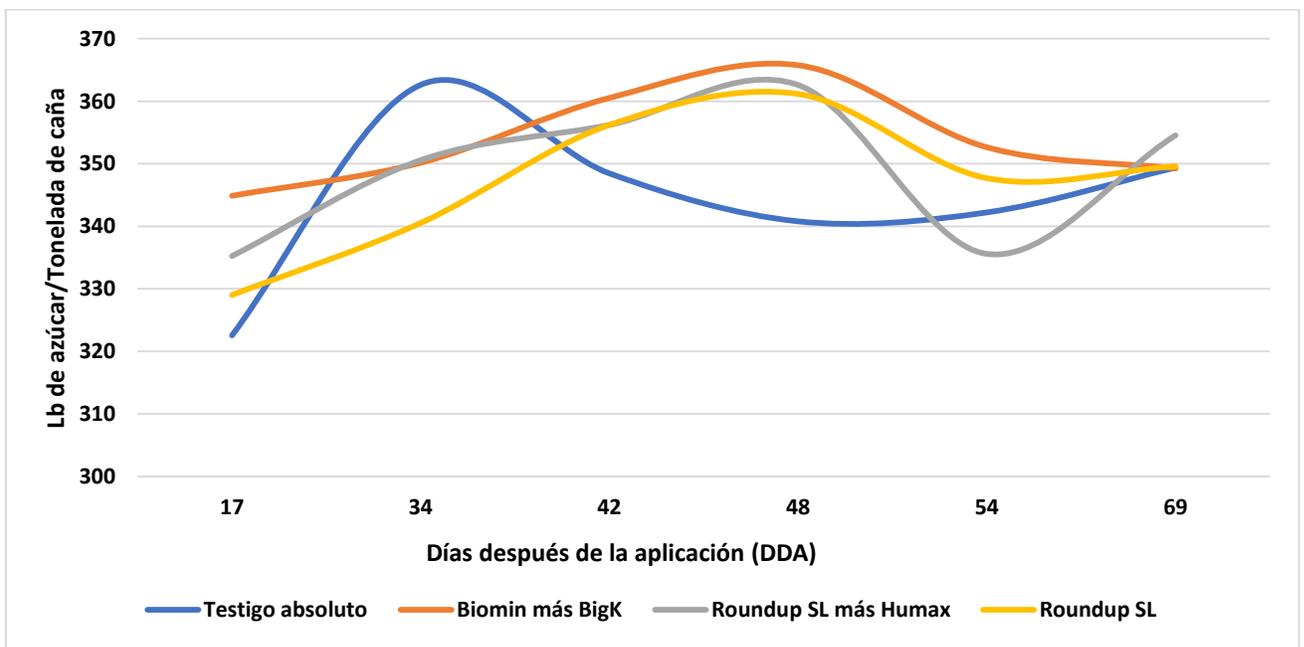


Figura 7. Curva de maduración de cada tratamiento, monitoreado durante nueve semanas previo a la cosecha.

Los cuatro tratamientos manifestaron disminución e incremento en el rendimiento real, durante los días que se llevó a cabo el seguimiento (69 días); probablemente influenciado por factores climáticos que se presentaron durante su monitoreo, por ejemplo, la

temperatura y precipitación. Los cuales, según CENICAÑA (2019), el aumento gradual en la precipitación, influye en la calidad de los jugos, disminuyendo el rendimiento durante la etapa fisiológica de maduración en el cultivo de caña de azúcar.

En el último muestreo de precosecha, realizado previo a la cosecha, el tratamiento con mayor concentración de sacarosa en el tejido parenquimatoso del culmo, lugar donde según CENGICAÑA (2012), la planta de caña de azúcar almacena sus fotosintatos, fue Roundup SL más Humax siendo levemente superior con 354.55 lb de azúcar por tonelada de caña. Estos resultados se pueden apreciar en la figura 7, donde se muestran curvas de maduración por cada tratamiento, las cuales indicaban cuál de estos era potencialmente, del que mayores rendimientos se esperaba obtener.

En los resultados de laboratorio del primer muestreo de precosecha llevada a cabo a los 17 días después de la aplicación, el rendimiento real de cada tratamiento fue diferente. Posiblemente pudo deberse a variabilidad de condiciones naturales físico-químicas del suelo dentro del mismo lote, distinto número de tallos (población) dentro de los puntos de muestreo (competencia por agua, luz y nutrientes), estrés en el cultivo y demás, la cual según CENGICAÑA (2012), la planta expresa en el transcurso de su ciclo de vida.

Mediante la figura 8 se puede apreciar la precipitación acumulada que se registró durante el tiempo de evaluación, en la cual existieron más a 120 mm de lluvia.

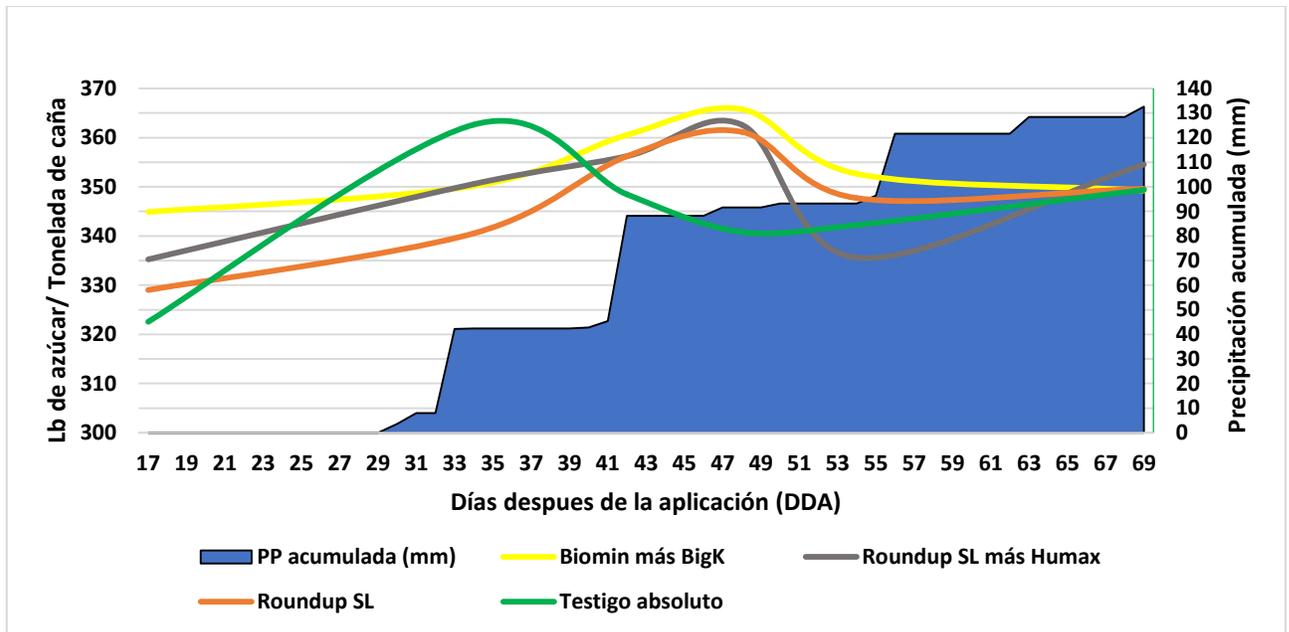


Figura 8. Gráfico de maduración y precipitación acumulada en los días después de la aplicación.

El efecto óptimo de los inductores a la maduración en el cultivo de caña de azúcar, como lo son los productos utilizados en esta evaluación, se encuentra en un rango de tiempo, que según NOA (1997), es de 4 a 6 semanas a partir del día de la aplicación. Posterior a estas semanas el rendimiento desciende, debido a que la planta al estar en avanzada edad fisiológica (maduración), desdobla los fotosintatos almacenados como sacarosa a glucosa y fructosa; aunado a eso, la precipitación pluvial incrementa la humedad en el suelo a un punto el cual, es suficiente para afectar la calidad de los jugos. Según López Bautista (1999), esto sucede al desdoblar la sacarosa en fructosa y glucosa para que la planta de caña de azúcar se mantenga fisiológicamente activa.

De acuerdo con la figura 8, se visualiza que a los 48 días después de la aplicación, existieron cerca de 90 mm de precipitación acumulada. Dicha lluvia, combinado con los días que el inductor a la maduración había sido aplicado, los cuales ya sobrepasaba el rango óptimo de efecto en el cultivo, pudo haber provocado que el rendimiento real en libras de azúcar por hectárea empezara a descender; a excepción del tratamiento testigo, el cual su descenso

inició a los treinta y cuatro días; posiblemente inducido por lo avanzado de su madurez fisiológica natural, lo cual según Martínez (2020) la planta desdobla los fotosintatos almacenados.

2.8 CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la producción de toneladas de caña por hectárea (TCH), en respuesta a los inductores de maduración, es la misma estadísticamente, según el cuadro 6 el cual muestra un p-valor de 0.3133 en el análisis de varianza. Para el caso de la variable toneladas de azúcar por hectárea, sí existió diferencia en la respuesta del cultivo, demostrado estadísticamente en el cuadro 7 con una confiabilidad del 95 %. De acuerdo con el test de tukey para prueba de medias (cuadro 8), el tratamiento con mayor cantidad media en su rendimiento fue el testigo absoluto, con 14.71 TAH.
2. El efecto de los productos inductores a la maduración para el cultivo de caña de azúcar fue semejante (figura 5), aumentando el rendimiento del cultivo a partir de la tercera semana hasta alcanzar el máximo entre la sexta y séptima semana según cada tratamiento. Posterior a este tiempo el rendimiento real, en promedio, disminuyó hasta las 350 libras de azúcar por tonelada de caña, lo que confirma la teoría en la cual menciona este efecto adverso posterior al rango de tiempo óptimo para su cosecha, que tienen estos agroquímicos para dicho cultivo.
3. No es factible calcular la rentabilidad de los productos utilizados como inductores a la maduración en caña de azúcar, debido a que el tratamiento sin aplicación (testigo absoluto) fue del que se obtuvieron los mejores rendimientos.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar más evaluaciones de productos agroquímicos inductores a la maduración de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en busca de alternativas al uso de la molécula glifosato, mediante diferentes productos, dosis, variedades, estratos y en distintos tercios de zafra. Debido a que a que se según Martínez (2020), se presentan diferentes condiciones climáticas los cuales son factores que influyen en la productividad del cultivo.
2. Tener en consideración el rango de tiempo óptimo para la cosecha del cultivo, dado en función de cada producto inductor a la maduración de caña de azúcar. Debido a que, respetando dicho tiempo, es posible obtener y aprovechar los mayores rendimientos. Tal como se demostró en esta evaluación y se aprecia en la figura 7.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Arcila, J. (1986). *Maduración química de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. In *Curso el cultivo de la caña de azúcar* (1986, Colombia). Memorias. Cali, Colombia: Tecnicaña. p. 323-347.
2. Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar, Colombia. (2016). *Historia de la caña de azúcar*. <https://www.procana.org/new/quienes-somos/historia-de-la-cana-deazucar.html>
3. Barreto, L. 1991. *Efecto de varios porcentajes y tipos de trash en rendimiento de azúcar*. International Sugar Journal. p. 191-194.
4. Benard, J. (2016). *Determinación de las pérdidas agronómicas y económicas causadas por la chinche salivosa (Aeneolamia spp.) en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) variedad CP73-1547 con una edad de nueve a doce meses pertenecientes al primer tercio*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_3079.pdf
5. Bezuidenhout, N.; O'Leary, J.; Singelsa G. & Bajicb, V. (2003). *A process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops*. Agricultural Systems. 76, (2), 589-599.
6. Buenaventura, O. (1986). *Control de maduración en el cultivo de la caña de azúcar*, Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias de un curso dictado en Cali. p. 299-307.

7. Buenaventura, C. & Yang, S. (1984). *Evaluación del glifosato y Ethepon como madurantes químicos en el Valle del Cauca*. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. 1. Cali, Colombia. p. 380-400.
8. Castro, P. (1999). Maduradores químicos en caña de azúcar. (*Saccharum officinarum*), v. 1, p. 12-16.
9. Castro, O. & Montúfar, J. (2004). *Respuesta de la caña de azúcar al riego precorte caso de la finca Churubusco*. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2003-2004. Guatemala, CENGICANA. p. 192-198.
10. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. (2019). *Factores que afectan la maduración*. <https://www.cenicana.org>
11. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. (2016). *Presentación de resultados de investigación de la zafra 2015-2016*. Guatemala. En discos compactos - 462 p. www.cengicana.org
12. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. (2010). *Madurantes*. En: XV Simposio Análisis de la Zafra. 2009-2010 CD-R. www.cengicana.org
13. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. (2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Artemis Edinter. www.cengicana.org
14. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (1994). *Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala*. Guatemala. <https://cengicana.org/files/2015090210163027.pdf>
15. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. (2019). *Factores que afectan la maduración*. <https://www.cenicana.org>

16. Climate-Data.org. (2019). Clima de Escuintla. Consultado el 18 de marzo de 2020. <https://es.climate-data.org/america-delnorte/guatemala/escuintla/escuintla-1005355/>
17. Enciclopedia colaborativa. (2013). Caña de azúcar. Consultado el 17 de marzo de 2020. https://www.ecured.cu/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar#Fuentes
18. Espinoza, G. (2012). *Maduración de la caña de azúcar (Sacharum Officinarum)*. <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
19. Farmex.com.pe. (2012). *Ficha técnica del herbicida Roundup*. Perú. Consultado el 14 de marzo de 2021. http://www.farmex.com.pe/docs/hojas_tecnicas/Roundup.swf
20. Google Earth Pro. (2020). Finca Agrícola del Sur, municipio de Escuintla, Escuintla, Guatemala. Obtenido de Google Earth: https://earth.google.com/web/@14.22160444,-90.83232397,3070.91450305a,0d,35y,0h,44.974t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
21. Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
22. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala. (2020). *Estación Costa Brava*. <https://icc.org.gt/es/icc-3/>

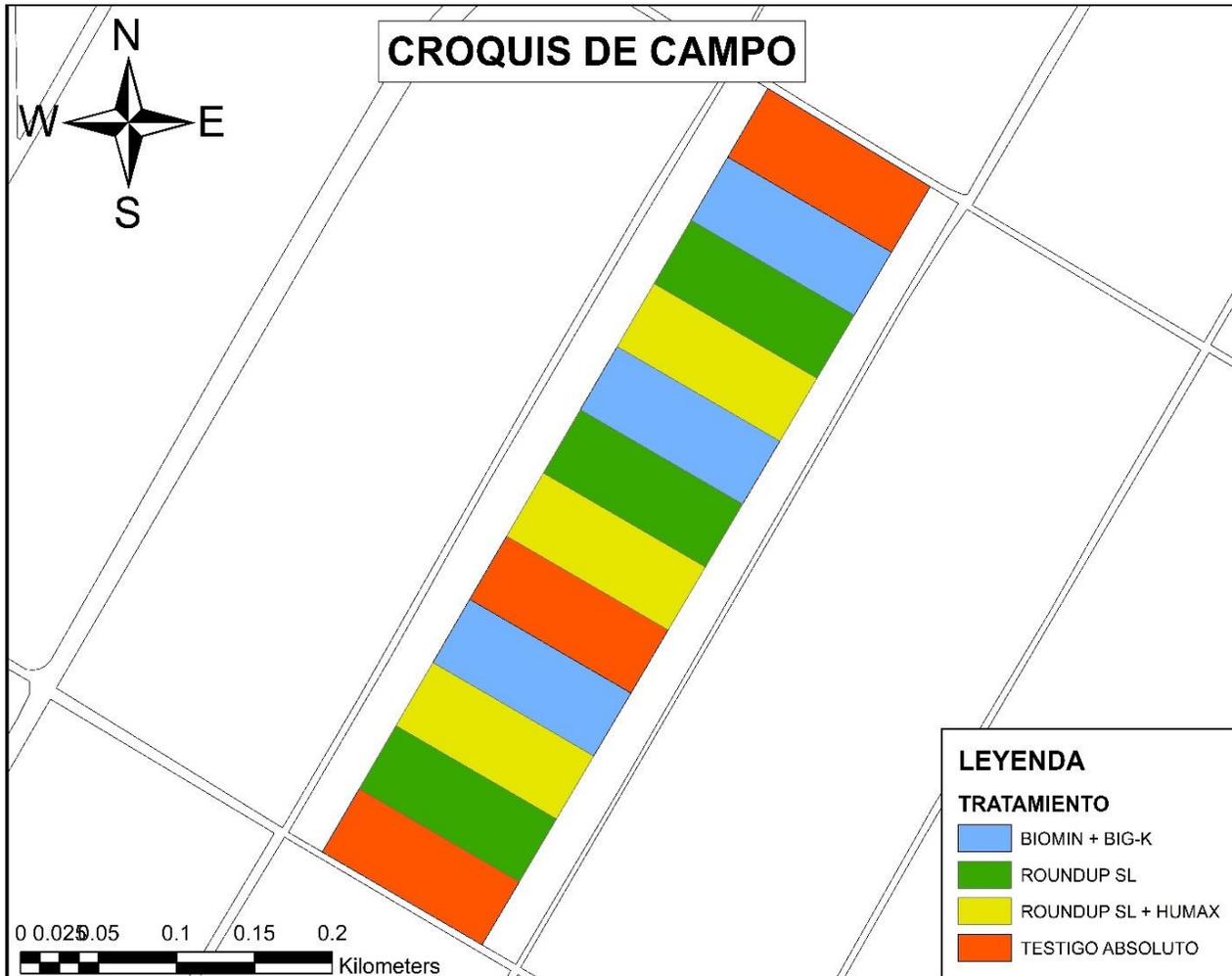
23. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. <http://www.fao.org/home/es/>
24. Lazcano, I. (2000). *El potasio esencial para un buen rendimiento en caña de azúcar*. Consultado el 4 de abril de 2019. [Http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/BD77D68F8FFC16AB852579A3007A3346/\\$FILE/EI%20potasio.pdf](Http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/BD77D68F8FFC16AB852579A3007A3346/$FILE/EI%20potasio.pdf)
25. López, E; & Gonzáles, B. (2014). *Diseño y análisis de experimentos*. Consultado el 3 de marzo de 2020. Http://cete.fausac.gt/wp-content/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf
26. Martínez, M. (2020). *Fisiología vegetal de la maduración de caña de azúcar*. <https://tamb.squarespace.com/cursos>
27. Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica. (2010). *Caracterización química y clasificación taxonómica de suelos*. <http://www.mag.go.cr/>
28. Romero, E., Scandaliaris, J., Olea, I., & Sotillo, S. (1997). *Maduración química de la caña de azúcar*. Http://www.produccion.com.ar/1997/97may_13.htm
29. Asociación de productores y proveedores de caña de azúcar. (2016). *Historia de la caña de azúcar* <Https://www.procana.org/new/quienes-somos/historia-de-la-cana-de-azucar.html>
30. SAGRISA, El Salvador. (2020). *Big K (0-0-32)*. Consultado el 25 de abril de 2020. <Http://sagrisa.com/producto/big-k-0-0-32/>
31. SAGRISA, El Salvador. (2020). *Biomin Boro (1 kg)*. Consultado el 25 de abril de 2020. <Http://sagrisa.com/producto/biomin-boro/>

32. SAGRISA, El Salvador. (2020). *Humax*. Consultado el 25 de abril de 2020.
[Http://sagrisa.com/producto/humax/](http://sagrisa.com/producto/humax/)
- 33 Taiz L.; Zeiger E. 2006. *Fisiología Vegetal*. 3a. Ed. 581 p. Editorial Sinauer Associates, Sunderland, Massachussets, USA.
34. Universidad de Tolima, Colombia. (2013). *Fisiografía y suelos*.
[Https://www.cortolima.gov.co/](https://www.cortolima.gov.co/)



2.11 APÉNDICE

2.11.1 Croquis de distribución de los tratamientos



Fuente: elaboración propia con uso del software ArcGis 2020.

Figura 9A. Croquis y distribución de los tratamientos en campo.

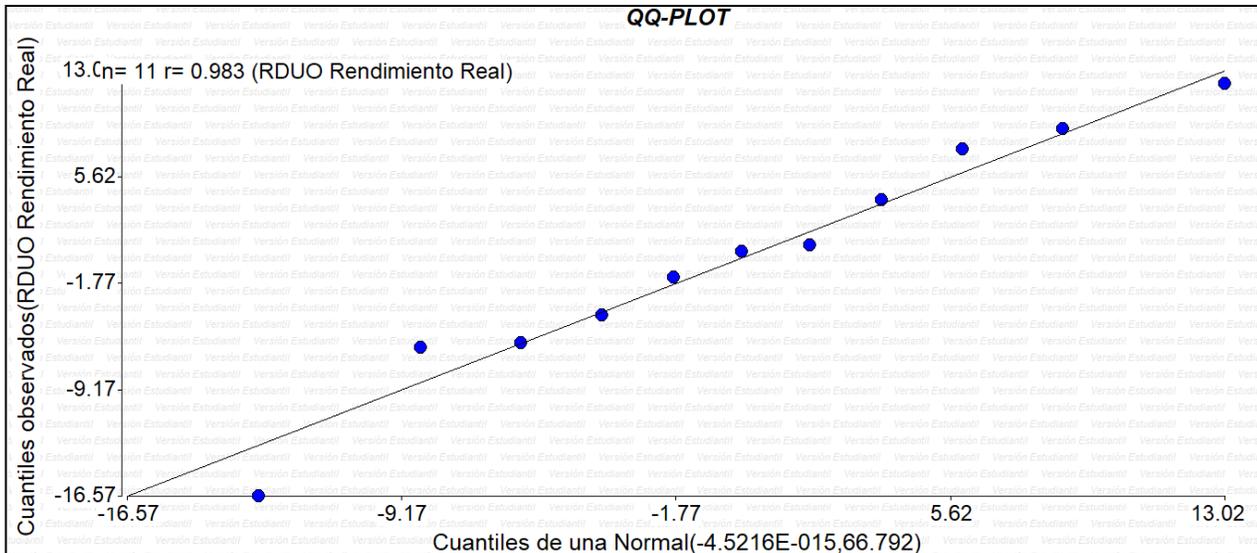
Cuadro 9A. Resultados obtenidos de la evaluación de inductores a la maduración para el cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp*) variedad CP73-1547.

Tratamiento número	Tratamiento	Repetición	Rendimiento Real (lb azu/ton caña)	Toneladas de caña por hectárea (TCH)	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)
1	Testigo Absoluto	1	335.10	129.81	15.26
	Testigo Absoluto	2	356.52	114.81	14.73
	Testigo Absoluto	3	367.7	105.62	14.14
2	Roundup más Humax	1	352.46	119.90	15.13
	Roundup más Humax	2	348.78	115.17	14.33
	Roundup más Humax	3	359.08	108.77	14.09
3	Biomin más Big-k	1	359.93	108.21	14.06
	Biomin más Big-k	2	337.78	112.27	13.35
	Biomin más Big-k	3	350.04	104.09	13.01
4	Roundup	1	348.42	115.82	14.39
	Roundup	2	336.27	104.37	12.33
	Roundup	3			

Fuente: elaboración propia 2020.

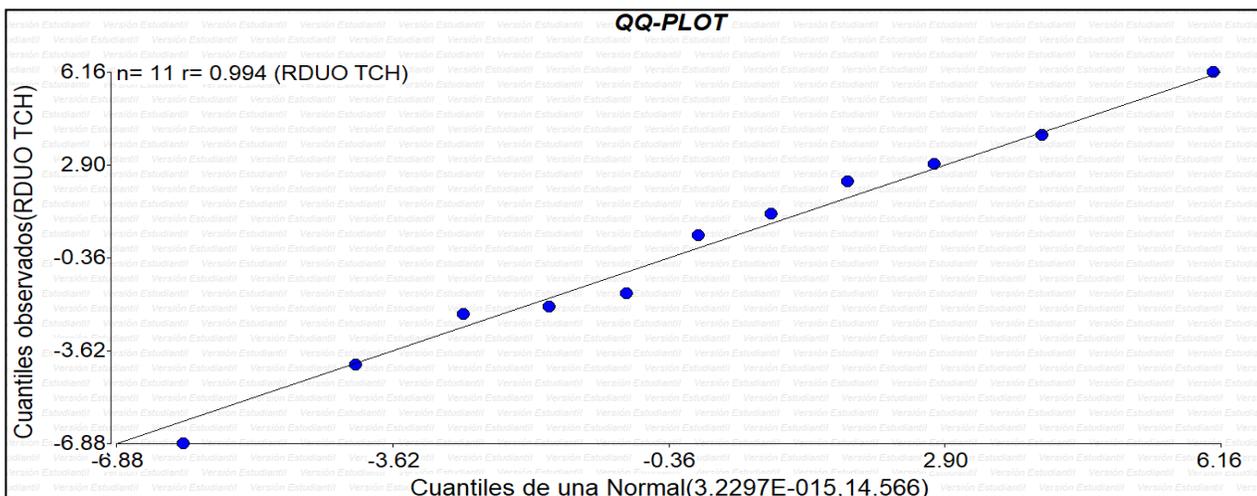
Tonelada de caña por hectárea (TCH). Tonelada de azúcar por hectárea (TAH).

2.11.2 Supuestos estadísticos



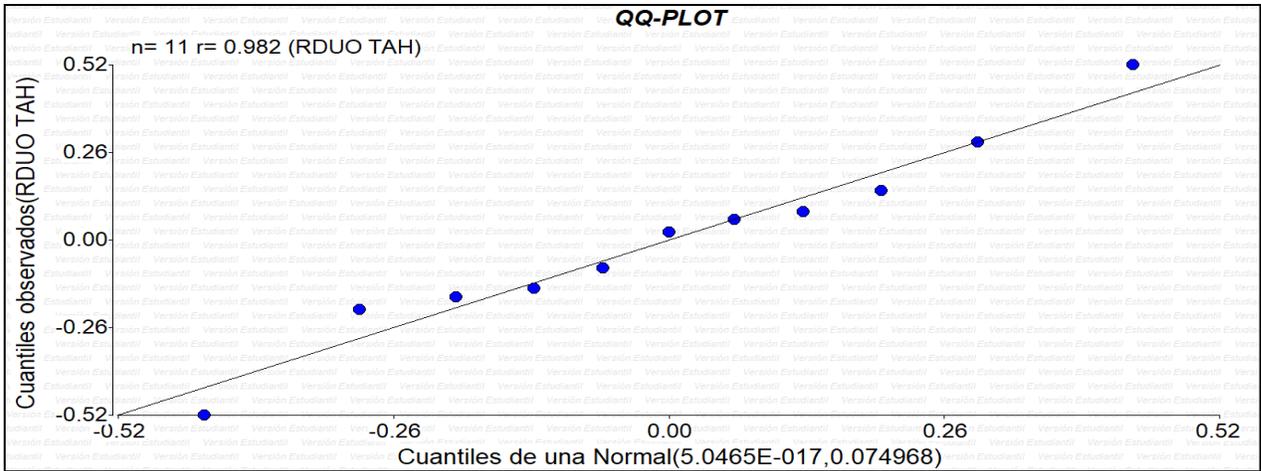
Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 10A. Gráfico de QQ-Plot para la variable rendimiento real.



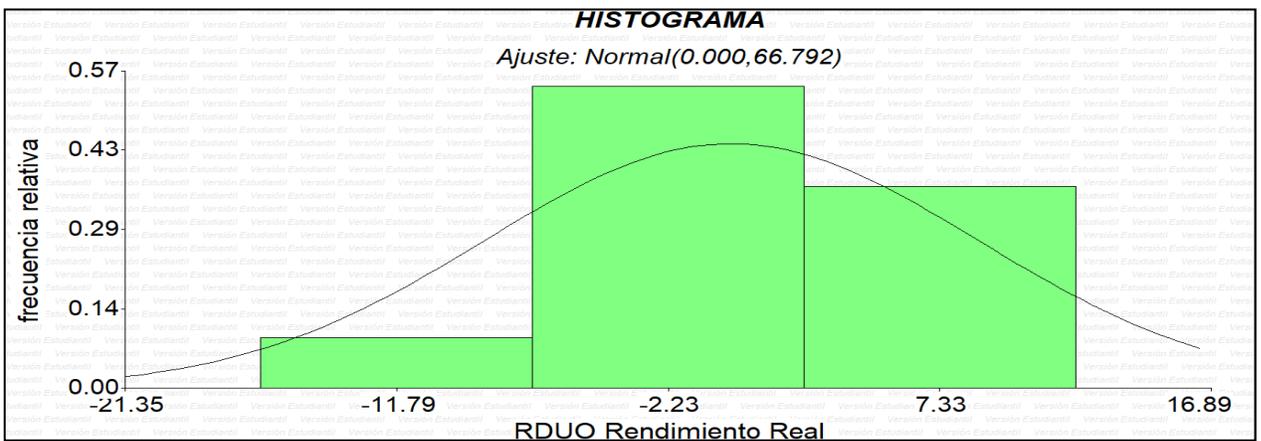
Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 11A. Gráfico de QQ-Plot para la variable tonelada de caña por hectárea (TCH).



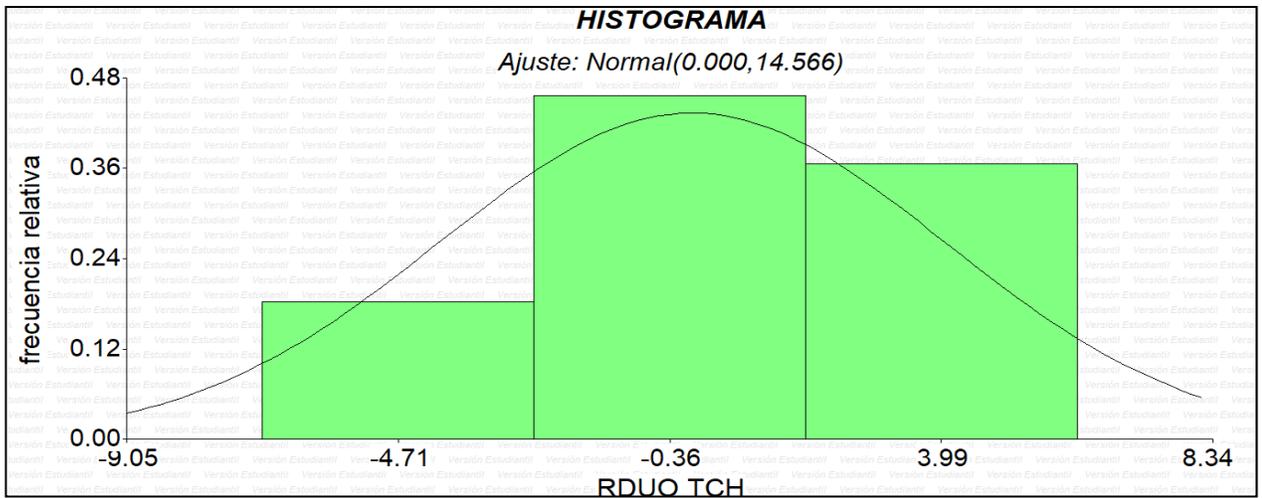
Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 12A. Gráfico de QQ-Plot para la variable tonelada de caña por hectárea (TAH).



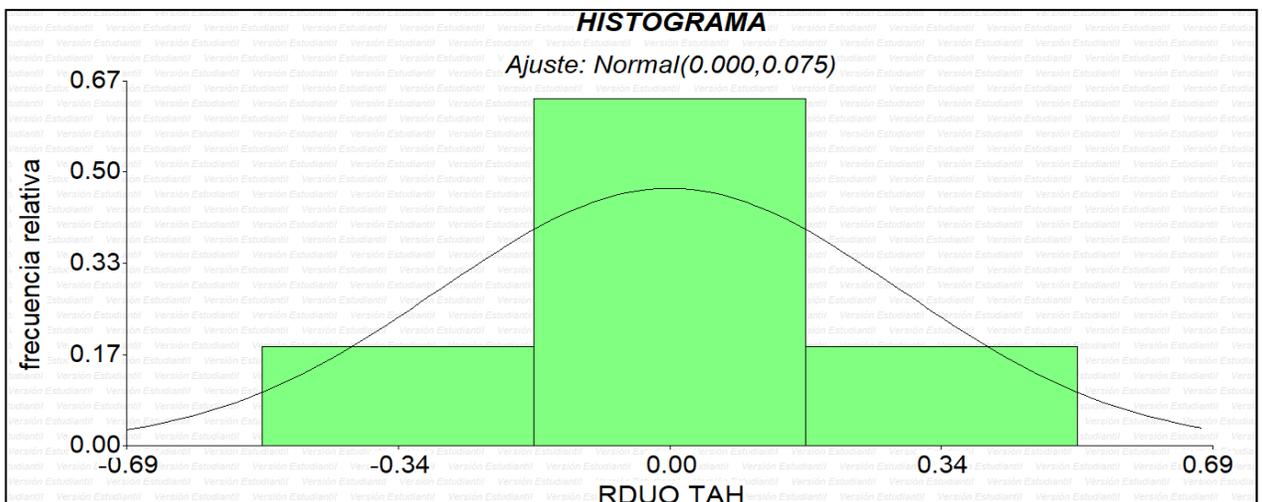
Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 13A. Histograma para la variable rendimiento real.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 14A. Histograma para la variable tonelada de caña por hectárea (TCH).



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 15A. Histograma para la variable tonelada de azúcar por hectárea (TAH).

2.11.3 Desarrollo de la evaluación



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 16A. Helipuerto el día de la aplicación de los tratamientos.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 17A. Condiciones de tiempo existentes durante la aplicación de los tratamientos, monitoreado con medidor meteorológico y ambiental Kestrel 5500.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 18A. Muestra tipo precosecha.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 19A. Quema del lote previo a la cosecha.



Fuente: elaboración propia 2020.

Figura 20A. Cosecha tipo manual.



CAPÍTULO III:

SERVICIO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS, SOBRE EL ANÁLISIS DEL VALOR DE IMPORTANCIA Y SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MALEZAS EN FINCAS DE LA REGIÓN VI PERTENECIENTE AL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, ESCUINTLA, ESCUINTLA. GUATEMALA, C.A.

3.1 PRESENTACIÓN

Conocer las malezas que existen en una zona de cultivo es importante para tomar decisión sobre el manejo adecuado para su control, la caracterización de estas aporta conocimiento sobre el comportamiento y distribución de las malezas presentes.

Esta investigación fue desarrollada en once fincas de la región VI del Grupo Corporativo Santa Ana S.A. Se llevaron a cabo muestreos para determinar el valor de importancia y la distribución espacial de cada una, representándola en mapas elaborados con el software ArcMap utilizando la herramienta IDW (Inverse distance weighted).

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Marco conceptual

Las malezas son descritas según FAO (1996), como plantas que provocan daño a los sistemas de cultivos, los procesos agroindustriales y comerciales, de tal manera que son capaces, si no son controladas, de ocasionar una pérdida directa del 10% aproximadamente a la producción agrícola. FAO (1996) describe que, en la década de 1980, se estimó que las pérdidas de la producción agrícola causada por las malezas ascendían a 7% en Europa y 16% en África, mientras que en el cultivo del arroz fueron de 10,6%, 15.1% en caña de azúcar y 5, 8% en algodón.

En el informe publicado por CENGICAÑA en 2013 sobre malezas y herbicidas para el cultivo de caña de azúcar en Guatemala aseguran que, el control de malezas en caña de azúcar representa actualmente cerca del 30% de los costos de mantenimiento del cultivo en caña soca. Lo cual hace necesario disponer de un plan de manejo que ofrezca un buen control.

Según Cottam y Curtis citados por Andrade (2018), el índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en carácter y estructura de un ecosistema; el valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia, densidad y la dominancia relativa.

3.2.2 Marco referencial

La región VI del grupo corporativo Santa Ana S.A, se ubica a un costado de la carretera que conduce al municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, a la altura del kilómetro 64.5 (CA2) en el municipio de Escuintla, Escuintla. La región VI se encuentra en una altitud media de 174 m s.n.m (metros sobre el nivel del mar), cuenta con una extensión territorial de 3734 ha y sus coordenadas geográficas para su ubicación son: 14°14'54.22" norte y 90°49'58.89" oeste (Google Earth Pro® 2020).

En la figura 21 se presenta la localización geográfica de la región VI del Grupo Corporativo Santa Ana S.A, Escuintla, Escuintla.

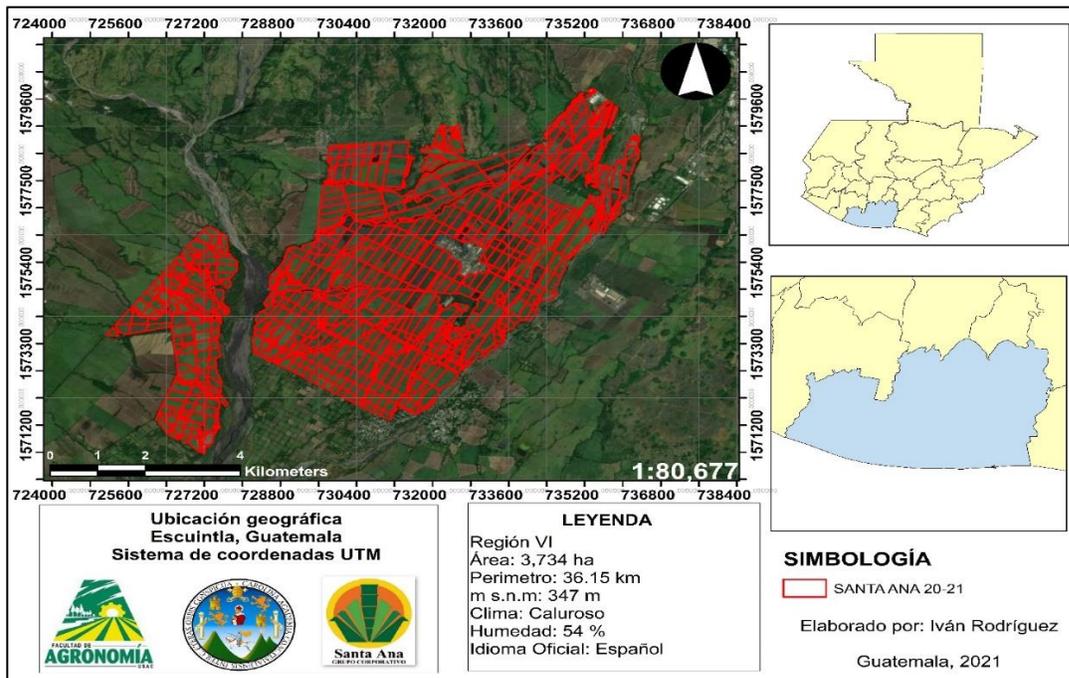


Figura 21. Ubicación geográfica de la región VI del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo general

- Conocer las malezas que existen en fincas de la Región VI: La Peñita, Llanes, Agrícola del Sur, La Laguneta, Ojo de Agua, Cerritos Kenaf, Agrícola Centroamericana, Piedras Coloradas, El Caimito, Agrícola el Chupadero y Cun Cun, propiedad del grupo Corporativo Santa Ana S.A para tomar decisión sobre el manejo adecuado para su control.

3.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las especies de maleza en fincas de la Región VI, del grupo Corporativo Santa Ana S.A.
2. Estimar el valor de importancia por especie presente en fincas de la Región VI, del grupo Corporativo Santa Ana S.A.
3. Establecer la distribución espacial de las malezas presentes en las fincas de la Región VI, del grupo Corporativo Santa Ana S.A.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 Fase de gabinete I

- ❖ Con el uso del software ArcGis se colocaron 248 puntos a una distancia de 4ha entre ellos. Los cuales fueron las parcelas muestreadas.

3.4.2 Fase de campo

- ❖ Los muestreos se iniciaron en marzo y finalizaron en julio.
- ❖ Con apoyo de la aplicación Avenza Maps, se ubicaron en campo las parcelas de muestreo y se colocó nylon de 16m², 24 horas previo a la aplicación de herbicida.
- ❖ Los muestreos se realizaron a partir que el cultivo tuviera una edad fisiológica de 30 días o máximo 60 días posterior a haberse producido el rebrote de caña de azúcar.
- ❖ La toma de datos se realizó entre los 25 días a 35 días posterior a la aplicación de pre-emergente, tomando como unidad de muestreo un metro cuadrado.
- ❖ Se tomó nota de las coordenadas geográficas
- ❖ Por especie de maleza, se contaba el número de plantas presentes dentro de la unidad de muestreo, la cual corresponde a densidad.
- ❖ El porcentaje de cobertura se determinaba dando valor de 0 a 100 a cada planta, según el espacio que ocupaba dentro de la unidad de muestreo.

3.4.3 Fase de gabinete II

- ❖ Con apoyo de una guía de malezas que el grupo Corporativo Santa Ana S.A. posee, se identificaron las especies presentes.
- ❖ Se tabularon todos los datos recopilados en la fase de campo, en una hoja de Excel.
- ❖ Para la determinación de la densidad relativa por maleza, se hizo uso de la siguiente ecuación:
$$\frac{\text{Densidad real}}{\Sigma \text{ Densidad real}} * 100$$
- ❖ La ecuación que se utilizó para calcular el porcentaje de cobertura por maleza fue la siguiente:
$$\frac{\text{Porcentaje de cobertura real}}{\Sigma \text{ Porcentaje de cobertura real}} * 100$$
- ❖ Para el cálculo de la frecuencia relativa o número total de especies distintas por unidad de muestreo se hizo uso de esta ecuación:
$$\frac{\text{Frecuencia real}}{\Sigma \text{ Frecuencia real}} * 100$$
- ❖ El valor de importancia se determinó sumando la densidad, porcentaje de cobertura y frecuencia relativa por especie de maleza.

- ❖ Se elaboraron mapas de distribución espacial para densidad, porcentaje de cobertura y el número total de especies de malezas encontradas utilizando el método de interpolación IDW en el software ArcMap.

3.5 RESULTADOS

En el cuadro 10, se muestran las especies de malezas encontradas en los muestreos en campo durante marzo a julio, y en orden descendente según el valor de importancia.

Cuadro 10. Resultados del valor de importancia y el área de presencia de cada maleza muestreada.

NOMBRE TÉCNICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	COBERTURA	FRECUENCIA	D. RELATIVA	C. RELATIVA	F. RELATIVA	V. I	% POR ESPECIE	ÁREA DE PRESENCIA (ha)
<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo	7429	2477.75	156	64.98	55.6	32.16	152.75	50.92%	933.33
<i>Syngonium</i>	Malanguilla	748	605.5	117	6.54	13.59	24.12	44.25	14.75%	693.5
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	2139	436	75	18.71	9.78	15.46	43.96	14.65%	572.01
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	240	355.5	25	2.1	7.98	5.15	15.23	5.08%	286.64
<i>Mollugo verticillata</i>	Culantrillo	309	143.25	25	2.7	3.21	5.15	11.07	3.69%	343.98
<i>Euphorbia prostrata</i>	Golondrina	181	142	29	1.58	3.19	5.98	10.75	3.58%	263.52
<i>Panicum fasciculatum</i>	Pajilla	120	92	16	1.05	2.06	3.3	6.41	2.14%	174.56
<i>Ipomoea spp.</i>	Campanilla	71	55	8	0.62	1.23	1.65	3.5	1.17%	112.19
<i>Eleusine indica</i>	Pata de Gallo	97	48	6	0.85	1.08	1.24	3.16	1.05%	87.78
<i>Amaranthus spinosus L.</i>	Amarantus	35	32	6	0.31	0.72	1.24	2.26	0.75%	32.82
<i>Momordica charantia</i>	Javilla	30	11.25	8	0.26	0.25	1.65	2.16	0.72%	48.8
<i>Ixophorus unisetus</i>	Zacate de agua	3	40	2	0.03	0.9	0.41	1.34	0.45%	56.64
<i>Cleome rutidosperma</i>	Cleome	6	2.25	3	0.05	0.05	0.62	0.72	0.24%	2.95
<i>Commelina diffusa</i>	Hierba de pollo	4	2.25	2	0.03	0.05	0.41	0.5	0.17%	1.81
<i>Phyllanthus niruri L.</i>	Tamarindillo	13	6.75	1	0.11	0.15	0.21	0.47	0.16%	7.17
<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda	1	3	1	0.01	0.07	0.21	0.28	0.09%	1.28
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Escobillo	2	2	1	0.02	0.04	0.21	0.27	0.09%	0.97
<i>Cucurbita moschata</i>	Pashte	1	1	1	0.01	0.02	0.21	0.24	0.08%	0.74
<i>Solanum torvum</i>	Berenjena cimarrona	1	0.25	1	0.01	0.01	0.21	0.22	0.07%	0.52
<i>Trianthema portulacastrum L.</i>	Falsa verdolaga	1	0.25	1	0.01	0.01	0.21	0.22	0.07%	0.49
<i>Sorghum halepense</i>	Zacate jhonson	1	0.25	1	0.01	0.01	0.21	0.22	0.07%	0.39

Fueron identificadas 21 especies de malezas en los muestreos realizados, dentro de ellas la maleza coyolillo (*Cyperus rotundus*) es la que se determinó con mayor valor de importancia (152.75) debido a su alta densidad y presencia en todas las parcelas muestreadas de las once fincas. La segunda maleza con mayor importancia es la malanguilla (*Syngonium*) con valor de 44.25, seguida de *Rottboellia cochichinensis*

comúnmente conocida como caminadora, se determinó un valor de importancia de 43.96. Estas tres malezas conforman el 80 del 100% de malezas identificadas.

El área de presencia para cada maleza identificada en campo fue diferente, se determinó que coyolillo (*Cyperus rotundus*) ocupa 933.33ha las cuales representan al 100 % del área muestreada. Para la malanguilla (*Syngonium*), segunda maleza más importante, su presencia se encuentra en 693.5ha y por último para la tercera maleza más importante según el valor de importancia, el cual corresponde a la caminadora (*Rottboellia cochichinensis*), su presencia se encuentra en 572.01ha de las once fincas muestreadas en la región VI.

En la figura 22 aprecia el mapa de distribución de espacial de las malezas identificadas y representada por su densidad.

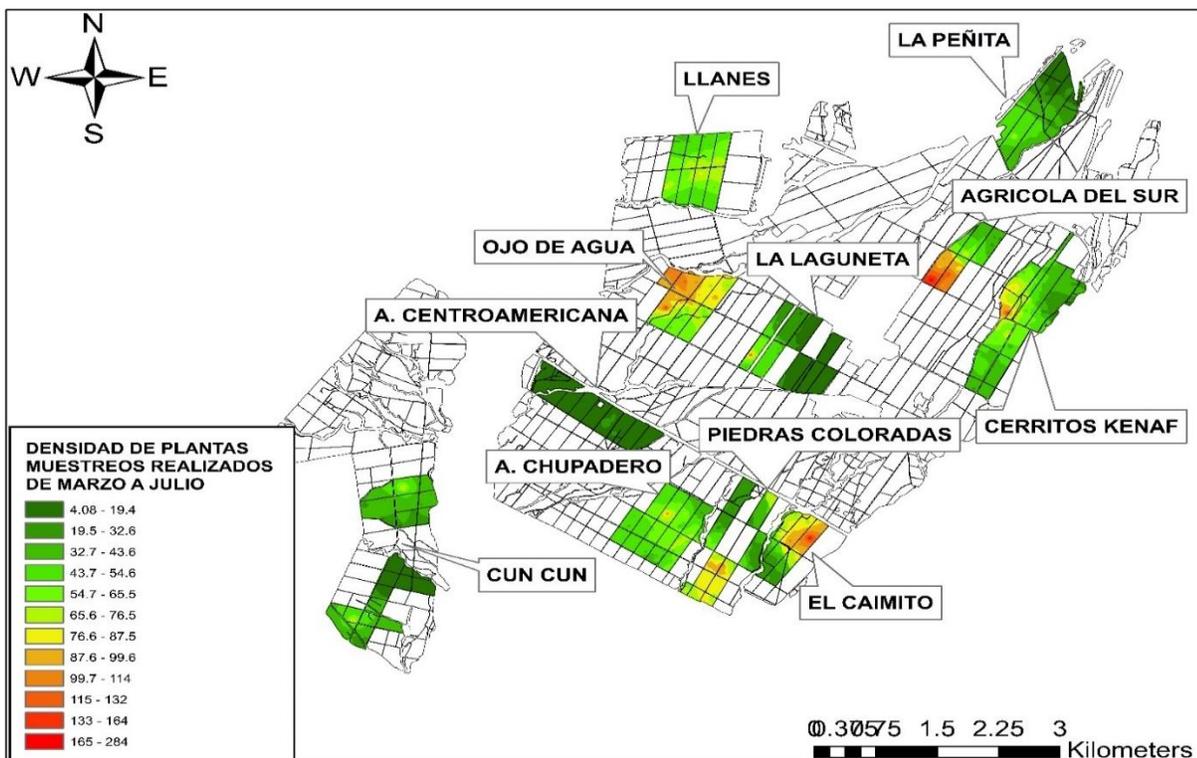


Figura 22. Mapa de distribución espacial de maleza representada por densidad.

Mediante la figura 22 de distribución espacial se representa la densidad de malezas, es posible apreciar que, en la mayor cantidad de parcelas muestreadas, se cuantificaron de 4 a 76 malezas por metro cuadrado. Es importante resaltar que existen focos de infestación con valores superiores a las 100 plantas por metro cuadrado, los cuales se aprecian en las fincas Agrícola del Sur, Ojo de Agua, Cerritos Kenaf y El Caimito, donde la mayor cantidad de plantas en esos puntos de muestreo pertenecen a las tres malezas que conforman el 80% de valor de importancia (coyolillo, malanguilla y caminadora).

La alta presencia de malezas se ve favorecida por factores como la fase fisiológica del cultivo, ya que por la poca altura de la planta no tiene capacidad de limitar el desarrollo de malezas; a su vez, la época de muestreo que se realizó de marzo a julio y la textura del suelo. Esta última es definida en franco a franco arenosa, ya que las fincas se encuentran a una altura media de 174 msnm (metros sobre el nivel del mar), lo que corresponde al estrato medio, según CENGICAÑA (2013).

De acuerdo con CENGICAÑA (1994), en los primeros 120 días después de la cosecha o siembra del cultivo se encuentra el periodo crítico de interferencia de las malezas para la producción de caña de azúcar, las cuales deben ser controladas rápida y eficazmente, especialmente en las fincas donde existe foco de infestación. Las malezas de mayor importancia como coyolillo (*Cyperus rotundus*) y caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) predominan en suelos de textura franco a franco arenosa según CENGICAÑA (1994), lo que coincide con los resultados mostrados en el cuadro 10.

Mediante la figura 23 se representa la cobertura en porcentaje que ocupan espacialmente las malezas identificadas.

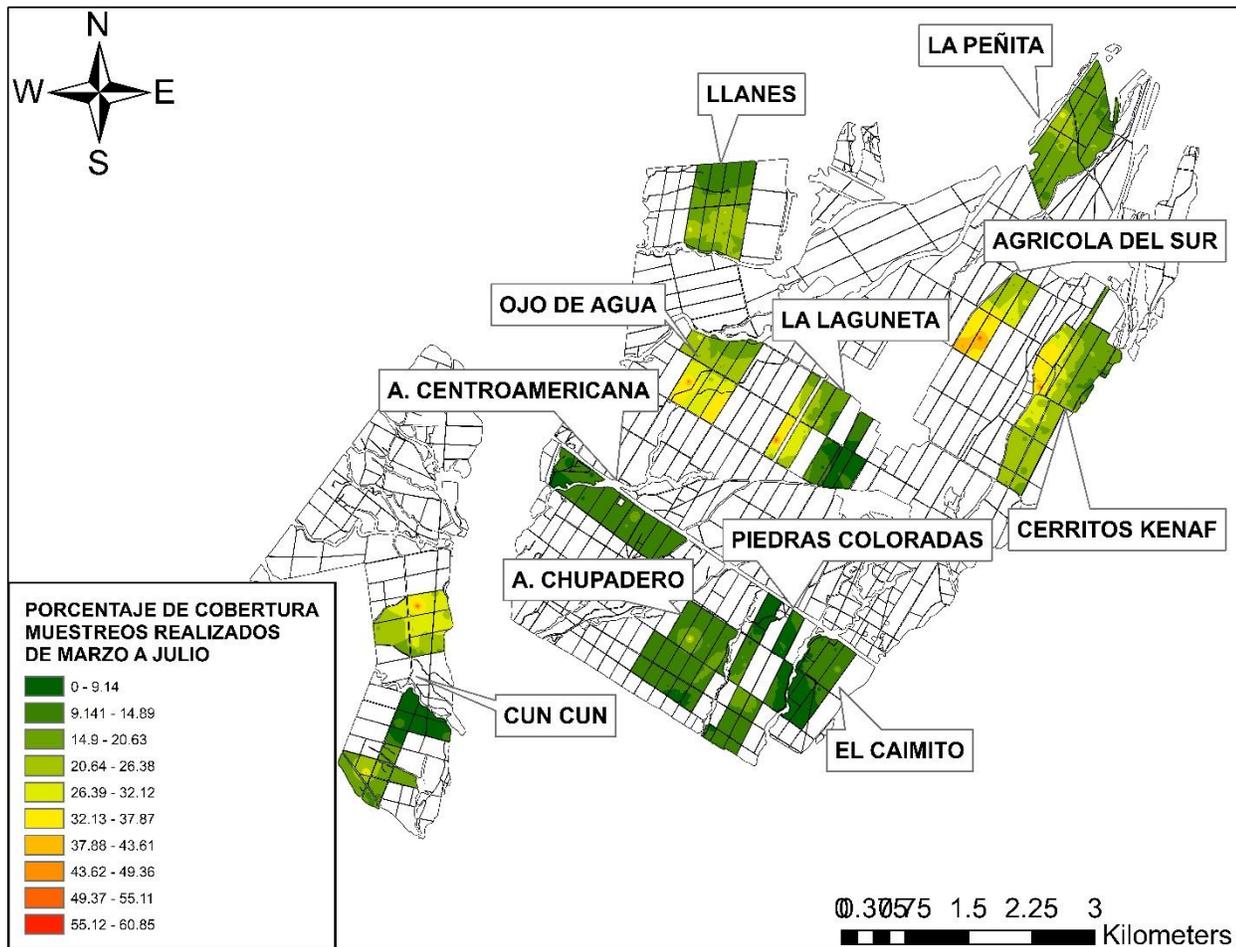


Figura 23. Mapa de distribución espacial de maleza representada en porcentaje de cobertura.

Mediante la interpolación IDW, herramienta del software ArcMap, se laboró este mapa, utilizando los datos de porcentaje de cobertura recolectados en campo. Utilizando dicha metodología es posible apreciar visualmente que según la figura 23 y el rango de la simbología colorimétrica, en la finca Agrícola del Sur se cuantificó el mayor porcentaje de

cobertura tomando en cuenta todas las malezas presentes en esas parcelas de muestreo, con valores mayores a 32.13 en su mayoría.

La etapa fenológica en la que se encontraba el cultivo era la inicial, la cual corresponde a emergencia debido a que habían transcurrido entre 30 días a 60 días desde la cosecha o siembra. En las fincas Agrícola de Sur, Cun Cun y Ojo de Agua, existe focos con altos porcentajes de cobertura de malezas, las cuales interfieren para un adecuado desarrollo del cultivo, afectando el rendimiento del mismo; debido a que compiten por agua, luz, espacio y nutrientes. Por lo cual es crítico un buen control de las mismas en esta fase de desarrollo.

A continuación, en la figura 24, se muestra el número total de especies o frecuencia de las malezas identificadas durante los meses de muestreo.

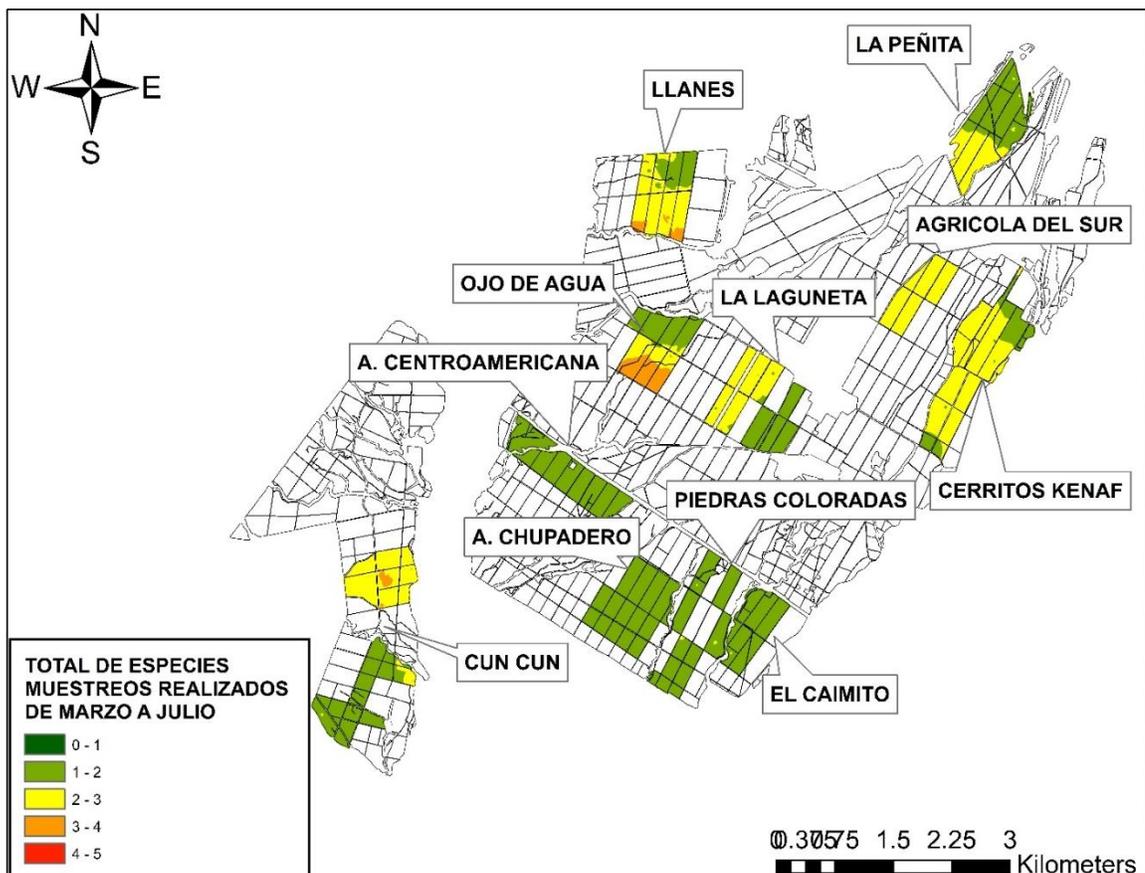


Figura 24. Mapa de distribución espacial de maleza representada número total de especies.

Siguiendo la misma metodología se determinó que la mayor cantidad de especies diferentes encontradas en las parcelas de muestreo fueron de 2 a 4 mostrados en la figura 24. En la cual se aprecia que corresponden a las fincas Agrícola del Sur, Ojo de Agua, Cerritos Kenaf, Llanes, parte de finca la Laguneta, Cun Cun y la Peñita.

La diversidad de malezas presentes en un área con cultivo dificulta su manejo agronómico, esto se debe que, al pertenecer a distintas familias botánicas, los procesos de control deben ser diferentes provocando un alza en el costo de producción por hectárea.

3.6 CONCLUSIONES

1. Se identificaron 21 malezas en las once fincas de la región VI, del grupo Corporativo Santa Ana S.A. Esto durante la etapa fisiológica de crecimiento de la planta, lo que corresponde a los primeros 120 días. La mayoría tiene distinta distribución espacial, por lo tanto, su presión varía con el cultivo
2. Las malezas con mayor valor de importancia y en orden descendente son coyolillo (*Cyperus rotundus*), malanguilla (*Syngonium*) y caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*). Estas conforman el 80 del 100 % del valor de importancia conformado por las 21.
3. La distribución espacial de las malezas es variable según la especie, en algunas fincas su presencia es mayor que en otras, provocando focos de infestación e incremento de los costos por hectárea para su control.

3.7 RECOMENDACIONES

1. Realizar este estudio en diferentes meses del año, cuando el cultivo se encuentre en una fase fisiológica distinta y en distintos estratos altitudinales, para así, ampliar la caracterización y distribución de malezas.
2. Replicar este estudio y su metodología para determinar malezas presentes y su valor de importancia a más fincas y regiones del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.
3. Optimizar el uso de los recursos como herbicidas en zonas con mayor presencia de coyolillo, malanguilla y caminadora, según los resultados de este estudio, para controlar la propagación de estas malezas a otras fincas de la región VI, del Grupo Corporativo Santa Ana S.A.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade, P. E. (2018). *Valor de importancia*. <https://paulefrensa.rbind.io/post/2018/10/05/%C3%ADndice-valor-importancia/>
2. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (1994). *Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala*. <https://cengicana.org/files/2015090210163027.pdf>
3. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (2013). *Manual de Malezas y Catálogo de herbicidas para el cultivo de Caña de Azúcar en Guatemala..* <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>
4. Climate-Data.org. (2019). Clima de Escuintla. Consultado el 18 de marzo de 2020. <https://es.climate-data.org/america-delnorte/guatemala/escuintla/escuintla-1005355/>
5. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. <http://www.fao.org/home/es/>
6. Google Earth Pro. (2020). Finca Agrícola del Sur, municipio de Escuintla, Escuintla, Guatemala. Obtenido de Google Earth: https://earth.google.com/web/@14.22160444,-90.83232397,3070.91450305a,0d,35y,0h,44.974t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
7. Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>





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



REF. Sem. 37/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE TRES DISTINTOS INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, S.A. MUNICIPIO DE ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: IVÁN RODOLFO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

CARNÉ: 201502964

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Inga. Agr. Julia Camey
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
A S E S O R E S P E C Í F I C O

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
D O C E N T E - A S E S O R E P S

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
D I R E C T O R D E L I I A



CFLB/nm
c.c. Archivo



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



FACULTAD DE AGRONOMÍA

USAC
RECEBIDO
 14 OCT 2021
 CONTROL ACADEMICO

HORA: 12:10 FIRMA:

Ref. SAIEPSA.22.Seg-2021

Guatemala, 14 de octubre de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE TRES INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, ESCUINTLA GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: IVÁN RODOLFO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

No. CARNÉ 201502964

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

“EVALUACIÓN DE TRES DISTINTOS INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, S.A. MUNICIPIO DE ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Inga. Agr. Julia Camey
 Ing. Agr. Manuel Martínez Ovalle
 Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

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 Rey
 Coordinador Area Integrada – EPSA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Hereditada Internacionalmente



No. 76.2021

Trabajo de Graduación:	“EVALUACIÓN DE TRES INDUCTORES DE MADURACIÓN PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) VARIEDAD CP73-1547 Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO, GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA S.A. ESCUINTLA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ”
Estudiante:	Iván Rodolfo Rodríguez Vásquez
Carné:	201502964

“IMPRÍMASE”

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

