


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO QUICHÉ

INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure of a person on horseback, a castle, and a lion. The shield is surrounded by a blue border with the Latin motto "CETERA SPERABIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUÍMICOS PARA INDUCIR**  
**LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD**  
**CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN, SIPACATE, ESCUINTLA,**  
**GUATEMALA**

ABNER JOSUÉ URIZAR QUIÑONEZ

SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, MARZO DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO QUICHÉ  
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
ÁREA INTEGRADA

**EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUÍMICOS PARA INDUCIR  
LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD  
CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN, SIPACATE, ESCUINTLA,  
GUATEMALA**

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO DEL QUICHÉ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA

POR

**ABNER JOSUÉ URIZAR QUIÑONEZ**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

SANTA CRUZ DEL QUICHÉ, MARZO DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO QUICHÉ  
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
ÁREA INTEGRADA

**RECTOR**

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos

**CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL QUICHÉ**

Ing. Porfirio Alejandro Marroquín Quiñónez  
**Director del Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-**

Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil  
**Decano Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Licda. Liliana Magaly Vides Santiago de Urizar  
**Rep. Colegio Profesional de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala**

Br. Víctor Hugo Mayen García  
**Representante Estudiantil**

Br. Javier Augusto Castro Vásquez  
**Representante Estudiantil**

**AUTORIDADES ACADÉMICAS**

<b>COORDINADOR ACADÉMICO</b>	M.A. Esteban Enrique Barreno Vicente
<b>COORDINADOR DE CARRERA</b>	Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano



Santa Cruz del Quiché, marzo 2021

Honorable Consejo Directivo  
Honorable Tribunal Examinador  
Ingeniería Agronómica en SPA  
Centro Universitario del Quiché  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **“EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUÍMICOS PARA INDUCIR LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN, SIPACATE, ESCUINTLA, GUATEMALA.”** 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”



Abner Josué Urizar Quiñonez





## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS**

Por cada una de las oportunidades que me ha brindado y ha permitido que disfrute, por guiarme en cada etapa de mi vida. Por los padres, hermano, familia y amigos que me brindó y por cada persona que ha puesto en mi camino, ya que han tenido un objetivo por su parte.

### **MIS PADRES**

Francisco Urizar y Sonia Quiñonez, por inducirme en el camino del bien, por inculcar en mí los valores morales y éticos que me han traído hasta este punto de la vida. Por apoyarme en cada uno de mis deseos, por cada uno de sus sabios consejos, por todo el esfuerzo que han realizado para permitirme conseguir cada uno de mis objetivos personales y académicos.

### **MI HERMANO**

Por el esfuerzo que ha hecho por darme tantas comodidades, por limitarse a utilizar sus pertenencias para cederlas a mí uso.

### **MIS ABUELOS**

Por todas las muestras de cariño en todo momento.

### **MIS TÍOS**

Por el apoyo brindado cada vez que lo he necesitado.



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS**

Por darme la capacidad que ha permitido cosechar este resultado.

### **GUATEMALA**

La tierra que me vio nacer y que me ha brindado tantas oportunidades de superación.

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

Por ser un medio en el cual pude descubrir muchas de mis capacidades, por ser mi alma mater.

### **CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ**

Por los conocimientos, oportunidades y apoyo brindado en cada una de las actividades que realicé a lo largo de mi carrera académica, gracias a cada uno que hizo esto posible y forma parte de este Centro.

### **GREMIO DE DOCENTES DE CARRERA**

Ingenieros: Próspero Carrascoza, Guillermo Beltrán, Norma Avendaño, Juan Carlos Echeverría, Erick Urrutia, Enrique Cor, Norberto Lux, José Sucuquí, Antonio Hernández, Guillermo Ventura, Dennis Rojas, Justo Pérez, Sergio Gómez, Juan José Rodríguez, Leyzer Noriega, Herson Girón, Ingrid Natareno, Carlos Tzoc, M.V. Aroldo Díaz y Leonidas Gómez. Por cada una de las enseñanzas brindadas en el aspecto académico como personal, de cada uno de ustedes me llevo algo que me será útil durante toda la vida.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

### **ASESOR – SUPERVISOR**

**Ing. M.Sc. Enrique Cor**, por el apoyo brindado a lo largo del proceso de conformación de este documento, por siempre estar abierto a cualquier consulta del tema.

### **COLABORADORES DEL DPTO. DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DEL INGENIO LA UNIÓN**

**Ing. Víctor Azañon, Ing. Oscar Castro, Ing. Ángel Aquino, Herbert González, Sergio Mora, Don Tonito**, por permitirme desarrollar el EPSA exitosamente en esta área, por la confianza y todo el conocimiento que me fue permitido obtener a través de la experiencia de cada uno de ustedes. Por las revisiones y observaciones realizadas a este documento.

### **MIS TÍOS**

**Ing. José Ortiz y Mariana Urizar**, por acogerme en su vivienda a lo largo del proceso del EPSA. Las palabras se quedarían cortas para agradecerles tanto apoyo y cariño recibido.

### **TERNA EVALUADORA**

**Ing. Guillermo Beltrán, Ing. M.Sc. Erick Urrutia, Ing. M.Sc. Juan C. Echeverria** por las sugerencias realizadas en el transcurso de la revisión y evaluación del capítulo de investigación que enriquecieron dicho capítulo.

**Ing. M.Sc. Próspero Carrascoza**, por cada una de las sugerencias, observaciones y correcciones hechas en el desarrollo de la elaboración del presente documento.

**Ing. Alejandro Marroquín**, por la amistad brindada a través del deporte a lo largo de estos años.

A mis amigos y compañeros de cursos, por cada momento compartido.









## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	xi
<b>CAPÍTULO I:</b>	
Diagnóstico del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A., Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.....	1
1.1. Introducción.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Metodología de diagnóstico.....	5
1.5.1. Reconocimiento y delimitación.....	5
1.5.2. Recopilación de información.....	6
1.5.3. Análisis y procesamiento de la información.....	6
1.5.4. Sistematización de la información.....	6
1.6. Localización.....	6
1.6.1. Geográfica.....	6
1.6.2. Extensión.....	7
1.6.3. Zona de vida.....	7
1.7. Recursos Naturales.....	8
1.7.1. Hídricos.....	8
1.7.2. Suelo.....	8
1.7.3. Flora.....	9
1.7.4. Fauna.....	9
1.8. División política y administrativa.....	10
1.9. Metodología y áreas de investigación.....	11
1.9.1. Metodología de investigación.....	11
1.9.2. Áreas de investigación.....	16
1.10. Entidades de apoyo al departamento de investigación agrícola.....	18
1.11. Banco de semilla genética y planta de tratamiento de semilla del departamento de investigación agrícola.....	18
1.12. Conclusiones.....	20
1.13. Recomendaciones.....	21
1.14. Referencias.....	21
<b>CAPÍTULO II:</b>	
Evaluación de cuatro tratamientos de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala.....	25
2.1. Resumen.....	27
2.2. Introducción.....	28
2.3. Definición del problema.....	29
2.4. Justificación.....	30

2.5.	Marco conceptual.....	31
2.5.1.	El cultivo de la caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) .....	31
2.5.2.	Variedad CG02-163 de caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ).....	35
2.5.3.	Maduración de la caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) .....	36
2.6.	Marco referencial.....	49
2.6.1.	Ubicación.....	49
2.6.2.	Características climáticas.....	50
2.6.3.	Zona de vida.....	50
2.7.	Objetivos.....	51
2.7.1.	General.....	51
2.7.2.	Específicos.....	51
2.8.	Hipótesis.....	52
2.8.1.	Toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH).....	52
2.8.2.	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH).....	52
2.8.3.	Efectos residuales en el rebrote del cultivo de caña de azúcar.....	52
2.8.4.	Análisis económico.....	53
2.9.	Metodología.....	53
2.9.1.	Elaboración del protocolo de investigación.....	53
2.9.2.	Marcaje del diseño experimental en campo.....	59
2.9.3.	Materiales y equipo.....	59
2.9.4.	Aplicación de tratamientos.....	59
2.9.5.	Cosecha.....	60
2.9.6.	Sistematización, análisis y emisión de resultados.....	64
2.10.	Resultados y discusión.....	65
2.10.1.	Producción de caña.....	66
2.10.2.	Rendimiento de azúcar.....	68
2.10.3.	Efectos residuales de los productos.....	70
2.10.4.	Análisis económico.....	72
2.11.	Conclusiones.....	75
2.12.	Recomendaciones.....	76
2.13.	Referencias.....	77
2.14.	Anexos.....	85
2.14.1.	Cronograma de actividades.....	85
2.14.2.	Productos empleados en la aplicación de los tratamientos.....	86
2.14.3.	Descripción de los costos de aplicación de cada tratamiento.....	93
2.14.4.	Unidades experimentales durante la estimación daños.....	94
<b>CAPÍTULO III:</b>		
Servicios ejecutados en el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A., Escuintla, Guatemala.....		99
3.1.	Introducción.....	101
3.2.	SERVICIO UNO: Evaluación de cinco dosis de oxima ciclohexanodiona clethodim para la destrucción de cepa de caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) variedad CG02-163, en la Finca Carrizal, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.....	101
3.2.1.	Presentación.....	101
3.2.2.	Marco conceptual.....	102
3.2.3.	Objetivos.....	103

3.2.4.	Metodología.....	103
3.2.5.	Resultados y discusión.....	107
3.2.6.	Conclusión.....	113
3.2.7.	Referencias.....	113
3.2.8.	Anexos.....	114
3.3.	SERVICIO DOS: Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.....	118
3.3.1	Objetivos.....	118
3.3.2.	Metodología.....	119
3.3.3.	Resultados.....	122
3.3.4.	Evaluación.....	125
3.4.	SERVICIO TRES: Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) durante la siembra de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.....	126
3.4.1.	Objetivos.....	126
3.4.2.	Metodología.....	126
3.4.3.	Resultados y discusión.....	131
3.4.4.	Evaluación.....	135
3.5.	SERVICIO CUATRO: Estimación de la inversión de los costos de producción de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> ) en el Banco de Semilla Genética de Ingenio La Unión para producción de semilla y para incorporación al suelo.....	135
3.5.1.	Objetivos.....	135
3.5.2.	Metodología.....	136
3.5.3.	Resultados.....	137
3.5.4.	Evaluación.....	138
3.5.5.	Referencias.....	138
3.5.6.	Anexos.....	138
3.6.	Conclusión.....	141
3.7.	Recomendaciones.....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Organigrama del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.....	10
Figura 2. Empleados del Departamento de Investigación Agrícola según área y temporalidad de contratación en el Ingenio La Unión.....	11
Figura 3. Departamentos involucrados en la investigación agrícola en el Ingenio La Unión.....	15
Figura 4. Mapa de ubicación de los lotes 1.09 y 1.10, Finca Virginia, Ingenio La Unión...	51
Figura 5. Croquis de ensayo de evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	56
Figura 6. Croquis de una unidad experimental con bordes en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	57
Figura 7. Marcaje del diseño experimental en campo para la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	58
Figura 8. Aplicación de los tratamientos con helicóptero modelo Bell Ranger en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	60
Figura 9. Cosecha mecanizada de los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	61
Figura 10: Pesaje en el área de báscula de la caña proveniente de cada unidad experimental en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	62
Figura 11. Extracción de muestras <i>core sampler</i> de la caña obtenida de cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	63
Figura 12A. Presentación comercial de 20 L de trinexapac etil en Moddus 25 EC.....	86
Figura 13A. Presentación de 20 L de micronutrientes y aminoácidos en el producto experimental DNB-MA1GS5.....	87
Figura 14A. Presentación comercial de 20 L de nitrógeno, fósforo y potasio en Omex DP98.....	88
Figura 15A. Presentación comercial de 20 L de trinexapac etil en Exxodus 25 ME.....	89
Figura 16A. Presentación comercial de 20 L de sal isopropilamina de glifosato en Roundup 35.6 SL.....	90
Figura 17A. Presentación comercial de 10 L de sales amina de ácidos orgánicos y ácidos aromáticos en el coadyuvante Bivert.....	91
Figura 18A. Presentación comercial de 20 kg de octaborato de disodio tetrahidratado en el fertilizante foliar Etidot-67.....	92
Figura 19A. Unidad experimental del tratamiento 1 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	94
Figura 20A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 2 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	95

Figura 21A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 3 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	95
Figura 22A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 4 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	96
Figura 23A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 5 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	96
Figura 24A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 6 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	97
Figura 25. Croquis para ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal del Ingenio La Unión.....	104
Figura 26A. Marcaje e identificación de las unidades experimentales para el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	114
Figura 27A. Oxima ciclohexanodiona clethodim contenido en el producto comercial Select 12 EC.....	114
Figura 28A. Preparación de la mezcla previa a la aplicación de oxima ciclohexanodiona clethodim en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	115
Figura 29A. Aplicación de oxima ciclohexanodiona clethodim utilizando 6 aspersores del aguilón en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	115
Figura 30A. Unidad experimental del tratamiento 2 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	116
Figura 31A. Unidades experimentales del tratamiento 5 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	116
Figura 32A. Unidad experimental del tratamiento 2 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	117
Figura 33A. Unidad experimental del tratamiento 5 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	117
Figura 34A: Unidad experimental del tratamiento 2 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	118
Figura 35. Croquis de ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	119
Figura 36. Siembra durante la implementación del ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	123

Figura 37. Calibración de mochila para la aplicación de fertilizante granular en la Finca Peralta.....	123
Figura 38. Surcos de siembra fertilizados previos al tapado en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	124
Figura 39. Aplicación de dosis complementaria de nitrógeno 30 días después de la siembra en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	124
Figura 40. Aplicación complementaria de boro foliar 90 días después de la siembra en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	125
Figura 41. Croquis de ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	128
Figura 42. Siembra de caña de azúcar en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	131
Figura 43. Aplicación de microorganismos en ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	132
Figura 44. Tapado mecanizado de surcos del ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	132
Figura 45. Emergencia de tallos de caña de azúcar posterior a la siembra en la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	133
Figura 46. Siembra de ( <i>Crotalaria juncea</i> ) para incorporación al suelo en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.....	139
Figura 47. Cultivo de ( <i>Crotalaria juncea</i> ) en fase vegetativa en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.....	139
Figura 48. Cultivo de ( <i>Crotalaria juncea</i> ) al momento del aporreo en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.....	140
Figura 49. Semilla de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> ).....	140

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1. Variedades por área y porcentaje de área cultivada en el Ingenio La Unión....	9
Cuadro 2. Metodología de investigación en función del área de las unidades experimentales en el Ingenio La Unión.....	13
Cuadro 3. Actividades y responsables de la metodología de investigación en el Ingenio La Unión.....	14
Cuadro 4. Ventajas y desventajas de las unidades experimentales según el área que ocupan en el Ingenio La Unión. ....	15
Cuadro 5. Temas de investigación del Departamento de Investigación Agrícola y numero de ensayos por tema en el Ingenio La Unión.....	16
Cuadro 6. Variedades establecidas en el banco de semilla genética para la zafra 2019-2020. ....	19
Cuadro 7: Comparativa de la identificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar.	32
Cuadro 8. Características climáticas de la zona cañera en Guatemala.....	34
Cuadro 9. Tratamientos y dosis del ensayo de Madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	56
Cuadro 10. Escala ALAM para la evaluación de daño a la planta por efecto de toxicidad.	63
Cuadro 11. Resultados obtenidos de las unidades experimentales en cuanto a la variable producción de caña en TMCH en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	66
Cuadro 12. Análisis de varianza de la producción de caña en TMCH de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	67
Cuadro 13. Resultados obtenidos de las unidades experimentales en cuanto a la variable de rendimiento de azúcar en TAH en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	68
Cuadro 14. Rendimiento potencial de producción de azúcar de los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	69
Cuadro 15. Análisis de varianza del rendimiento de contenido de azúcar en TAH de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	70
Cuadro 16. Efectos residuales de la aplicación de productos como madurantes en cada tratamiento reflejados en función del daño en el rebrote en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	71
Cuadro 17. Espacios vacíos en metros lineales en cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	71
Cuadro 18. Costos de aplicación de cada tratamiento por hectárea en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	72
Cuadro 19. Análisis de ingresos en función del aumento del rendimiento de TAH en los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	72
Cuadro 20. Análisis económico en función de la rentabilidad y beneficio neto de cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	73

Cuadro 21. Análisis de dominancia económica de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	74
Cuadro 22A. Cronograma de ejecución de actividades en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	85
Cuadro 23A. Costos de aplicación del tratamiento 2 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.....	93
Cuadro 24A. Costos de aplicación del tratamiento 4 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	93
Cuadro 25A. Costos de aplicación del tratamiento 5 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	93
Cuadro 26A. Costos de aplicación del tratamiento 6 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión. ....	94
Cuadro 27. Tratamientos y dosis del ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	104
Cuadro 28. Escala ALAM para la evaluación de daño a la planta por efecto de toxicidad.	106
Cuadro 29. Cronograma de actividades para la evaluación de dosis en destrucción de cepa en la Finca Carrizal. ....	107
Cuadro 30. Lecturas realizadas a los 15 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal .....	108
Cuadro 31. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 15 días después de la aplicación. ....	108
Cuadro 32. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	108
Cuadro 33. Lecturas realizadas a los 30 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	109
Cuadro 34. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal .....	109
Cuadro 35. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal .....	110
Cuadro 36. Lecturas realizadas a los 45 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	110
Cuadro 37. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal .....	111
Cuadro 38. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal .....	111
Cuadro 39. Resumen de las 3 lecturas posteriores a la aplicación según escala visual de ALAM y costos de aplicación del ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.....	112
Cuadro 40. Tratamientos y dosis del ensayo de fertilización en la Finca Peralta.....	119



Cuadro 41. Cronograma de actividades para la evaluación de fertilización en la Finca Peralta.....	122
Cuadro 42. Tratamientos y dosis del ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan. ....	127
Cuadro 43. Cronograma de actividades para la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	131
Cuadro 44. Resultados de la lectura realizada de tallos emergidos de caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.....	133
Cuadro 45: Análisis de varianza de los resultados de lectura de tallos emergidos en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión. ....	134
Cuadro 46. Prueba de medias de Tukey de la lectura de tallos emergidos en la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión.....	134
Cuadro 47. Costos de producción de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> ) para incorporación al suelo en el Banco de Semilla del Ingenio La Unión.....	137
Cuadro 48. Costos de producción de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> ) para producción de semilla en el Banco de Semilla del Ingenio La Unión.....	137



## RESUMEN

Como fase final del proceso académico se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA- en el Departamento de Investigación Agrícola perteneciente al Ingenio La Unión, que para la zafra 2019-2020 estableció el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en 18,236.63 ha que van desde los 10 m.s.n.m. hasta los 900 m.s.n.m, en distintas fincas productivas ubicadas en su mayoría en el departamento de Escuintla, y en minoría, en Sacatepéquez y Chimaltenango; siendo este el producto primario para ser transformado en azúcar para la venta, la generación de energía eléctrica, venta de melaza y alcohol como subproductos.

El presente documento de graduación fue realizado durante el año 2020 como parte de dicho proceso académico y se conforma en tres capítulos.

En el capítulo I se encuentra el diagnóstico por medio del cual se pudo definir el funcionamiento operacional y administrativo del Departamento de Investigación Agrícola, y a la vez, permitió establecer la matriz de priorización de problemas en función del número de ensayos por tema de investigación con lo que se determinaron las áreas en las cuales se pudo ejecutar la investigación y los servicios de los siguientes dos capítulos.

En el capítulo II se contempla la fase de investigación, titulada “Evaluación de cuatro tratamientos de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala”; para ejecutarse, se utilizó el diseño experimental bloques al azar, siendo evaluados seis tratamientos en cuatro bloques, fueron comparados los testigos absoluto y relativo (sal isopropilamina de glifosato) con otros cuatro productos del tipo regulador de crecimiento y fertilizantes foliares (elementos primarios y también aminoácidos y micronutrientes), el riego en esta área fue suspendido 35 días antes de la única aplicación aérea de los agroquímicos, realizando la cosecha 30 días después de la aplicación de manera mecanizada; la caña cosechada de cada unidad experimental fue pesada individualmente en el área de báscula para determinar el tonelaje métrico de caña por hectárea y se tomaron muestras *core sampler* en el área de laboratorio para establecer el rendimiento de azúcar en toneladas métricas por hectárea, posteriormente, cuatro semanas luego de la cosecha fue evaluado el efecto de daño que los productos

aplicados pudieron haber causado en el rebrote del cultivo por medio de la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas y definiendo los espacios vacíos que existían sobre los surcos de cultivo de las parcelas experimentales. Por último, se realizó el análisis económico dentro del que se determinó la rentabilidad y relación beneficio/costo de la práctica de la inducción de la maduración artificial en caña de azúcar y se ejecutó el análisis de dominancia de los tratamientos con presupuestos parciales que fueron elaborados incluyendo los costos de adquisición de los productos empleados y el costo del vuelo de aplicación por hectárea y para los ingresos, el aumento de toneladas de azúcar por hectárea respecto al testigo relativo y en función del precio por tonelada de azúcar en el mercado mundial según la bolsa de Nueva York. En función de los análisis mencionados anteriormente, se concluyó en que, para las condiciones biológicas, edáficas y climáticas que se presentaban en la Finca Virginia durante el desarrollo del ensayo, la aplicación de trinexapac etil en microemulsión, concentrada con 250 gramos de ingrediente activo por cada litro de producto comercial en dosis de 0.8 L/ha combinado con el fertilizante foliar octaborato de sodio tetrahidratado con 20.8% de boro en dosis de 1.5 kg/ha es el recomendable seguido del testigo absoluto, ya que económicamente se presentaron como las mejores opciones superando al testigo relativo.

Por último, en el capítulo III, se describen los cuatro servicios ejecutados durante el EPSA en el mismo Departamento del Ingenio La Unión, titulados: 1) Diseño, implementación y análisis de resultados del ensayo: Evaluación de cinco dosis de oxima ciclohexanodiona clethodim para la destrucción de cepa de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163, en Finca Carrizal, 2) Diseño e implementación del ensayo: Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en Finca Peralta, 3) Diseño e implementación del ensayo: Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante el tratamiento de semilla de la variedad CG12-116 en Finca San Miguel Mapan, y 4) Elaboración de los costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.



## **CAPÍTULO I**

**Diagnóstico del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.,  
Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**



## 1.1. Introducción

El Ingenio La Unión S.A. se ubica en el km. 101.5 Carretera a Cerro Colorado, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala; se dedica a la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para su posterior transformación en azúcar apta para consumo humano como principal producto comercial, y como sub-productos: energía eléctrica, melaza y alcohol (Azañon 2020). Para la zafra 2,019-2,020, se estableció el cultivo en 18,236.63 ha que van desde los 10 m.s.n.m. hasta los 900 m.s.n.m (Ingenio La Unión S.A. 2019d).

El Ingenio La Unión, operacionalmente se divide en departamentos y productivamente en fincas, que jerárquicamente se encuentran en el mismo nivel; dentro de esta división está el Departamento de Investigación Agrícola (Ingenio La Unión S.A. 2018a), área en la cual se realizó el diagnóstico del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía del Centro Universitario de Quiché de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Según el Ingenio La Unión S.A. (2020), el Departamento de Investigación Agrícola tiene en ejecución 96 ensayos distribuidos en las fincas productivas con una metodología de investigación que se le podría llamar participativa, es decir, el personal del Departamento con los lineamientos establecidos por el Comité de Investigación, localiza los lotes productivos representativos donde se adapten los diseños experimentales y elabora el protocolo de investigación, posteriormente, se hacen las coordinaciones con el personal asignado a la finca donde se encuentra el lote para que ellos ejecuten y le den mantenimiento al ensayo, con el acompañamiento, apoyo y supervisión del Departamento de Investigación; por lo que, al estar ellos involucrados durante todo el proceso de investigación pueden observar el comportamiento del cultivo en ese periodo de tiempo. Esto permite que la investigación sea funcional y que con poco personal asignado a la tarea específica de la investigación agrícola se pueda tener un considerable número de ensayos distribuidos en función de la problemática y necesidades que presente cada finca productiva.

En el presente documento se podrá conocer en términos generales al Ingenio La Unión S.A., pero específica y detalladamente se podrá adentrar en el funcionamiento operacional y administrativo del Departamento de Investigación Agrícola y la metodología de investigación que lo hace tan eficiente y es la esencia del mismo.

## 1.2. Antecedentes

Como indican Azañon y Sandoval (s.f.) en el documento Metodología de Investigación del Ingenio La Unión, S.A., hace algunos años, en el Ingenio La Unión se utilizaban únicamente dos metodologías para evaluar diferentes prácticas agrícolas del cultivo de la caña, a) parcelas pequeñas normalmente de 5 surcos de 10 m de largo ( $75\text{m}^2$ ). Esta metodología se utilizó debido a que requiere menor cantidad de recursos y además se usa en la investigación básica. La desventaja es que por ser el área pequeña cualquier error de manejo se magnifica, pudiendo inducir a conclusiones erróneas; además, el manejo agronómico que se da en una parcela tan pequeña difiere mucho del manejo comercial. b) Lotes completos, la comparación de los resultados en un lote completo (7 a 10 ha) contra otro de condiciones similares sin ningún diseño experimental, tiene la desventaja de que la producción de estas áreas es diferente aunque el manejo de los mismos sea igual (sin haber efectuado ningún tratamiento), nuevamente esto puede inducir a conclusiones erróneas por parte del investigador quien podrá atribuirle al tratamiento la variabilidad ya existente en estos espacios productivos.

Los dos métodos mencionados eran ejecutados casi exclusivamente por el departamento de investigación, con muy poca participación de la administración de las fincas, esto resultaba en poco interés de este personal tanto en el desarrollo de la investigación como en sus resultados, no confiando en las recomendaciones del departamento. Además el número de experimentos y sus repeticiones se veía limitado debido a los recursos físicos y de personal del departamento de investigación.

Con el objetivo de expandir la investigación se optó por utilizar parcelas experimentales de 6 a 12 surcos de ancho (9 a 18 m), dependiendo del tipo de investigación y a lo largo de todo el lote (200 a 350 m) con áreas de 0.25 a 0.5 ha. Con este tamaño y diseño de parcela se hace un manejo comercial y se reduce la variabilidad entre las mismas de tal forma que las diferencias en los resultados de la investigación sean atribuibles con mayor certeza a los tratamientos y no a las diferencias previamente existentes entre las parcelas.

## 1.3. Justificación

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía del Centro Universitario del Quiché de la Universidad de San Carlos de Guatemala consta de tres fases: 1) diagnóstico, 2) servicios, e 3) investigación, desarrolladas en un lapso de 10 meses calendario. Siendo la primera fase de este proceso



el diagnóstico del lugar en donde se realice el EPSA, en este caso, el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.

El diagnóstico de EPSA se realiza con el fin de conocer y entender el funcionamiento del lugar, delimitar el área geográfica y administrativa para establecer y determinar la problemática que se pueda presentar en el lugar, lo cual permitirá priorizar los temas de los servicios y el tema de investigación a ejecutar. De igual manera, con base al diagnóstico se puede delimitar en tiempo y espacio la ejecución de los servicios e investigación.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Recabar información para establecer el funcionamiento operacional y administrativo del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A., ubicado en el km. 101.5 Carretera a Cerro Colorado, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.

### **1.4.2. Específicos**

- A. Revisar, analizar y procesar información ubicada en documentos referentes al Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.
- B. Definir el funcionamiento operacional y administrativo, y la metodología de investigación empleada por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.
- C. Determinar los problemas de la unidad productiva del Ingenio La Unión S.A. en función de la matriz de priorización establecida por parte del Departamento de Investigación Agrícola.

## **1.5. Metodología de diagnóstico**

### **1.5.1. Reconocimiento y delimitación**

Por medio de las actividades realizadas a diario por el personal del Ingenio La Unión asignado al Departamento de Investigación Agrícola y por la permanencia y caminamientos en el lugar de ubicación, se hizo el reconocimiento de las labores ejecutadas, en relación al tiempo y al espacio; de

igual forma, se pudieron distinguir las áreas directamente dependientes de este departamento y las áreas que apoyan directa e indirectamente pero no forman parte del personal del mismo, lo que permitió delimitar el campo de acción del Departamento en diagnóstico.

### **1.5.2. Recopilación de información**

En el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión se cuenta con documentos históricos del Ingenio y del departamento en sí. Esta literatura fue compartida para su posterior lectura y análisis, y con ello, conocer la metodología de investigación y el funcionamiento administrativo y operacional de este departamento; aunado a esto, se obtuvo información de los portales web de Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña (CENGICANÑA), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Centro Universitario de Oriente (CUNORI), El Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL) y de algunos otros autores, permitiendo obtener datos generales de la ubicación del Ingenio La Unión. De igual manera, se obtuvo valiosa información a través de conversaciones personales con los colaboradores del departamento.

### **1.5.3. Análisis y procesamiento de la información**

Se hizo la revisión de literatura compartida, lo que permitió ser analizada, se confrontó entre ella y con los resultados e información arrojada de las conversaciones personales; permitiendo ser procesada para su posterior sistematización.

### **1.5.4. Sistematización de la información**

Con toda la información obtenida analizada y procesada, se procedió a ordenarla y sistematizarla en el presente documento.

## **1.6. Localización**

### **1.6.1. Geográfica**

El Ingenio La Unión S.A. se encuentra ubicado en el km. 101.5 Carretera a Cerro Colorado, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. La fábrica y oficinas administrativas se encuentran

ubicadas en la Finca Belén, coordenadas sexagesimales 14°16'10"N y 91°5'54"O, las oficinas administrativas del Departamento de Investigación Agrícola y la planta de tratamiento de la semilla se encuentran dentro de los límites de la misma Finca, específicamente en las coordenadas 14°15'37"N y 91° 5'58"O y el banco de semilla genética en las coordenadas 14°16'21"N y 91° 5'28"O. Los ensayos realizados por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión se encuentran ubicados en las distintas fincas productivas de esta empresa en función de la problemática y necesidades que presente cada una de ellas (Grande 2006, Ingenio La Unión S.A. 2019b).

### **1.6.2. Extensión**

El Ingenio La Unión para la zafra 2,019 – 2,020 cuenta con un total de 18,236.63 hectáreas netas de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) (Ingenio La Unión 2019c).

### **1.6.3. Zona de vida**

La mayoría de las fincas productivas del Ingenio La Unión se encuentran ubicadas en el departamento de Escuintla, por tanto, el IARNA-URL (2018) concuerda con Ortega (2013) y MAGA (2012) al indicar que las unidades productivas pertenecen a dos zonas de vida: bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S (c)) y bosque húmedo subtropical cálido (bh-S (c)) con las características siguientes:

#### **A. Clima**

Para la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido las condiciones climáticas de esta formación son variables por la influencia de los vientos. El régimen de lluvias es de mayor duración, por lo que influyen grandemente en la composición florística y en la fisionomía de la vegetación. El patrón de lluvia varía desde 2,136 mm hasta 4,327 mm en la Costa Sur, promediando 3,284 mm de precipitación total anual y concentrando las mayores precipitaciones en los meses de mayo a octubre. Las bio-temperaturas van de 21°C a 25°C, para la costa Sur.

Y para la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido tiene un patrón de lluvias que van de 1,200 mm hasta 2,000 mm, de igual forma, concentrando las mayores precipitaciones en los meses de mayo a octubre. Las bio-temperaturas son de alrededor de 27°C.

## **B. Topografía**

Los terrenos de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido son de topografía desde plana hasta accidentada, la elevación varía desde 80 hasta 1,600 msnm. En cuanto a la zona de vida de bosque húmedo subtropical cálido, los terrenos poseen generalmente una topografía suave (áreas planas), la elevación varía desde el nivel del mar hasta los 80 msnm.

### **1.7. Recursos naturales**

#### **1.7.1. Hídricos**

Las fincas productivas del Ingenio La Unión se encuentran ubicadas en la vertiente del pacífico, cuenca del Coyolate, Acomé y Achíguate. Las oficinas del departamento de investigación agrícola son abastecidas con agua proveniente de un pozo profundo ubicado en la misma finca, Belén Anexo (Azañón 2020).

#### **1.7.2. Suelo**

##### **A. Tipos**

Con base en la clasificación de suelos de Guatemala sistema USDA, citado por Morales (2019), el Ingenio La Unión se encuentra en las siguientes clases:

Clase I: Tierras para la agricultura sin restricciones, aptas para riego, con relieve plano, productividad alta con buen nivel de manejo, aptos para todos los cultivos.

Clase II: Tierras para agricultura con pocas restricciones, aptas para riego, topografía plana, ondulada o suavemente inclinada, alta productividad con prácticas de manejo de suelo y tecnología agrícolas moderadamente intensivas. Aptos para cultivos de rotación.

##### **B. Uso**

Según Ingenio La Unión S.A. (2019d), se encuentra establecido el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.); las variedades, áreas y porcentajes se pueden observar en el cuadro 1:

Cuadro 1. Variedades por área y porcentaje de área cultivada en el Ingenio La Unión.

<b>Variedades</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
CG02-163	6,986	38.25
CP72-2086	3,022	16.55
Otras <sup>1</sup>	2,858	15.65
CG98-78	1,359	7.44
RB845210	746	4.08
CG04-10295	672	3.68
CG00-102	498	2.73
CG98-46	459	2.51
SP71-6161	369	2.02
CP73-1547	365	2.00
SP80-1842	326	1.78
SP83-2847	311	1.70
CG03-256	293	1.60
<b>Total general</b>	<b>18,264</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> En otras se encuentran agrupados lotes en los que se establecieron dos o más variedades del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y también se encuentran pequeñas áreas (de poca significancia porcentual individual) con otras variedades no descritas en el cuadro anterior.

Fuente: Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.

### 1.7.3. Flora

Debido a la expansión de área dedicada netamente a la producción del cultivo de caña de azúcar, la diversidad de flora es bastante limitada, siendo en su mayoría especies forestales, por lo que, únicamente se pueden observar en el área del Ingenio La Unión: eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), matilisguate (*Tabebuia rosa*), cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), ceiba (*Ceiba pentandra*), palo blanco (*Calycophyllum multiflorum*), volador (*Cordia gerascanthus* L.), bambú (*Phyllostachys aurea*), neem (*Azadirachta indica*) (Morales 2019).

### 1.7.4. Fauna

Debido a la corta diversidad de flora en el Ingenio La Unión, la diversidad de fauna es bastante limitada, por lo que únicamente se pueden observar en el área del Ingenio La Unión: lechuza (*Tyto sp.*), tacuazín (*Didelphis marsupialis*), iguana (*Iguana iguana*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), serpientes (*Colubridae sp.*), ratones (*Mus musculus*), perros (*Canis lupus familiaris*), armadillos (*Dasypus novemcinctus*), garza blanca (*Ardea Alba*) (Morales 2019).

### 1.8. División política y administrativa

Ingenio La Unión S.A. (2018a) indica que el área de investigación agrícola es un departamento dependiente del Ingenio La Unión S.A., por lo que, a continuación se presenta el orden jerarquico para el funcionamiento del mismo:

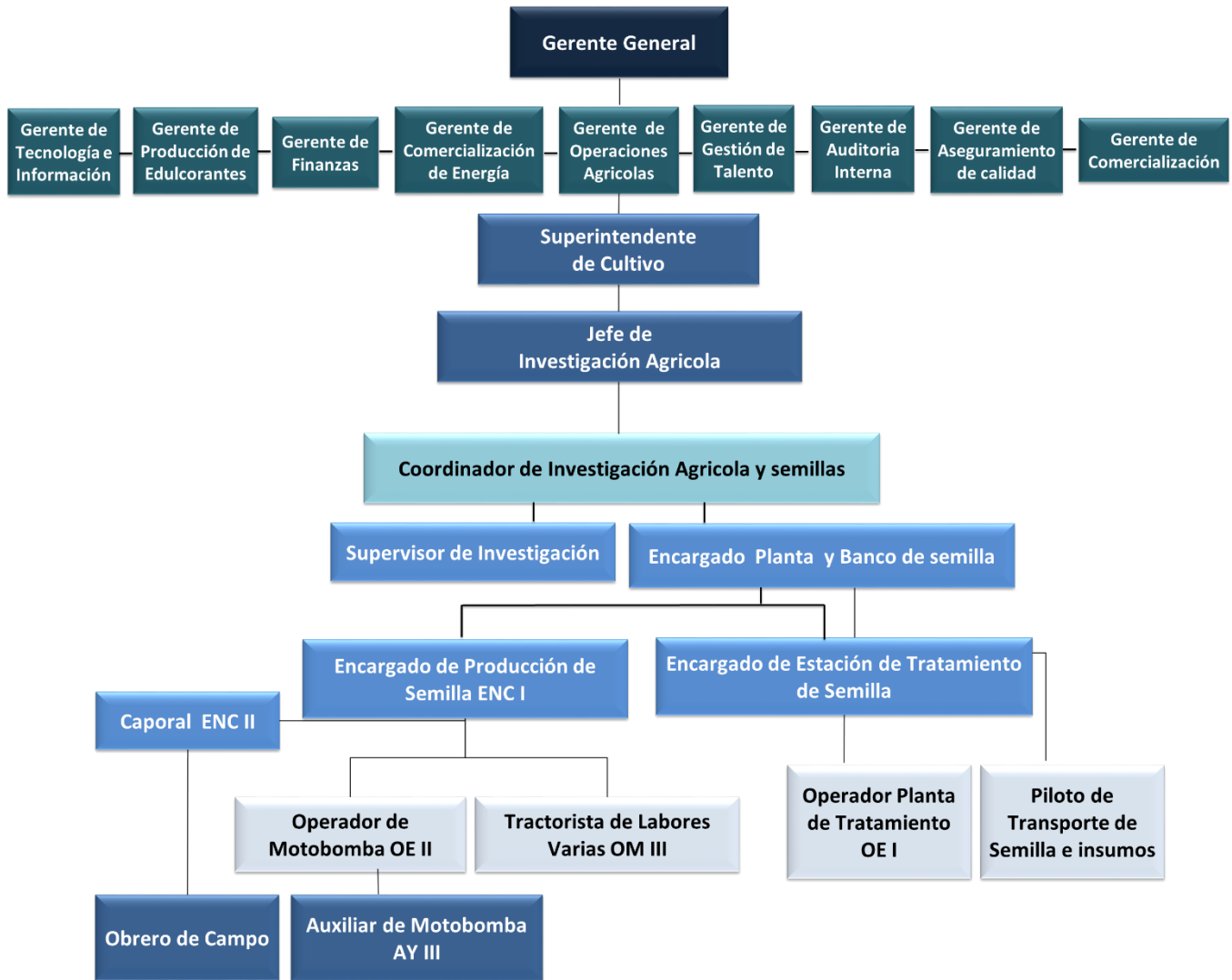


Figura 1. Organigrama del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Según Azañon (2020) y Castro (2020), el Departamento de Investigación Agrícola se divide en tres áreas: a) área administrativa específica de investigación agrícola con 6 colaboradores, considerando la secretaria que es compartida con la Superintendencia de Cultivo, b) planta de tratamiento de semilla con 15 colaboradores, c) banco de semilla genética con 14 colaboradores permanentes; de los que 6

empleados se encargan de regar y 8 empleados se encargan de las labores varias de manejo, y 28 colaboradores temporales; cumpliendo con el siguiente horario laboral de contratación:

Lunes a viernes: 07:00 a 12:00 horas y de 14:00 a 17:00 horas.

Sábado: 07:00 a 12:00 horas.

Sin embargo, en el departamento se labora en función de la carga de trabajo que se tenga en campo y en oficina.

En la siguiente figura se puede observar la cantidad de personal según área de trabajo y temporalidad de contratación.

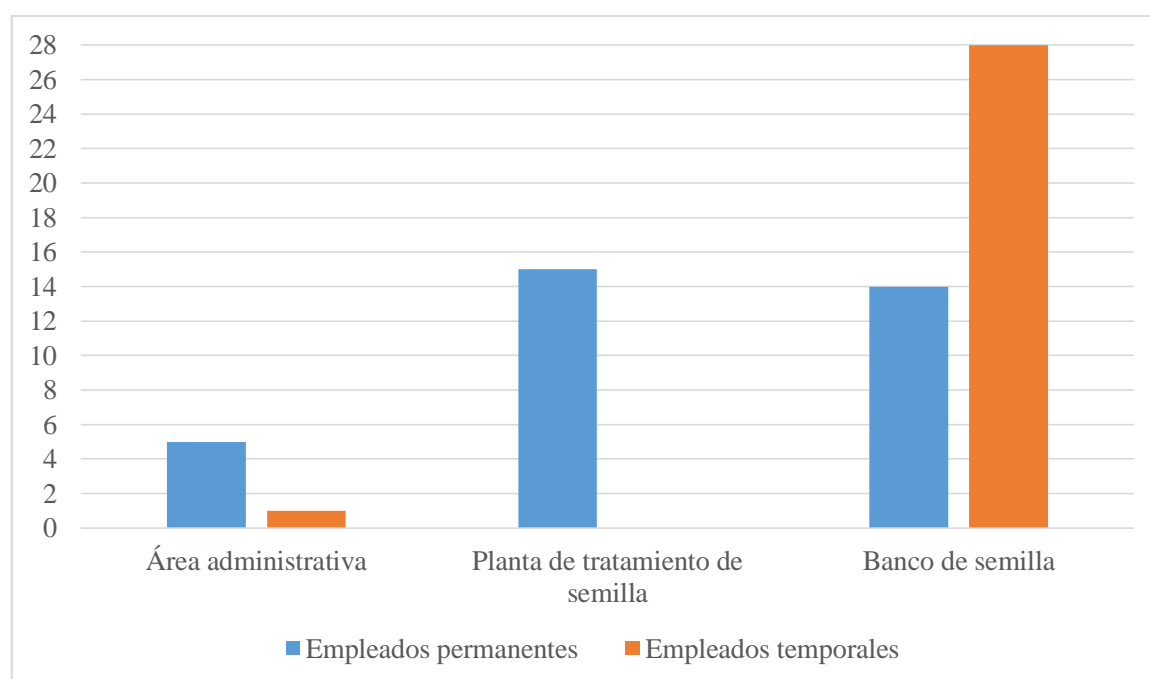


Figura 2. Empleados del Departamento de Investigación Agrícola según área y temporalidad de contratación en el Ingenio La Unión.

## 1.9. Metodología y áreas de investigación

### 1.9.1. Metodología de investigación

Por lo mencionado por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión (2019) y Azañón, Sandoval (s.f.) se puede decir que el Departamento de Investigación Agrícola se considera como la esencia para la producción eficiente en el Ingenio La Unión S.A., y a su vez, la esencia del

Departamento de Investigación Agrícola es la metodología de investigación que se inició a emplear en la temporada de zafra 2,003-2,004 y que se describe a continuación:

#### **A. Reconocimiento y priorización de problemas, necesidades e innovación**

El personal del departamento mantiene un monitoreo constante sobre los niveles productivos de las fincas del Ingenio La Unión, esto permite detectar cuando se presenta algún problema, necesidad y/o se desee innovar en alguna rama de la producción agrícola. Por lo que, con el aval y lineamientos del Comité de Investigación del Ingenio La Unión, se procede con la elaboración del protocolo de investigación.

#### **B. Protocolo de investigación**

En función de la problemática y/o tema de investigación, tiempos y el lugar en el que se establezcan los ensayos; el personal del departamento elabora el protocolo de investigación del cual forma parte un croquis que es compartido con el personal de la finca para que sea de conocimiento general el cómo, donde, cuando y con qué se realizará cada investigación.

#### **C. Definición del espacio físico en la localidad**

Por medio de mapas previamente elaborados por el Departamento de Sistemas de Información Geográfica se hace un reconocimiento de la localidad donde se ha presentado el problema y/o necesidad a nivel de gabinete para la búsqueda de un lote que sea representativo para el área geográfica a estudiar y que pueda cumplir con los requisitos para montar un diseño experimental, el cual comúnmente suele ser bloques al azar; posteriormente se hace el reconocimiento en campo mediante un recorrido para confirmar las observaciones previamente realizadas.

#### **D. Establecimiento del ensayo**

En primer lugar, se lleva a cabo el marcaje en campo del diseño experimental, regularmente una unidad experimental cuenta con 6-12 surcos ubicados a 1.40 m de distancia entre ellos, por el largo del lote (en promedio los surcos suelen tener 300 m de largo, por lo tanto, una unidad experimental generalmente tiene 0.25-0.50 ha y considerando que sean 4 repeticiones, el área total de un tratamiento sería de 1-2 ha, y se esperan rendimientos de 20-70 toneladas por unidad experimental, facilitando en



gran medida los cálculos de aplicación de productos agrícolas y la cosecha, ya que en el actual sistema un cortador toma seis surcos por el largo del lote, pero también se tiene la opción de los ensayos de parcela pequeña que utiliza unidades experimentales de 0.0075 ha y ensayos de lotes comerciales con unidades experimentales de 7-10 ha; posteriormente se coordina con los encargados de la finca donde se esté trabajando para contar con los materiales, equipo y personal que se va a necesitar para el ensayo, por último, se aplican los tratamientos de acuerdo al protocolo de investigación previamente elaborado. El establecimiento de los ensayos se realiza de acuerdo a la programación de actividades de cada finca.

Cuadro 2. Metodología de investigación en función del área de las unidades experimentales en el Ingenio La Unión.

<b>Metodología</b>	<b>Área de la unidad experimental (ha)</b>
Lotes comerciales	7-10
Franjas de 6 o 12 surcos	0.2- 0.6
Parcela pequeña	0.0075

Fuente: Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

### **E. Mantenimiento del ensayo**

Durante el periodo de tiempo desde el establecimiento del ensayo hasta la toma de datos, el personal del Departamento de Investigación Agrícola monitorea los ensayos al igual que el personal operativo de la finca, quienes le brindan el manejo agronómico establecido en el protocolo de investigación.

### **F. Toma de datos**

Según las variables a evaluar establecidas en el protocolo de investigación, se realiza la toma de datos en campo en el tiempo establecido en el mismo documento por parte del personal del Departamento de Investigación con el apoyo del personal operativo de la finca. En caso de que la variable a evaluar sea el tonelaje de caña por hectárea, los ensayos son cosechados por el Departamento de CAT (Corte, Alce y Transporte) según el programa de la finca, ya que fueron establecidos con la misma planificación, con lo cual se evita elevar costos; pero el administrador de finca es responsable de registrar el número de vagón, camión, envío y el tratamiento correspondiente del experimento para poder ser ubicado en el control de pesos de bascula.

### G. Análisis de datos

Con el software de análisis estadístico (Excel e InfoStat) el equipo de trabajo del Departamento de Investigación Agrícola procesa los datos de los tratamientos evaluados. De igual forma, se realizan análisis económicos que se confrontan con los resultados estadísticos.

### H. Emisión de resultados

En el Departamento de Investigación Agrícola se realizan los informes finales de los ensayos y posteriormente los resultados estadísticos, económicos, conclusiones y recomendaciones, son socializados por distintos medios para que sean adoptadas por las fincas que presenten las mismas condiciones a la localidad donde se realizó el ensayo. Todo el proceso de un ensayo, desde la problemática hasta la emisión de resultados, puede llevar desde un par de meses hasta cuatro a seis años dependiendo del tema investigado.

La metodología de investigación empleada ha sido sumamente efectiva, ya que ha tomado un carácter participativo; permite al personal administrativo y operativo asignado a los procesos agrícolas productivos con fines comerciales ser parte del proceso de investigación como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Actividades y responsables de la metodología de investigación en el Ingenio La Unión.

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
Lineamientos	Comité de Investigación
Protocolo	Dpto. de Investigación
Establecimiento	Jefe de zona y administrador de finca
Mantenimiento	Jefe de zona y administrador de finca
Cosecha	CAT, Jefe de zona y administrador de finca
Análisis de datos	Dpto. de Investigación
Informe final	Dpto. de Investigación

Fuente: Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Con esto se consigue la motivación y convencimiento del personal técnico para adoptar resultados y recomendaciones como producto del ensayo, debido a que fueron parte del desarrollo del mismo como se puede observar en la siguiente figura, en gris se encuentran las áreas que forman parte del Comité de Investigación:

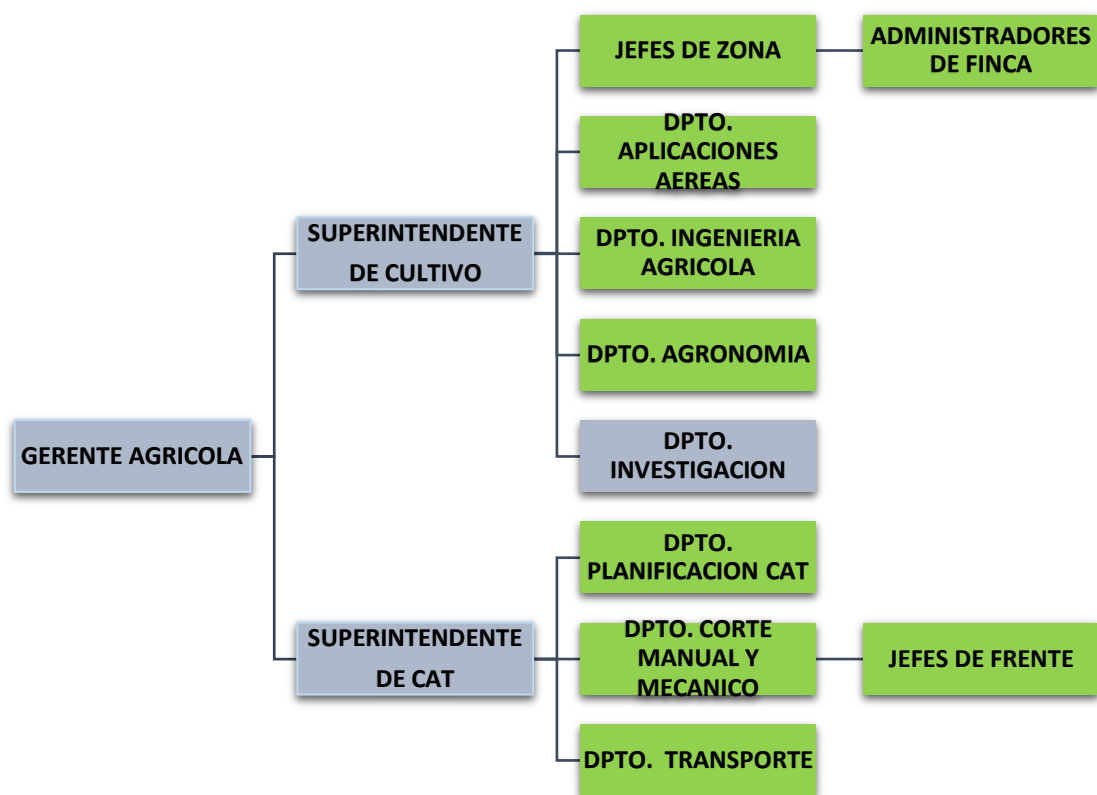


Figura 3. Departamentos involucrados en la investigación agrícola en el Ingenio La Unión.

Como se menciona en el contenido del inciso D. de este mismo numeral, las unidades experimentales pueden ser lotes comerciales, franjas de 7-12 surcos o parcelas pequeñas; cada uno de estos métodos posee ventajas y desventajas las cuáles se describen en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de las unidades experimentales según el área que ocupan en el Ingenio La Unión.

Metodología	Ventajas	Desventajas
Lotes comerciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se mantiene el manejo agronómico comercial en el total del lote.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La producción de estos lotes es diferente aunque el manejo de los mismos sea igual (sin haber efectuado ningún tratamiento).</li> <li>El procesamiento de datos se vuelve más complicado, así como la interpretación.</li> <li>El área empleada para la investigación es mayor.</li> </ul>

<b>Metodología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Franjas de 6 o 12 surcos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita poca área.</li> <li>• El costo de la investigación es bajo.</li> <li>• Se experimenta con rigor científico.</li> <li>• Práctico para investigación aplicada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita condiciones relativamente homogéneas.</li> <li>• Demanda mayor esfuerzo.</li> <li>• Requiere apoyo de la cosecha comercial.</li> </ul>
Parcela pequeña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere poca área y recursos.</li> <li>• Práctico para investigación básica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un pequeño error magnifica los resultados.</li> </ul>

Fuente: Elaboración basada en documentación del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

De este último cuadro se puede decir que, el método de investigación utilizando franjas de 6 o 12 surcos y sus múltiplos, es el más efectivo en los aspectos de establecimiento, mantenimiento, aplicaciones, cosecha y precisión de resultados; dado que ha sido diseñado con base en el actual sistema de producción porque la cosecha se realiza de 6 surcos por cortador, la fertilización mecanizada es con equipo que abarca 3 surcos, las aplicaciones aéreas de fertilizante y madurante cubren 12 surcos, los estimados de producción por unidad experimental son de 20 a 30 t y la capacidad de carga por jaula es de 30 a 40 t.

### 1.9.2. Áreas de investigación

Ingenio La Unión S.A. (2019, 2020) menciona que para la zafra 2019-2020 se contó con 96 ensayos activos, ubicados en distintas fincas administradas por el Ingenio La Unión, de los cuales, ya se han cosechado 44 habiendo realizado las lecturas de variables evaluadas.

A continuación se pueden observar los ensayos agrupados por tema de interés de investigación:

Cuadro 5. Temas de investigación del Departamento de Investigación Agrícola y número de ensayos por tema en el Ingenio La Unión.

<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Variedades	34	35.42%
2	Fertilización	31	32.29%
3	Madurantes	9	9.38%
4	Taller	5	5.21%
5	Riego y drenaje	4	4.17%
6	Densidad de siembra	3	3.13%
7	Profundidades de surcado	2	2.08%
8	Herbicidas	2	2.08%

<b>No.</b>	<b>Tema</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
9	Plántulas	2	2.08%
10	Distancia de siembra	1	1.04%
11	Plagas	1	1.04%
12	Métodos de siembra	1	1.04%
13	Tapado mecánico y manual	1	1.04%
<b>Total</b>		<b>96</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración basada en documentación del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Los ensayos se establecen en función de la problemática, necesidades e innovación, por lo que, el cuadro anterior se puede considerar también como una matriz de priorización de problemas agrícolas en el Ingenio La Unión. Se puede observar que el tema de variedades es el que posee mayor número de ensayos debido a que constantemente se tiene que hacer una renovación de ellas puesto que el ciclo de vida de una variedad es bastante corto (en función a la producción económicamente rentable) en relación a los 12 años como mínimo que se necesitan para poder encontrar y estabilizar un material varietal, por tanto, son ensayos que se establecen constantemente y tiene una duración mayor a un periodo de zafra. En segundo lugar se encuentra el tema de fertilización con 32.29% de la cantidad total de ensayos; esto se debe a que el suelo explotado agrícolamente es altamente dinámico como resultado de la constante incorporación de elementos al suelo por medio de restos de cosecha, pesticidas, fertilizantes y la extracción de elementos por parte de la planta; sumado a ello, se debe de considerar que también entra al juego de la fertilidad; la aplicación vía foliar de los nutrimentos necesarios para el cumplimiento del ciclo de vida del cultivo. En tercer lugar se encuentra el tema de madurantes que cobra importancia por el hecho de la función que tiene por objetivo en la caña de azúcar: concentrar la mayor cantidad posible de sacarosa en los tallos antes del momento de la cosecha.

Los temas que se encuentran en los primeros tres lugares de ensayos para la zafra 19-20 tienen en común que el impacto económico que pueden provocar en temas de productividad y rendimiento es mayor y más directo que los demás temas que se encuentran en investigación. Sin embargo, también se deben de considerar otros aspectos; como por ejemplo la responsabilidad social y ambiental de la empresa que se puede ver reflejada en la búsqueda de la optimización de los recursos hídricos con los ensayos en el tema de riego y drenaje, el abandono del uso de glifosato y búsqueda de alternativas en el tema de herbicidas, el manejo integrado de plagas con la utilización de agroquímicos que causen menores efectos negativos en el ambiente, etc.

Azañon (2020) hace saber que como resultado de la actual metodología de investigación utilizada por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión, se pueden asegurar los resultados con total certeza derivado de la reducción de errores que se tenía con la metodología anteriormente empleada. De igual manera, ha permitido tener acceso a sistemas de tecnología que han reducido costos de producción y aumentan la productividad, esto se puede ver reflejado en que el Ingenio La Unión, en los últimos 10 años, ha obtenido el primer lugar en productividad en 8 ocasiones y el segundo lugar en los otros 2 años.

#### **1.10. Entidades de apoyo al departamento de investigación agrícola**

Castro (2020) indica que actualmente el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña (CENGICANÑA) es la entidad que da soporte en investigación a todo el gremio de la industria azucarera y por su parte se presta apoyo en 5 ensayos sobre variedades, representando el 5.21% del total de ensayos que se tienen en ejecución por parte de este departamento.

La metodología de investigación utilizada por este departamento consiste en involucrar a todos los demás departamentos y fincas pertenecientes al Ingenio La Unión S.A. en función del tema y ubicación geográfica de la investigación, por lo que se trabaja en coordinación con ellos, ya que el protocolo de investigación es elaborado por el personal del Departamento de Investigación Agrícola para posteriormente ser socializado con el personal de los demás departamentos/fincas y por consiguiente, ser ejecutado por ellos con supervisión, apoyo y coordinación de este departamento.

A su vez, Azañon (2020) menciona que también se cuenta con asesorías de profesionales especializados en distintas áreas que apoyan al Departamento de Investigación Agrícola en función del tema o de los temas que se estén trabajando o se deseen trabajar con previa autorización por parte del Comité de Investigación del Ingenio La Unión. Y, se poseen buenas relaciones con el gremio azucarero, por lo que también se cuenta con el apoyo recíproco con otros Ingenios.

#### **1.11. Banco de semilla genética y planta de tratamiento de semilla del departamento de investigación agrícola**

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.), se puede clasificar en función del tiempo que necesitan las variedades para desarrollar la inflorescencia en: variedades flor, variedades intermedias y variedades no flor. Se les llama variedades flor a las variedades que se cultivan para la cosecha temprana, es

decir, para el primer tercio de la zafra (noviembre, diciembre) porque son de ciclo de vida corto, lo que significa que de no ser cosechadas en el primer tercio de la zafra, emitirían la inflorescencia; disminuyendo el contenido de sacarosa en la caña. Las variedades intermedias son establecidas para ser cosechadas en el segundo tercio de la zafra (enero, febrero) y las variedades no flor son cosechadas en el tercer tercio de la zafra (marzo, abril), en función también, del ciclo de vida del cultivo y el tiempo para la emisión de la inflorescencia (CENGICAÑA 2012, Ingenio La Unión S.A. 2019a, Castro 2020).

Considerando lo anteriormente mencionado, es que se definen las variedades a establecer en el banco de semilla genética para proveer de semilla a los semilleros comerciales que se establecerán en las fincas productivas (Ingenio La Unión S.A. 2018b).

En el banco de semilla genética, para la zafra 2019-2020, se establecieron las siguientes variedades:

Cuadro 6. Variedades establecidas en el banco de semilla genética para la zafra 2019-2020.

<b>Tempranas</b> (noviembre-diciembre)	<b>Intermedias</b> (enero-febrero)	<b>Tardías</b> (marzo-abril)
CG04-10295	CGMEX10-26315	CG12-116
CG00-102	CG02-163	RB84-5210
	CG98-78	

Fuente: Elaboración basada en documentación del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Con base a investigaciones realizadas por el Departamento de Investigación Agrícola, se ha establecido que las yemas de la semilla (toletes) de caña de azúcar pueden ser estimuladas a través de procesos hidrotérmicos para que la emergencia de los tallos sea de 8-10 días en comparación a los 15-20 días que llevaría sin este tratamiento. El tratamiento hidrotérmico es realizado en la Planta de Tratamiento de Semilla y se realiza en función del fin al que se encuentre destinada la semilla según previa experimentación: para semilleros comerciales y variedades nuevas se lleva a cabo sumergiendo la semilla en agua a temperatura de 51°C por una hora, para renovaciones de plantaciones se sumerge la semilla durante 30 minutos a 52°C. Adicionalmente, sin importar el fin de la semilla, se traslada inmediatamente a un contenedor con agua a temperatura ambiente para conseguir un choque térmico y por tanto eliminar la bacteria (*Xanthomonas albilineans*), posteriormente, la semilla es tratada con insecticidas y fungicidas. Luego de este proceso, la semilla esta lista para ser trasladado al terreno donde será sembrada (Azañon 2020).

## 1.12. Conclusiones

En el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A. se cuenta con registros históricos, específicos de la empresa en general y del propio departamento, por lo que fueron bastante accesibles de obtener debido a la anuencia y apoyo del personal de este departamento para la facilitación del material que fue analizado, procesado y sistematizado para dar origen al presente diagnóstico.

El Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A., a pesar de la reducida cantidad de personal con el que cuenta en relación al área total productiva del Ingenio y al alto número de ensayos que se tienen en ejecución, es operativamente funcional derivado de su actual metodología de investigación, donde se puede decir que, prácticamente cada investigación la realiza el personal de campo asignado a cada finca, por lo que, ellos propiamente pueden ir observando y analizando los resultados obtenidos, y sumado a esto, el Departamento de Investigación Agrícola ofrece los resultados estadísticos de cada ensayo. En función de ello, las tecnologías son rápidamente adoptadas debido a la oportunidad de ver el comportamiento y desarrollo de cada ensayo en el propio territorio administrado por ellos; de ésta manera, se abandona la investigación básica y se realiza una investigación eficiente. En el ámbito administrativo, el Departamento de Investigación Agrícola es gestionado por personal lo suficientemente capacitado y con la experiencia necesaria para gestionar y coordinar el funcionamiento del mismo.

A través de la cantidad y porcentaje de ensayos por tema establecidos para la zafra 2019-2020, se puede observar la problemática y necesidades agrícolas que se presentan en el Ingenio La Unión y que son prioridad de investigación para el Departamento de Investigación Agrícola. Por lo que se puede decir que, los mayores problemas y/o necesidades se presentan en: a) Evaluación de variedades, con el 35.42%, b) Fertilidad, con el 32.29%, c) Madurantes, con el 9.38%. Sin embargo, también se pueden considerar otros aspectos para priorizar los problemas y necesidades agrícolas en esta empresa como lo son la responsabilidad y compromiso social y ambiental que tiene la empresa, por ejemplo, en el tema de herbicidas se tiene problemas con el uso de glifosato por residualidad del producto, por lo cual cobra importancia por los efectos que puede tener en la salud humana, en el tema de riego y



drenaje se busca la optimización de los recursos hídricos, en el tema de plagas se buscan alternativas que no provoquen desbalance ecológico para el manejo integrado de plagas, etc.

### **1.13. Recomendaciones**

- 1) Se hace necesario contar con un área experimental agrícola propia del Departamento para poder disponer de ella según la planificación de montaje de ensayos. Por lo que, se recomienda solicitar un área próxima a las oficinas administrativas del Departamento de Investigación, que permita fácil acceso y las condiciones requeridas para ser apreciada como área agrícola experimental.
- 2) Solicitar un mayor número de personal para este departamento, que esté capacitado y pueda continuar con el rumbo que la investigación agrícola ha tomado en esta empresa.
- 3) La metodología de investigación que ha adoptado y utiliza el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión ofrece resultados directos, por lo que, la investigación en sí los convence de los resultados estadísticos que posteriormente el personal del Departamento obtendrá y presentará. Debido a esto, se considera que esta metodología de investigación se debe replicar en otros medios y lugares con las adaptaciones que se requieran pero manteniendo la esencia de ella con el objetivo de que se realice una investigación funcional.

### **1.14. Referencias**

- Azañon, V. 17 feb. 2020. Generalidades del Departamento de Investigación Agrícola (conversación personal). Escuintla, Guatemala. Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.
- Azañon, V; Sandoval, J. s.f.. Metodología de Investigación de Ingenio La Unión, S.A. (unidad de disco duro). Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.
- Castro, O. 24 feb. 2020. Entidades de apoyo para el Departamento de Investigación Agrícola (conversación personal). Escuintla, Guatemala. Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A.

CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2012. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en: <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>

Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión. 2019. Metodología Investigación La Unión 2019 (unidad de disco duro). Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Grande, G. 2006. Informe final de diagnóstico, investigación y servicios desarrollados en el Departamento de Investigación del Ingenio La Unión S.A. (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2257.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2257.pdf)

IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala). 2018. Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida (en línea). Guatemala. Consultado el 24 feb. 2020. Disponible en: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>

Ingenio La Unión S.A. 2018a. Organigrama de investigación (unidad de disco duro). 2 ed. (código C-R-GT-001). Departamento de Gestión de Talento. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2018b. Programa semilla temporada 2018-19 (unidad de disco duro). Banco de Semilla Genética. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2019a. Croquis banco de semilla 2019 (unidad de disco duro). Departamento de Investigación Agrícola. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2019b. Finca Belen Banco de Semilla 2019-2020 (unidad de disco duro). Departamento de Sistemas de Información Geográfica. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2019c. Mapas y áreas oficiales de fincas bajo administración Zafra 2019-2020 (unidad de disco duro). 9 ed. (código A-G-OA-382). Departamento de Sistemas de Información Geográfica. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2019d. Proyección Varietal 2019-20 (unidad de disco duro). Departamento de Investigación Agrícola. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ingenio La Unión S.A. 2020. Registro Listado de Proyectos de Investigación: experimentos establecidos en la zafra 2,018-19, para cosecha en zafra 2019-20 (unidad de disco duro). 2 ed.

(código A-R-OA-439). Departamento de Investigación Agrícola. Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2012. Mapa de zonas de vida según el sistema Holdridge (en línea). Guatemala. Consultado 24 feb. 2020. Disponible en: <http://www.nalsite.com/Servicios/Mapas/MuestraMapa.asp?id=1211>

Morales, S. 2019. Diagnóstico de la situación actual del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio La Unión S.A., Santa Lucia Cotz., Escuintla (unidad de disco duro). Mazatenango, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

Ortega, J. 2013. Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala basada en el Sistema Holdridge (en línea). CUNORI (Centro Universitario de Oriente). Chiquimula, Guatemala. Consultado el 24 feb. 2020. Disponible en: [https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION\\_DE\\_ZONAS\\_DE\\_VIDA\\_DE\\_GUATEMALA](https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION_DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA)





The seal of the Academia de Ciencias Exactas y Físicas de Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a crown on top, flanked by two lions. The shield is set against a background of a globe. The text "ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS Y FÍSICAS DE GUATEMALA" is written around the perimeter of the seal. The words "CONSPICUA" and "CAROLINA" are also visible at the top of the seal.

## CAPÍTULO II

**Evaluación de cuatro tratamientos de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala**

**Evaluation of four agrochemical treatments to induce artificial ripening in sugar cane (*Saccharum* spp.) Variety CG02-163 at Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala**



## 2.1. Resumen

La evaluación de cuatro tratamientos de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala, se llevó a cabo durante el Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Agronomía realizado en el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión S.A. La investigación se ejecutó con la finalidad de encontrar alternativas de productos químicos con menores efectos negativos en el ambiente en comparación a los utilizados actualmente y que ofrezcan resultados favorables en la práctica de la inducción de la maduración artificial en dicho cultivo, por lo tanto, se estableció el diseño experimental de bloques al azar que consistió en seis tratamientos con cuatro bloques cada uno, dos de los tratamientos fueron testigos, uno relativo y uno absoluto, en los cuatro tratamientos restantes se emplearon distintos productos en la única aplicación cinco semanas después de la suspensión del riego y cuatro semanas antes de la fecha programada para la cosecha de las unidades experimentales. Las variables de respuesta que se analizaron de cada tratamiento son: producción en toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea (TMCH), rendimiento del contenido de azúcar en toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea (TAH), efectos residuales de cada producto en relación al rebrote del cultivo de caña de azúcar, rentabilidad y dominancia económica.

Estadísticamente las medias de los seis tratamientos fueron iguales en cuanto a las variables TMCH y TAH, por lo que no se realizó ninguna prueba de medias y determinar los tratamientos recomendables quedó en función de las dos últimas variables. En relación a la tercera variable de respuesta, el testigo relativo, en el cual se aplicó sal isopropilamina de glifosato, fue el tratamiento que presentó mayor porcentaje de daño con 30 % y a su vez, en estas unidades experimentales se encontró el mayor número de espacios vacíos (0.68 %) durante el periodo de rebrote del cultivo; los 5 tratamientos restantes se mantuvieron por debajo del 15 % de daño visual y por debajo de 0.50 % de espacios vacíos. En cuanto al análisis económico, siendo la cuarta variable de respuesta, se pudo determinar que para la práctica de la aplicación de productos para inducir la maduración artificial de la caña de azúcar en la Finca Virginia en el tiempo y condiciones del presente ensayo, el tratamiento más rentable es el tratamiento 5 empleando trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de disodio tetrahidratado), ya que en él se invirtieron US\$.49.81/ha y se obtuvo un ingreso en dólares estadounidenses por el aumento del rendimiento de azúcar respecto a la aplicación de sal isopropilamina de glifosato de US\$.293.68/ha (489.60 % de rentabilidad), es decir, por cada dólar

invertido en esta práctica, se recuperó la inversión inicial y una ganancia de US\$.4.90, también resaltó el tratamiento 1, siendo el testigo absoluto, ya que ambos fueron “no dominados”. Al obtener estos resultados se pueden recomendar ambos tratamientos, el optar por uno de los dos está en función de la capacidad económica que se posea puesto que el tratamiento 5 ofrece mayor beneficio neto pero en él se debe de invertir, por el contrario en el tratamiento 1 no se debe realizar ninguna inversión en la práctica de la inducción artificial de la maduración pero el beneficio neto es menor que el del tratamiento 5 con respecto a la aplicación de sal isopropilamina de glifosato.

## 2.2. Introducción

En la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) la maduración es un proceso metabólico durante el cual la planta deja de crecer e inicia a almacenar energía en forma de sacarosa en los entrenudos del tallo (Buenaventura, citado por Sáenz 2014). El rendimiento del azúcar, medido en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) es dependiente de la concentración de sacarosa en los entrenudos del tallo, que a su vez es dependiente de la producción de toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH) (Larrañondo 1995, 2013). En Guatemala, las aplicaciones de productos químicos para inducir artificialmente la maduración en la caña de azúcar se iniciaron a finales de la década de los años ochenta, siendo los productos derivados del glifosato de los primeros en emplearse en esta práctica (Sáenz 2004, Buenaventura, Asociación de Azucareros de Guatemala, Instituto Colombiano Agropecuario, citados por Hernández 2009).

El uso de reguladores de crecimiento del tipo herbicida es el más extendido en la industria azucarera, especialmente, ha permanecido el uso de los productos derivados del glifosato debido a los bajos costos que representa la adquisición de ellos y los buenos resultados que han continuado ofreciendo. Sin embargo, los estándares productivos son cada vez más rigurosos y estrictos desde un punto de vista integral; es decir, el objetivo es obtener rendimientos económicamente positivos sin dejar por un lado aspectos como lo social, ambiental, político, etc. y a razón de que varios autores en distintos estudios han comprobado los efectos secundarios que el glifosato puede ocasionar en el ambiente y en la salud humana, en el Ingenio La Unión S.A. se quiere abandonar el uso de los productos que tengan en su composición ingredientes activos derivados del químico en mención.



Por lo tanto, el fin de esta investigación fue evaluar y comparar los resultados de las alternativas de agroquímicos que se propusieron, contra los resultados del uso de sal isopropilamina de glifosato (testigo relativo) y la no aplicación (testigo absoluto) en la maduración inducida de la caña de azúcar.

Con respecto a las variables de respuesta toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH), se realizó individualmente un análisis de varianza (ANDEVA) y al no existir diferencias estadísticas significativas fue innecesario realizar la prueba de medias, por lo tanto se procedió a analizar los beneficios y costos de aplicación de cada producto. Dado que dos del total de productos que se utilizaron en este experimento son reguladores de crecimiento del tipo herbicida en dosis menores a las recomendadas comercialmente para la acción herbicida, se evaluaron los efectos de daño que presentaba el rebrote de la siguiente soca de caña de azúcar, lo cual se realizó utilizando la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas y con los datos de porcentajes de resiembra requerida en cada parcela experimental con base al producto utilizado en cada una de ellas se obtuvo el valor de metros lineales vacíos en cada unidad.

### **2.3. Definición del problema**

Las condiciones que requiere la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para alcanzar la madurez son difíciles de conseguir naturalmente y más aún durante la época de la cosecha, práctica conocida como zafra, que se realiza durante los meses de noviembre a abril de cada año, teniendo como resultado bajos niveles de rendimiento de azúcar lo cual impacta directamente en el beneficio económico de los procesos productivos. Por lo tanto, se hace necesaria la aplicación de productos agroquímicos para inducir artificialmente la concentración de sacarosa en los entrenudos del tallo. Actualmente en la industria productora de azúcar es la sal isopropilamina de glifosato la que se utiliza para alcanzar óptimos niveles de sacarosa en la planta ya que ha ofrecido resultados favorables y representa bajos costos de adquisición, sin embargo, internacionalmente han surgido restricciones sobre el uso de productos derivados del glifosato en la agricultura, ya que estudios han revelado que pueden provocar efectos nocivos en los recursos naturales y en la salud humana (Huber 2019, Cox, Dinham, Williams *et al.* citados por Maldonado 2003:2-6, Ibáñez citado por Pengue 2003:2-5), por lo que, existiría la posibilidad de enfrentar problemas legales, rechazo de lotes de azúcar, críticas a los procesos productivos y en el caso de que en Guatemala se restrinja el uso del glifosato, no se contaría con

alternativas previamente evaluadas y analizadas con base a resultados. A su vez, el glifosato por ser un regulador de crecimiento de naturaleza herbicida en algunas ocasiones presenta efectos residuales en el rebrote de la siguiente temporada de soca (clorosis, retardo de crecimiento, muerte parcial o total) lo que representa mayor cantidad de mano de obra para efectuar el proceso de resiembra o en su defecto si no se realiza, influye negativa y directamente en la productividad del siguiente periodo de zafra disminuyendo la densidad poblacional del cultivo.

#### **2.4. Justificación**

El continuo crecimiento en la cantidad de población humana, y por ende, el aumento en el consumo de alimentos, obliga a buscar los mecanismos y tecnologías que permitan aumentar la producción para satisfacer cada una de esas necesidades. A raíz de ello, la correcta aplicación de madurantes en la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) permite obtener mayores rendimientos y beneficios económicos a través de la disminución de material ajeno de la caña que va a la fábrica (trash), permite un despuntado más alto, facilita los procesos de cosecha, ofrece un mayor periodo de tiempo entre cosecha y molienda sin pérdidas significativas de sacarosa, y el retorno de la inversión es en un periodo corto de tiempo ya que desde la aplicación hasta la cosecha transcurren entre 4 y 10 semanas. En el Ingenio La Unión S.A. utilizando productos derivados del glifosato se han conseguido aumentos desde 5 hasta 25 kilogramos de azúcar por cada tonelada de caña cosechada y se tienen registros de que el costo de aplicación se cubre con un aumento de 2 kilogramos de azúcar por tonelada de caña; pero, debido a la problemática que representa la utilización de productos con glifosato es que deben buscarse alternativas que no incidan negativamente en la salud humana, en el ambiente y que puedan ofrecer resultados parecidos o mejores a los que se han obtenido anteriormente.

La importancia de la utilización de productos que no incidan negativamente en los factores mencionados en el párrafo anterior, radica en la preservación de los recursos naturales con los que se cuentan, en conjunto a conseguir el menor o inexistente daño en el rebrote de la siguiente soca de caña para la zafra posterior. Con respecto a la salud humana la importancia se basa en que algunas partículas que se encuentran en estos productos agroquímicos pueden llegar al cuerpo humano, ya sea por contacto directo o indirecto, lo que podría significar el inicio de males en la salud; aunado a esto, para

los productos finales con presencia de estas partículas químicas puede significar el rechazo de lotes completos, lo que se traduciría en pérdidas económicas.

Por lo tanto, se deben de tener en cuenta los aspectos ambientales, de salud, políticos, etc. en la aplicación de productos para inducir la maduración en caña de azúcar lo cual se consigue a través de este ensayo, ya que su importancia radica en la búsqueda y obtención de alternativas viables con las características anteriormente mencionadas que permitan aumentar el rendimiento productivo actual, inducir químicamente lo que de forma natural representaría retraso en la época de cosecha y evitar la pérdida de concentración de sacarosa en la caña de la Finca Virginia del Ingenio La Unión S.A.

## **2.5. Marco conceptual**

### **2.5.1. El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*)**

La caña es una planta C4 que presenta eficiencia fotosintética (la cuota se encuentra entre 150 y 200 % sobre la media de otras plantas). Es una planta perenne. En función de la variedad y condiciones locales, la planta forma entre 10 y 16 tallos que pueden crecer hasta 3 – 5 m de altura. El contenido de azúcar (sacarosa) oscila entre 11 y 16 % (Oxlaj 2014).

#### **A. Historia**

La caña de azúcar es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez en el Sureste Asiático y la India Occidental. Alrededor del año 327 a.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del año 647 d.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (año 755 d.C.) (CONADESUCA 2015).

Wagner, citado por Soto (2018:2), señala que «la caña de azúcar comenzó a cultivarse en Guatemala en 1536 en Amatitlán. A pesar de esto, fue hasta mediados del siglo XIX que Guatemala comenzó a exportar azúcar en cantidades menores». Por su parte, Solórzano, citado por García 2017 coincide y menciona que la explotación de este cultivo incrementó notablemente en el año 1930, siendo a la fecha la agroindustria azucarera, una de las fuentes de producción más importantes de Guatemala.

#### **B. Clasificación taxonómica**

Arthur Cronquist (1981:1145), en la obra Un Sistema Integrado de Clasificación de Plantas con Flores, establece la siguiente clasificación para la caña de azúcar:

- Reino Plantae
- Phylum Tracheophyta
- Subphylum Pteropsida
- División Magnoliophyta
- Clase Liliopsida
- Subclase Commelinidae
- Orden Cyperales
- Familia Poaceae
- Tribu Andropogoneae
- Género Saccharum
- Especie *Saccharum officinarum*

A pesar de ello, algunos autores en obras más recientes identifican el cultivo de la caña de azúcar como (*Saccharum* spp.), ya que, Daniels citado por Sáenz (2004), menciona que la caña de azúcar como cultivo se originó como *S. officinarum*, pero posteriormente por trabajos de mejoramiento se ha utilizado híbridos interespecíficos del género *Saccharum* como lo son *S. sinense*, *S. barberi*, *S. dulce*, *S. spontaneum*, *S. robusstum*. De igual manera, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, citado por Maposita y Mora (2018:7) indica que «los clones comerciales de caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las seis especies anteriores». Por su parte, Azañón (2020) concuerda y menciona que en la actualidad se siguen realizando cruces en busca de mejores materiales genéticos, por lo tanto no se puede hacer mención de una sola especie, es por ello que se nombra por el epíteto spp.

Como resumen de todo lo anterior, se puede observar el siguiente cuadro:

Cuadro 7: Comparativa de la identificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar.

Antes	Actualidad
En el año 1981 Arthur Cronquist identifica el cultivo de la caña de azúcar como ( <i>Saccharum officinarum</i> ).	En los últimos años en el mejoramiento genético del cultivo de la caña de azúcar se han utilizado también genes de otras especies por medio de híbridos interespecíficos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>S. sinense</i></li> <li>• <i>S. barberi</i></li> <li>• <i>S. dulce</i></li> <li>• <i>S. spontaneum</i></li> <li>• <i>S. robusstum</i></li> </ul> Como resultado, en la actualidad se nombra el cultivo de la caña de azúcar como ( <i>Saccharum</i> spp.), ya que no se puede especificar únicamente a una especie.

Fuente: Elaboración con base a Daniels citado por Sáenz (2004), Ministerio de Agricultura y Ganadería, citado por Maposita y Mora (2018) y Azañón (2020).

### **C. Etapas fenológicas del cultivo**

Hay autores que mencionan 4 o hasta 5 etapas fenológicas del cultivo, para efectos prácticos; Chaves (1982) dividió el ciclo vegetativo de la caña de azúcar en tres etapas:

#### **a. Desarrollo de las Cepas:**

Chaves (1982:1) indica que esta etapa «abarca desde la germinación o retoñamiento hasta que el campo cierra (5-7 meses de edad). En esta etapa la humedad de la planta debe mantenerse arriba de 85 %».

#### **b. Formación de Sacarosa:**

En esta etapa, Chaves (1982:1) indica que se contempla «desde el cierre del cañal hasta el crecimiento vegetativo completo, la planta cuenta en esta etapa con 14-15 hojas verdes y una humedad de 78-80 % es lo recomendable. El nitrógeno inicia su agotamiento reduciendo su contenido.»

#### **c. Maduración:**

Se inicia tres meses antes del corte teórico con una reducción en el crecimiento y la conservación de azúcares reductores como sacarosa, la planta tiene en este momento 8-9 hojas verdes y tanto la humedad como el nitrógeno de la sección 8-10 del tallo deben disminuir y alcanzar valores de 73-75 % y 0,25 %, respectivamente (Chaves 1982:2).

Humbert, citado por Larrahondo y Villegas (1995:311) «diseñó el método que analiza el contenido de humedad de los entrenudos 8 a 10, con el cuál encontró una correlación significativa entre el descenso de la humedad en esta sección del tallo y el incremento en sacarosa».

Este método permanece vigente y sigue siendo utilizado en la actualidad para analizar el contenido de humedad y por consiguiente, determinar la concentración de sacarosa en los tallos (Salgado-García *et al.* 2017).

### **D. Requerimiento hídrico**

Se indica en la literatura internacional que el requerimiento hídrico se encuentra entre 1300-1600 mm para cañaverales de ciclo anual. El consumo varía en cada fase de crecimiento y en la variedad cultivada (Romero *et al.* 2009).

El requerimiento hídrico del cultivo de la caña de azúcar se suple entre las precipitaciones pluviales y riegos. «El riego en la zona cañera de Guatemala es una actividad muy importante, se desarrolla junto con la zafra en el período seco, del 15 de noviembre al 15 de mayo» (CENGICANA 2012:178).

### E. Requerimientos edáficos y climáticos

Según CENGICAÑA (2012) y Castro (2015), la zona cañera de Guatemala con base a la altitud sobre el nivel del mar, se ha dividido en cuatro estratos, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Características climáticas de la zona cañera en Guatemala.

Estrato	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	T ° (°C)			Radiación solar (MJ/m <sup>2</sup> /día)	Velocidad media del viento (km/h)
			Min.	Media	Max.		
<b>Alto</b>	> 300	4100	20.2	26.2	32.2	17.7	5.2
<b>Medio</b>	100 – 300	3700	20.5	26.7	32.2	17.3	6.8
<b>Bajo</b>	40 - 100	1900	21.2	27.3	33.8	18.4	6.2
<b>Litoral</b>	< 40	1500	21.0	27.5	33.4	18.0	8.7

Fuente: Tomado de CENGICAÑA 2012.

El material sobre el cual se han desarrollado los suelos de la región cañera está principalmente constituido por cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, derivados de las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante la era Cuaternaria y que han sido sedimentados en estos lugares a causa del efecto de arrastre provocado por la erosión (CENGICAÑA 2012:37).

### F. Variables responsables del contenido de sacarosa

Las variables que según la literatura consultada son las de mayor influencia en el contenido de sacarosa y calidad de jugo son las siguientes:

#### a. Escala Brix

«Proporciona el contenido de sacarosa (% masa / masa) de soluciones de sacarosa pura. Sin embargo, en la industria azucarera ° Brix también se usa como el porcentaje (en masa) de sustancia seca (DS) de soluciones de azúcar» (Bustamante 2018:3). Los Brix se pueden medir directamente en el campo mediante un refractómetro manual para Brix., se perforan varias plantas en el campo, se colecta su jugo para formar una muestra compuesta que será analizada, luego se pone una gota del jugo compuesto en el refractómetro y se hace la medición de grados Brix (Villegas citado por García 2017).

### **b. Polarización (Pol) de sacarosa (%)**

Es el porcentaje de sólidos solubles (sumatoria de azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa) en un material azucarado; en este caso, jugo de caña de azúcar (Benedicto 2019). Se puede determinar un instrumento llamado polarímetro, de ahí que esta variable sea llamada como Porcentaje POL. El porcentaje de sacarosa y el porcentaje POL son sinónimos (Villegas citado por García 2017).

### **c. Fibra caña (%)**

Porcentaje de materia seca de la caña, insoluble en agua, compuesta generalmente por celulosa, que a su vez está compuesta por azúcares simples como la glucosa (Estrada 2012, El que hacer de la Agroindustria..., s.f.). La fibra en exceso afecta el rendimiento final de TAH, ya que disminuye la cantidad de jugo en la caña (Chaves 1982, Rivera y Chaves 2003, Quemé 2012).

### **d. Pureza del jugo (%)**

«El porcentaje de pureza del jugo se manifiesta como la relación existente entre el porcentaje de solutos presentes en el jugo de caña de azúcar y la proporción de cristales de sacarosa en ese jugo» (García 2018:39). Son los sólidos disueltos de sacarosa en el jugo y potencialmente futuros cristales de azúcar, se puede determinar por medio de cromatografía líquida de alta presión (Sáenz 2004, Ramazzini 2017).

### **e. Azúcares reductores**

Es una relación Sacarosa–Glucosa y Fructosa. Representa un parámetro de madurez importante ya que al madurar la caña, los azúcares reductores se transforman en sacarosa por deshidratación (Chaves 1982, Tun 2014). Se pueden estimar mediante la reacción con el ácido 3,5 dinitrosalicílico (Bello *et al.* 2006).

### **f. Porcentaje de humedad caña (%)**

Se define como la cantidad de agua en caña. Es de vital importancia para determinar el tiempo de cosecha. El porcentaje adecuado para proceder a cosechar la caña debe oscilar entre el 70 y 68 % (Arcila y Villegas, citados por Sáenz 2014).

## **2.5.2. Variedad CG02-163 de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)**

CENGICAÑA (2018) en la presentación de resultados 2017-2018 menciona que la variedad de caña de azúcar CG02-163 es un híbrido del género *Saccharum*, fue seleccionado de la descendencia del cruzamiento entre los progenitores CP65-357 x CP72-2086. La cruce se realizó durante el periodo

de zafra 2000-01. La nomenclatura CG02-163 está reconocida internacionalmente con el significado siguiente: CG identifica a las variedades de caña generadas por CENGICAÑA-Guatemala, los primeros dos dígitos (02) se refieren al año de designación y después del guión (-) el número de selección (163). Es un ejemplar con características de maduración natural intermedia-tardía.

CENGICAÑA (2018:49) explica la importancia de esta variedad por los «buenos atributos que presenta en productividad de azúcar, resistencia a enfermedades, características agronómicas para su manejo y su adaptabilidad a estratos altitudinales, meses de cosecha, zonas longitudinales y zonas agroecológicas». A su vez, Orozco *et al.* citado por CENGICAÑA (2018:49) argumenta que «el surgimiento de la variedad CG02-163 con más del uno por ciento de área fue en la zafra 2012-13».

Al completar el programa de selección, el Programa de Variedades de CENGICAÑA, se liberó la variedad CG02-163 para uso comercial en la zafra 2012-13 superando en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) a la variedad testigo CP72-2086 en 1.3 TAH promedio de los primeros tres ciclos de cultivo. Este resultado en TAH se obtuvo de un diferencial de 7 toneladas de caña por hectárea (TMCH) y sin ningún valor diferencial en contenido de sacarosa (CS) (CENGICAÑA 2018:58).

Según el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión (2019), la variedad CG02-163 fue la que mayor porcentaje de área ocupó del área productiva (38.25 %) con 6,986 ha para la zafra 2019-2020.

### **2.5.3. Maduración de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*)**

La maduración de la caña de azúcar como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta, este proceso se describe en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados de un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados. Esta última etapa depende de factores nutricionales y ambientales (Dávila *et al.*, citados por Pacheco 2018:7).

Los azúcares formados en la fotosíntesis en orden son glucosa y fructosa, estos sufren un proceso de síntesis en el cloroplasto y después de una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas presentes en su mayoría en el estroma de este organelo celular se convierten en sacarosa. Por tanto, la sacarosa se transloca desde las hojas hacia el tallo y las raíces a través del floema. En el tallo se



acumula en las células parenquimatosas o de distribución hacia las zonas de crecimiento en donde se desdobra bajo la acción de la invertasa ácida, en los reductores glucosa y fructosa ya que son los azúcares que serán parte del proceso de respiración celular donde se degradan para producir la energía necesaria para el crecimiento y desarrollo de las células jóvenes (Cuellar *et al.* citado por Mejía 2014).

«El almacenamiento de sacarosa en el tallo sigue un patrón basipétalo, [...] el azúcar se mueve hacia abajo y se va acumulando en los entrenudos inferiores, disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia el tercio superior del mismo» (Chaves, citado por Martínez 2015). «La concentración de sacarosa difiere de un tipo de tejido a otro, según sea este, tejido joven o maduro, estando influenciada por la presencia de diferentes invertasas (enzimas) y por los requerimientos de energía para el crecimiento» (Martínez 2015).

### **A. Tipos de maduración**

La maduración en el cultivo de la caña de azúcar se puede clasificar en función de distintos criterios y autores. Deur citado por Sáenz (2014) considera los estados de maduración botánica, fisiológica y económica. Sánchez citado por Rivera (2008) define que la maduración en caña de azúcar puede ser de dos tipos: industrial o fisiológica.

Pero para efectos de este documento, se toma en cuenta la clasificación que a continuación se describe:

#### **a. Maduración natural**

La maduración natural de la caña de azúcar, se inicia cuando se disminuye la tasa de crecimiento del tallo, hay menor humedad en el suelo y bajas temperaturas; sin embargo, en Guatemala esto es un problema cuando se inicia la zafra, debido a que no se cumplen esas condiciones porque el exceso de humedad en la planta y el suelo hacen que la planta continúe creciendo (Espinoza, citado por Chingo 2017:8).

El contenido de sacarosa en los tallos depende en buena parte de las condiciones climáticas durante las últimas semanas del período de cultivo, especialmente de la precipitación (Archila, Barneond, Vásquez, Ventura, Arcila, citados por González 2016).

#### **b. Maduración inducida**

También llamada maduración química o artificial. Consiste en aplicar productos químicos conocidos como madurantes, también llamados maduradores, cuando no se puede conseguir la maduración natural de la caña de azúcar debido a que las condiciones naturales no son favorables.

«Un madurante es un compuesto que, aplicado en pequeñas cantidades, inhibe, fomenta o modifica de alguna forma, procesos fisiológicos de la planta. En caña de azúcar, estos compuestos actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa» (Almeida citado por García 2018:3).

Los reguladores de crecimiento actúan «mediante la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis, o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa; la maduración es un proceso cuyo resultado es un balance entre la fotosíntesis y la respiración» (Dávila *et al.*, citado por Montes 2015:9).

La aplicación de maduradores tiene como objetivo alterar o modificar las condiciones morfológicas y fisiológicas de la planta de caña de azúcar. Estas modificaciones pueden ser:

Anticipa la maduración, retarda o inhibe el desarrollo vegetativo, promueve el incremento de sacarosa, sobre todo en los entrenudos inmaduros cercanos al ápice del tallo, permite un corte de punta más alto, disminuye el material extraño que va del campo a la fábrica (trash), provoca el desecamiento temprano del follaje y mejora la eficiencia de la cosecha y la calidad de la materia prima (Villegas; Lavanholi *et al.*; Almeida *et al.* citados por CENGICANA, citado por Chingo 2017:9).

Leggio *et al.*, citados por González (2016) define que los madurantes o maduradores son productos químicos, en su mayoría herbicidas del grupo de los reguladores del crecimiento, que inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la fotosíntesis, favorecen la acumulación de azúcar, actuando generalmente a nivel enzimático. Como alternativas químicas, los que más se utilizan son algunos herbicidas totales y graminicidas. Leggio *et al.* (2012) coinciden con Buenaventura, Asociación de Azucareros de Guatemala, Instituto Colombiano Agropecuario, citados por Hernández (2009) al reconocer que el glifosato es en la actualidad el producto más utilizado en Guatemala y a nivel mundial debido a su consistencia, eficacia, bajo costo y porque permite un período más amplio de cosecha.

## **B. Factores que determinan la maduración**

Los factores que determinan la maduración de la caña de azúcar son del tipo natural y artificial, los más mencionados en la literatura consultada se presentan a continuación:

### **a. Temperatura**

«Este factor es, quizás, el que más influye en la maduración de la caña de azúcar. Desafortunadamente, los factores climáticos, en especial la temperatura, no se pueden controlar» (Larrahondo y Villegas, citados por Mejía 2014:9). La caña requiere para madurar, noches frías y días calientes, los años que se consideran “muy buenos” en la producción de azúcar coinciden con esta diferencia de temperaturas (Chaves, Helfgott, citados por Pollack *et al.* 2017).

«La temperatura del aire desempeña un papel clave en la maduración de la caña de azúcar, es responsable de la reducción de la tasa de crecimiento, lo que lleva a la acumulación de más azúcar» (Mejía, citado por Valbuena y Núñez 2019:23).

### **b. Humedad**

Si el contenido de humedad en el suelo es bajo, la cantidad de agua presente en los entrenudos más jóvenes disminuye y como resultado el crecimiento se reduce en forma gradual y prácticamente cesa cuando se alcanza el punto de marchitamiento. Cuando el desarrollo de la planta se retarda, disminuye la demanda de azúcares y éstos se almacenan en los tallos (Dávila, citado por Montes 2015:5).

Cardozo (2012) y Chaves (1982) concuerdan al mencionar en sus obras que la presencia de humedad en el suelo, por ende en el cultivo, incentiva la elongación de los tallos por lo que se reduce el contenido de sacarosa en ellos, por lo tanto, se afirma que el contenido de sacarosa tiene una relación inversamente proporcional con la precipitación.

### **c. Luminosidad**

«La luz es la fuente principal de energía para la fotosíntesis, y la caña de azúcar es uno de los cultivos que mejor la aprovecha» (Mejía 2014:9). Al disminuir la intensidad de luz se reduce la elaboración y almacenaje de azúcares, a su vez, incentiva una acumulación de almidones en las hojas (Dávila, citado por Tayún 2014). Siendo la intensidad, la calidad y la duración de la luz son las tres características principales que influyen (Rivera 2008).

### **d. Nutrientes**

Varios autores concuerdan en sus obras definiendo que la relación potasio-nitrógeno es la que más influencia presenta en la concentración de sacarosa en los tallos de la caña, secundando el fósforo por su importancia en la calidad de los jugos:

### **i. Relación potasio-nitrógeno**

El potasio en la relación con el nitrógeno tiene efectos notables en la maduración de la caña de azúcar. Cuando el nitrógeno se encuentra con altos niveles en los tejidos y el nivel de potasio es crítico, la humedad y los azúcares reductores en la planta son altos, la sacarosa y la pureza son bajos, el rendimiento, por lo tanto es menor (Larrahondo y Villegas, citados por Oxlaj 2014, García y Quintero 2017).

Para una adecuada maduración es necesario que el nitrógeno se mantenga en las hojas en niveles bajos hacia el final del período vegetativo. Las aplicaciones de nitrógeno se deben hacer en los primeros meses de desarrollo del cultivo (entre 2 y 6 meses) y no más tarde, para suspender así el desarrollo vegetativo de la planta y favorecer la acumulación de sacarosa. (Larrahondo y Villegas, citados por Sánchez y Forero 2016:55).

Por otra parte, el potasio promueve la formación de azúcares (su deficiencia reduce la actividad fotosintética) y tiene un papel determinante en la translocación de la sacarosa, que su deficiencia restringe el movimiento de la sacarosa de las hojas al tallo (Rivera 2008).

### **ii. Fósforo**

Además de su importancia para la clarificación, como constituyente del ácido nucleico, el fósforo es esencial para el desarrollo de la planta. Los compuestos fosfatados intervienen en el proceso de respiración y en la utilización del nitrógeno; por lo tanto, tienen especial importancia en el proceso de maduración ya que intervienen directamente en la producción de carbohidratos (azúcares) (Larrahondo y Villegas 1995, López 2014, Anderson s.f.).

### **iii. La variedad de la caña de azúcar**

Las variedades manifiestan diferente comportamiento en cuanto a su capacidad y forma para producir y acumular sacarosa; esto se debe principalmente a diferencias genéticas, como son las diferencias de área foliar, el promedio de asimilación por unidad de superficie, la capacidad de rendimiento y el tipo de madurez, entre otros (Rivera 2008). Por su parte, Chaves (1982) y Soto (2018) manifiestan que no todas las variedades maduran en la misma época aunque sean influenciadas por los mismos factores.

### **iv. Aplicación de productos químicos**

En la maduración inducida de la caña de azúcar se pueden utilizar diversos productos químicos (reguladores de crecimiento, nutrientes, entre otros), de los cuales, en conjunto con las dosis, época

de aplicación, época de cosecha, equipo utilizado y condiciones naturales del lugar, dependerá la concentración de sacarosa que se consiga aumentar en los tallos de la caña (CENGICAÑA 2012, García 2018).

### **C. Importancia de la maduración inducida**

Mediante la maduración inducida se pueden obtener beneficios económicos que superan ampliamente los costos de aplicación con 40 kg extras de azúcar por hectárea, al lograr en promedio entre 500 a 700 kg de azúcar en un plazo corto (4 a 10 semanas del tratamiento). El impacto económico es mayor si se consideran los beneficios indirectos que genera la aplicación (inicio de la molienda, mejor calidad de cosecha, menor trash - trash=residuos indeseados, lodo, residuos de hoja, piedras, etc.-, mayor altura de despuntado, etc. (Larrahondo, citado por García 2017:33)

En el Ingenio La Unión, Azañon (2020) menciona que con el incremento de 2 kilogramos de azúcar por tonelada de caña se cubren los costos de aplicación y los incrementos van desde los 5 hasta los 25 kilogramos de azúcar por tonelada de caña, variando el incremento según época de cosecha; siendo en los primeros dos tercios de la zafra (de noviembre a febrero) donde se obtienen mejores resultados en comparación al último tercio de zafra (marzo y abril).

El potencial es el de obtener hasta 450 kg de azúcar/ha extra con la aplicación de madurantes. Aproximadamente con el aumento de 83 kg de azúcar/ha imputable mediante esta práctica, se puede pagar la aplicación de madurantes (CENGICAÑA 2012).

### **D. La práctica de la maduración inducida en Guatemala**

Sáenz (2004) y CENGICAÑA, citado por Tayún (2014) indica que el uso comercial de madurantes en Guatemala inicia por el año 1989, actualmente la práctica se ha incrementado considerablemente al grado que en la actualidad se le aplica madurante a aproximadamente el 60 % del área cultivada con caña (158,274 ha de un total de 263,784 ha).

Entre el 85 y el 90 % del área aplicada con madurante lo constituye glifosato, estando el restante porcentaje integrado por fluazifop y en menor escala etefón y otros. (Buenaventura, Asociación de Azucareros de Guatemala, citados por Hernández 2009).

## **E. Dosis para la aplicación de madurantes**

Los factores que determinan la dosis del madurador son:

### **a. Estado de desarrollo vegetativo del cultivo**

Villegas y Arcila, citados por Sáenz (2014:19-20) hacen referencia a que «la dosis aplicada, especialmente cuando se usan reguladores de crecimiento, debe ser proporcional al estado de desarrollo del cultivo, es decir, menor en cultivos con pobre desarrollo y mayor en cultivos con buen desarrollo vegetativo».

### **b. Variedades de caña**

Los maduradores actúan diferente en las distintas variedades de caña. Al aplicar dosis iguales de un madurador del tipo reguladores de crecimiento a un grupo de variedades de la misma edad que han crecido en condiciones de clima, suelo y manejo similares es posible que algunas variedades presenten quemazón severa del follaje, lo cual afecta considerablemente su crecimiento. En estos casos se deduce que las variedades afectadas son muy susceptibles al madurador y que las dosis aplicadas son altas. Por su parte, las variedades que no presentan efecto alguno por la aplicación del madurador, ni en la coloración del follaje ni en el contenido de sacarosa, se identifican como variedades resistentes a este y se deduce que la dosis aplicada no fue suficiente (Villegas y Arcila, citados por Mejía 2014:14).

### **c. Condición de humedad**

Cuando se prevé la presencia de un período seco entre la aplicación del madurador y la cosecha de la caña, la dosis establecida en función del estado de desarrollo [...] del cultivo se debe disminuir entre 13 % y 23 % en relación con la dosis recomendada si ese período coincidiera con una época de lluvias (Villegas y Arcila, citados por de León 2008:16).

### **d. Condiciones del suelo**

Si ocurre una época seca entre la aplicación del madurador y la cosecha de la caña, la dosis aplicada se debe reducir como se mencionó anteriormente. En términos generales, Buenaventura, citado por García (2017:38), indica que «los cultivos que crecen en suelos de baja fertilidad [...] y con baja capacidad de retención de humedad deben recibir una dosis menor de madurador, en comparación con cultivos en suelos sin este tipo de problemas».

A su vez, Cuellar *et al.*, citados por Mejía (2014) hicieron constar que con base a la experimentación de 20 años aplicando productos utilizados como madurantes las dosis de los productos y los volúmenes de la mezcla han sido ajustados de acuerdo con los resultados y la experiencia adquirida en los ingenios. Por ejemplo, en términos generales, se aplican productos comerciales de la manera siguiente: entre 0.8 y 1.8 L/ha de sal isopropilamina de glifosato; 0.5 a 1.0 L/ha de un producto con fluzifop-p-butil como ingrediente activo.

## **F. Generalidades sobre aplicaciones aéreas para la maduración inducida**

### **a. Aeronaves**

En Guatemala los maduradores se aplican con avionetas o helicópteros, estos últimos son los más utilizados debido a que permiten la aplicación en áreas con topografía irregular ya que cuenta con versatilidad extrema, siendo recomendadas estas aeronaves para áreas pequeñas y/o de difícil acceso. Las avionetas se usan en bloques uniformes de gran tamaño (>100 ha), logrando con ello mejor eficiencia en la aplicación (CENGICAÑA 2012, Flores 2015).

En la aplicación con helicópteros el volumen de aplicación es de aproximadamente 15 L/ha; puede ser calibrado para aplicar volúmenes menores pero no es aconsejable hacerlo ya que la turbulencia generada por las aspas puede provocar la deriva o dispersión del madurante por el viento (Sáenz 2004, Buenaventura y Arcila, citados por Hernández 2009).

### **b. Equipo**

Los equipos de aspersión por lo regular suelen ser boquillas de cono hueco en aplicaciones con helicópteros, aspersores rotatorios (“micronairs”) utilizados en avionetas, o boquillas rotativas en el caso de aviones livianos (Buenaventura y Arcila, citados por Hernández 2009, Bornacelly s.f.).

Por su parte, CENGICAÑA (2012) hace referencia a que en la los ingenios azucareros de Guatemala se suelen utilizar las boquillas DG80-02, DG80-03, DG80-04, DG80-05, DG80-06 y CP11TT ya que la característica de minimizar la deriva del producto aplicado y permite reducir el tamaño de gotas a menos de 0.15 mm.

Las aeronaves deben estar equipadas con un sistema de posicionamiento global (GPS) que les permita hacer aplicaciones más precisas. También se utiliza el medidor de flujo (flow control), la función principal de este dispositivo es fijar la descarga del volumen calibrado, lo cual compensa automáticamente la descarga cuando la velocidad de la aeronave varía. Otro de los dispositivos empleados es el termo-anemómetro para medir las condiciones climáticas en el transcurso de la aplicación, como la velocidad del viento, temperatura y humedad relativa (CENGICAÑA 2012).

### **G. Monitoreo post-cosecha**

El monitoreo post-cosecha se realiza mediante la evaluación del rebrote y daños que principalmente se presentan cuando se han utilizado productos como madurantes del tipo reguladores del crecimiento debido a que en caso de una sobredosificación (como la que ocurre en el traslape) en la aplicación de madurantes origina efectos adversos en el desarrollo del cultivo, como por ejemplo la altura de planta. La diferencia en altura de la planta entre lo aplicado y no aplicado podría representar una diferencia en edad de 30 días a lo largo del ciclo de vida del cultivo (CENGICANÑA 2012, Sáenz 2014). En el Ingenio La Unión, se utiliza la escala visual de ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas) para realizar el monitoreo de daños que pudiesen haber sido ocasionados en el rebrote por la aplicación de productos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar (Azañon 2020). La metodología de la escala visual de ALAM se describe en la sección de metodología de esta investigación.

### **H. Efectos de la aplicación de ingredientes activos derivados del glifosato**

El glifosato es en la actualidad el producto más utilizado a nivel mundial debido a su consistencia, eficacia, bajo costo y porque permite un período más amplio de cosecha. (Leggio *et al.* 2012). Sin embargo, el uso del glifosato puede traer efectos adversos; CENGICANÑA (2012) menciona que los rebrotes regularmente emergen entre 20 y 30 días después del corte, pero estos pueden presentar clorosis foliar (pérdida de clorofila) y efectos násticos como plantas con enrollamiento hacia abajo (hiponastia) o arriba (epinastia), plantas que con estos efectos muy comúnmente mueren. Otro efecto que se puede observar del madurador es la inhibición del crecimiento en franjas de aplicación (por efecto de traslape), esto puede deberse a la altura de vuelo de la nave que puede provocar una sobredosificación y también al estado fisiológico del cultivo al momento de la aplicación.

Las exigencias en el mercado van aumentando hacia la adquisición de productos que no destruyan el medio ambiente y que no dañen la salud del hombre. Con respecto a la aplicación de madurantes y su efecto sobre la salud humana, hay estudios que demuestran aumento de malformaciones congénitas en niños de regiones sometidas a fumigación con glifosato ya que estos herbicidas son particularmente peligrosos, debido a que los productos comerciales poseen un agente surfactante, el 1,4-dioxano, que se estima es diez veces más carcinogénico que la misma sal de glifosato (Molina, citado por Tayún 2014).

El glifosato puede ser descompuesto por microorganismos, reportándose un tiempo de vida medio en el suelo de alrededor de 60 días según la EPA, y hasta de 1 a 3 años según estudios realizados en



Canadá y Suecia. La EPA añade que en estudios de campo los residuos se han encontrado regularmente al año siguiente (Dinham, Cox, citados por Maldonado 2003, Moreno, citado por Torrado 2018).

## **I. Productos para inducir la maduración artificial**

En la industria azucarera se utilizan varios tipos de productos agroquímicos para inducir la maduración artificial en la caña de azúcar, algunos de ellos se mencionan a continuación:

### **a. Trinexapac etil**

Composición: El trinexapac-etil contiene 250 g de ingrediente activo por litro y su nombre químico es etil éster de 4-(ciclopropil- $\alpha$ -hidroxi-metileno)-3,5-ácido dioxociclohexanocarboxílico. Pertenece al grupo químico de las ciclohexanodiona (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014, Martínez 2015).

Modo de acción: El trinexapac etil se formula como un éster, que tiene muy poca actividad biológica. El éster es absorbido a través de los estomas, ya dentro de la planta se desplaza tanto acropetalmente (hacia arriba) y basipetalmente (hacia abajo) (Rixon, Dibella, Kingston, Dorahy, Davies, Wood, citados por Elizondo 2017). Actúa inhibiendo temporalmente la biosíntesis del ácido giberélico resultando en una disminución de la elongación celular y la longitud de los entrenudos superiores y por consiguiente las plantas quedan cortas y fuertes (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014). El trinexapac etil reduce el crecimiento de los tallos sin restringir significativamente el proceso fotosintético, crea un balance entre la fotosíntesis (ATP) y la respiración (Souza *et al.*, citados por Rixon *et al.*, citados por Elizondo 2017). En caña de azúcar, actúa como un retardador del crecimiento, y aumenta el contenido de azúcar, durante un período limitado de tiempo, lo que permite anticipar la cosecha de caña de azúcar (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014).

### **b. Micronutrientes y aminoácidos**

Composición: Los micronutrientes y aminoácidos se encuentran en un producto de reciente formulación que actualmente se encuentra en procesos de experimentación, por lo cual fue proporcionado para evaluarlo y compararlo a los resultados que se obtengan con los demás productos. Su composición es: 11 kg de sulfato de magnesio, 1 kg de ácido bórico, 1 kg de sulfato de potasio, 2.5 L de ácido carboxílico, 23 L de agua (Azañon 2020).

Modo de acción: Los ácidos carboxílicos incrementan notablemente los nutrientes absorbidos y la presión osmótica de la planta, aumentando el flujo de agua y el transporte de nutrientes y fotoasimilados a los órganos vegetales donde se necesitan. El azufre mejora la calidad en Pol y Brix, el magnesio impulsa la síntesis de proteína por lo que mantiene el contenido de sacarosa en la caña, y el potasio y el boro aumentan la eficiencia en la translocación de azúcares (Azañón 2020).

### **c. Nitrógeno, fósforo y potasio**

Composición: Fertilizante foliar que contiene 4 % de nitrógeno (N), 37.80 % de fósforo ( $P_2O_5$ ), 17.5 % de potasio ( $K_2O$ ) (Suárez *et al.* 2018).

Modo de acción: Se utiliza para estimular el crecimiento de las raíces, mejorar el establecimiento, captación y el movimiento sistémico de los nutrientes (Suárez *et al.* 2018). El papel que juega en la clarificación el P, como constituyente del ácido nucleico y el núcleo en el que se encuentra, es parte esencial de las células vivientes; su diferencia restringe el desarrollo de la planta. Los compuestos fosfatados tienen su influencia en el proceso de la respiración y en el funcionamiento eficiente y la utilización del N y de allí su importancia en el proceso de maduración (Buenaventura, citado por El DP 98 es un... s.f.)

### **d. N-(fosfonometil) glicina en su forma de sal isopropilamina de glifosato**

Composición: Es un producto sistémico que se utiliza en caña de azúcar para favorecer el incremento del contenido de sacarosa. El nombre químico del ingrediente activo es N-(fosfonometil) glicina. La formulación del producto es una sal (sal isopropilamina de glifosato) en concentración de 356 g/lit de producto comercial (Villegas y Arcila 2003, Granados 2016).

Modo de acción: El modo de acción de esta sal se caracteriza porque el ingrediente activo penetra en el follaje y se desplaza junto con los productos de la fotosíntesis tanto en el xilema (apoplasto) como en el floema (simplasto) para acumularse en los meristemas, principalmente en la yema terminal (Monsanto, citado por Hernández 2009).

En la caña de azúcar se ha demostrado que este producto también reduce los niveles de la invertasa ácida, una enzima necesaria para desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa que son utilizadas directamente para el crecimiento de la planta. Como resultado de lo anterior, el desdoblamiento de la sacarosa que se utiliza para crecimiento es menor y su almacenamiento en las células es mayor, principalmente en las del tercio superior del tallo (González 2016).

#### **e. Octaborato de disodio tetrahidratado**

Composición: Es un fertilizante que comúnmente se le llama sal de boro. Es un cristal blanco y suave que se disuelve fácilmente en agua. Contiene 20.8% de boro (Quiminet, citado por García 2017).

Modo de acción: El boro interviene en los procesos enzimáticos de síntesis de sacarosa y almidón, así como en la formación de la glucosa-fosfato. Forma complejos azúcar-borado que facilitan el transporte de los azúcares a través de las membranas vegetales. Desempeña una función bien determinada en el transporte de compuestos asimilados en el interior de la planta, pues actúa sobre este proceso tanto en el terreno energético (sobre el ATP) como manteniendo la funcionalidad del floema. Los productos utilizados como madurantes cuentan con amplia aceptación en el sector azucarero y han sido evaluados por las autoridades competentes teniendo en cuenta los criterios de utilización y manejo seguro. Son productos de toxicidad baja a moderada y su impacto ambiental es bajo (Quiminet, citado por García 2017).

#### **f. Fertilizante foliar de boro y molibdeno**

Composición: Contiene 10% de boro y 0.2 % de molibdeno. Producto conocido como fertilizante foliar, translocador de azúcares e inhibidor de auxinas y nitratos. Es un fertilizante foliar que se sugiere aplicar para controlar el crecimiento excesivo de la parte aérea de la planta, translocar azúcares a los frutos u otros órganos de almacenamiento y suplir deficiencias de Boro, así como para el control de aborto de flores y frutos (Stoller, citado por García 2017).

Modo de acción: Convierte los nitratos a formas de nitrógeno asimilables por las plantas (aminoácidos) que no contribuyan al desarrollo vegetativo excesivo. Mejora la calidad de la caña al inhibir el desarrollo excesivo de la parte aérea de la planta al reducir la producción de ácido indol acético. Facilita el transporte de potasio a través de la membrana celular para que los azúcares puedan moverse a los frutos u otros órganos de almacenamiento. Está involucrado en la fertilidad y germinación del polen (Stoller, citado por García 2017).

#### **g. Cloruro de mepiquat**

Composición: El producto comercial es un regulador de crecimiento que contiene 1000 ppm de cloruro de mepiquat, aminoácidos 5 %, ácidos fúlvicos 2 %, potasio 25 %, azufre 6 %, boro 2 % (GreenCorp s.f.).

Modo de acción: Está diseñado especialmente con componentes que retardan el crecimiento y la elongación de tallos en algodón, caña, papaya, tomates indeterminados, etc. Logrando con esto una mayor concentración de azúcares y solutos provocando la distribución de estos en los órganos

reproductivos y tallos, favoreciendo un incremento en la producción, tamaño y calidad de los mismos. El producto regula la longitud de tallos entre un 10 y un 20 % menos permitiendo la formación de plantas más compactas, equilibradas y productivas (GreenCorp s.f.).

#### **J. Antecedentes en la investigación de la aplicación de madurantes**

Mejía (2014) evaluó en Colombia, específicamente en 3 ubicaciones dentro de la región del Valle del Río de Cauca, 4 dosis de trinexapac etil sobre la maduración de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CC85-92 (0.8, 1.0, 1.2 y 1.4 L/ha) y lo comparó con el testigo absoluto y el testigo relativo siendo glifosato (380 g/ha), las aplicaciones de los tratamientos fueron aéreas. En cada una de las localidades realizó 6 muestreos separados entre ellos por dos semanas, las primeras muestras fueron extraídas 1 semana antes a la aplicación de los tratamientos, es decir, las unidades experimentales fueron cosechadas 11 semanas después de la aplicación. En los resultados que presenta en su investigación se puede observar que en dos de las tres localidades con el empleo de trinexapac etil (en dosis de 1.2 y 1.4 L/ha) se obtuvo mayor rendimiento de azúcar, sin embargo, el glifosato presentó mayor rendimiento de azúcar en la tercera localidad, por lo que se concluye, en esta evaluación, que la efectividad de los productos químicos para inducir la maduración artificial en el cultivo de caña de azúcar está directamente ligado a las condiciones del lugar y del cultivo donde se apliquen.

Por su parte, en Taxisco, Santa Rosa, Guatemala; García (2017) trabajó la evaluación del efecto del fertilizante foliar compuesto por boro al 10 % y molibdeno al 0.2 % en tres dosis (8, 9 y 10 L/ha) como madurante en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la variedad CP72-2086 y utilizó como testigos relativos el uso de glifosato (1.2 L/ha) y trinexapac etil (1.6 L/ha), a su vez, también un testigo absoluto. La aplicación se realizó con un simulador de aspersion aérea y la cosecha se llevó a cabo 8 semanas después de la aplicación de los tratamientos. Estadísticamente, todos los tratamientos exceptuando el de trinexapac etil pertenecen al mismo grupo de la prueba de medias de toneladas de azúcar por hectárea, en la investigación indica que la baja efectividad del trinexapac etil se debió a que se utilizó en condiciones inadecuadas para su uso, en este caso, precipitación pluvial posterior a la aplicación.

También fue evaluado el trinexapac etil (1.37 L/ha), combinado (0.54 L/ha de trinexapac etil en CE y 0.84 L/ha de glifosato) y comparado a la aplicación de glifosato (1.37 L/ha) en La Gomera, Escuintla, Guatemala por Elizondo (2017), se contó con testigo absoluto. De esta investigación se obtuvo que el tratamiento más rentable fue donde se aplicó glifosato únicamente, seguido del testigo absoluto, posteriormente la aplicación de trinexapac etil en concentrado emulsionable ofreció pérdidas

al igual que la combinación de trinexapac etil en concentrado emulsionable y glifosato. La aplicación de los tratamientos fue aérea y las unidades experimentales fueron cosechadas 8 semanas después de la aplicación en la variedad CP72-2086.

De igual forma, se ha investigado con productos a base de potasio, como es el caso de García (2018), en su investigación sobre evaluación de fuentes de potasio como premadurantes en caña de azúcar con la variedad CP72-2086 en La Máquina, Retalhuleu, comparó el efecto de estos productos con un testigo absoluto, demostrando que la aplicación de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar se hace necesario para inhibir el crecimiento apical y conseguir la concentración de sacarosa y por ende, rendimientos de azúcar mayores.

En el caso de Pacheco (2018), evaluó tres dosis de complexato de potasio (2, 3 y 4 L/ha), trinexapac etil en concentrado emulsionable (1.5 L/ha), glifosato (1.2 L/ha) y el testigo absoluto en la variedad SP79-1287 en La Gomera, Escuintla. La aplicación de los tratamientos fue realizada 9 semanas antes de la fecha programada de cosecha. En los resultados que se presentan de la investigación se puede observar que los tratamientos que ofrecieron los mejores resultados son el complexato de potasio en dosis de 3 L/ha y glifosato en dosis de 1.2 L/ha.

En investigaciones previas sobre la inducción artificial de la maduración en caña de azúcar se puede observar la variedad de respuestas del cultivo a distintos productos empleados, es por ello que se hace necesario hacer estudios donde se evalué la respuesta de la variedad que se tenga establecida en un espacio geográfico definido con condiciones similares.

## **2.6. Marco referencial**

### **2.6.1. Ubicación**

La Finca Virginia del Ingenio La Unión S.A. se encuentra dentro del límite municipal de Sipacate del departamento de Escuintla, el municipio se encuentra situado en la parte sur del departamento, el departamento pertenece a la Región V o también llamada Región Central. Se localiza en la latitud 13°55'40"N" y en la longitud 91° 8'45"O. Limita al norte con el municipio de La Gomera; al sur con el Océano Pacífico; al este con el municipio de San José; y al oeste con el municipio de Nueva Concepción, todos del departamento de Escuintla. Cuenta con una extensión territorial de 270 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 5 metros sobre el nivel del mar, por lo que

generalmente su clima es cálido. Se encuentra a una distancia de 130 kilómetros de la Ciudad de Guatemala (Municipalidad de Sipacate, s.f.).

La Finca Virginia tiene una extensión total de 318.86 ha, el área cultivada con caña de azúcar es de 293.32 ha (92 %) y el resto, 25.54 ha (8 %) se encuentra ocupado por calles, zanjones e infraestructura, forma parte de la zona 2 del área productiva del Ingenio La Unión S.A. Los lotes 1.09 y 1.10 forman parte de la unidad de manejo 29.02 y se encuentran en la sección 1 de la Finca, con una extensión cultivada total de 12.14 ha y 11.71 ha, respectivamente (Ingenio La Unión 2019).

Localización geográfica del ensayo: 13°59'3''N y 91°9'46''O

Cultivo: Caña de azúcar (*Saccharum* spp.), variedad CG02-163

Altitud: 10 metros sobre el nivel del mar.

Clase textural del suelo: Franco arenoso

Riego: se realiza con equipo autopropulsado de avance frontal, abastecido por agua de pozo ubicado en la esquina sureste del lote 1.10

### **2.6.2. Características climáticas**

Según CENGICANA, citado por García (2017) la región donde se ubica la finca presenta las características siguientes: época seca de diciembre a abril, época lluviosa de mayo a noviembre. A su vez, el portal Climate-Data.org (s.f.) indica que la temperatura promedio es de 26.6 °C con temperaturas máximas en marzo y abril (alcanzando los 32.7 °C) y mínimas en diciembre y enero (22.1 °C). La precipitación media anual es de 1571 mm, con una distribución de la lluvia de 165 días durante el año.

### **2.6.3. Zona de vida**

Pertenece a la zona de vida Bosque húmedo subtropical (bh-S(c)), tiene un patrón de lluvias que van de 1,200 mm hasta 2,000 mm, los terrenos correspondientes a esta zona de vida poseen generalmente una topografía suave. La elevación en la Costa Sur varía desde el nivel del mar hasta los 80 msnm. Los terrenos correspondientes a esta zona de vida, son los más adecuados para actividades agropecuarias por tener suelos más fértiles (profundos y mejor drenados) (De la Cruz 2003).

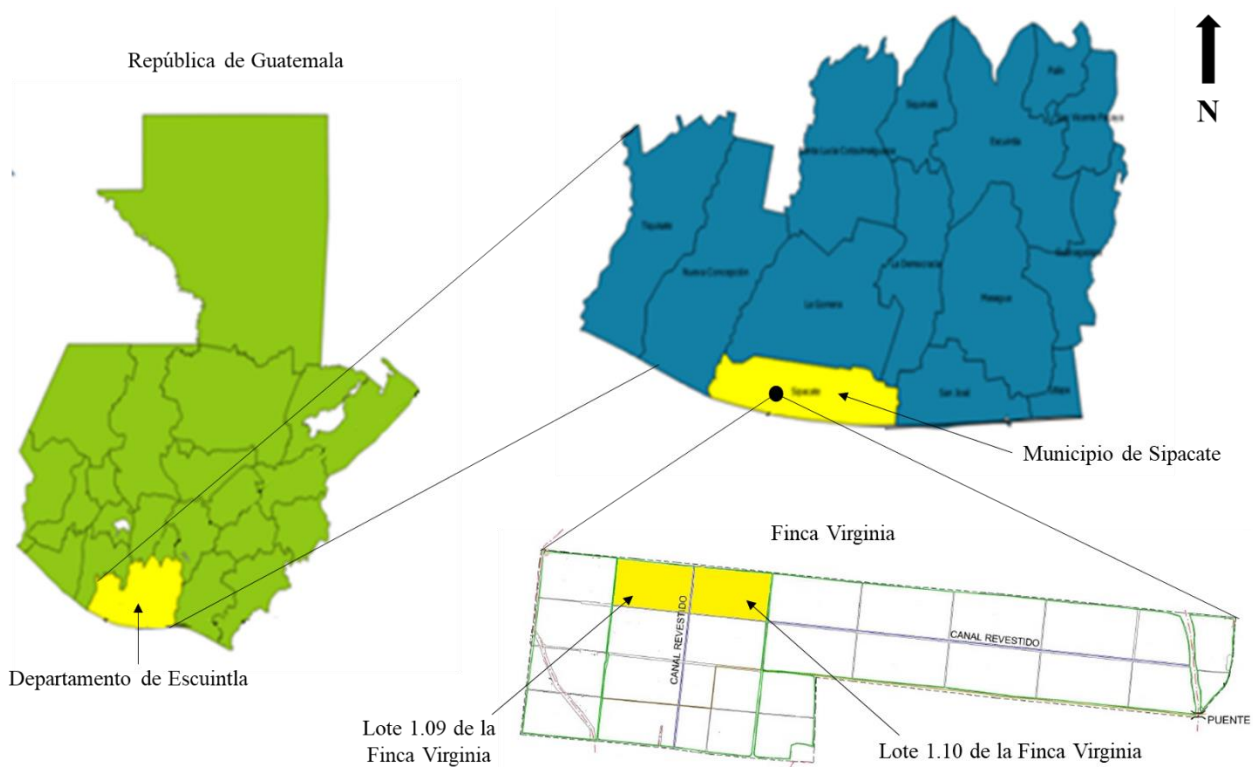


Figura 4. Mapa de ubicación de los lotes 1.09 y 1.10, Finca Virginia, Ingenio La Unión.

Fuente: Elaboración con base a información de la Municipalidad de Sipacate y del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.

## 2.7. Objetivos

### 2.7.1. General

Incrementar el rendimiento de producción de azúcar a través de la inducción de la maduración artificial por medio de la aplicación de distintos productos agroquímicos en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala.

### 2.7.2. Específicos

- A. Determinar la producción en toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea (TMCH) en cada tratamiento a través de la inducción de la maduración artificial previo a la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

- B. Determinar el rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) en cada tratamiento a través de la inducción de la maduración artificial previo a la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).
- C. Estimar los efectos del daño en el rebrote de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de cada tratamiento causados por la aplicación de productos agroquímicos para la inducción de la maduración artificial previo a la cosecha de este cultivo.
- D. Determinar la rentabilidad, relación beneficio/costo y realizar el análisis económico de dominancia de cada tratamiento aplicado para inducir la maduración artificial previo a la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

## 2.8. Hipótesis

### 2.8.1. Toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH)

**H<sub>0</sub>:** Ninguno de los tratamientos superará estadísticamente al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) en la producción de toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea (TMCH).

**H<sub>a</sub>:** Por lo menos uno de los productos aplicados superará al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) en la producción de toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea (TMCH).

### 2.8.2. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

**H<sub>0</sub>:** Ninguno de los tratamientos superará estadísticamente al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) en la producción de toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

**H<sub>a</sub>:** Por lo menos uno de los productos aplicados superará al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) en rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

### 2.8.3. Efectos residuales en el rebrote del cultivo de caña de azúcar

**H<sub>0</sub>:** Todos los tratamientos presentarán igual o mayor efecto de daños en el rebrote respecto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato).

**H<sub>a</sub>:** Por lo menos uno de los productos aplicados tendrá menos efecto de daños en el rebrote respecto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato).



#### **2.8.4. Análisis económico**

**H<sub>0</sub>:** Ninguno de los tratamientos superará en beneficio económico neto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato).

**H<sub>a</sub>:** Por lo menos uno de los tratamientos superará en beneficio económico neto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato).

### **2.9. Metodología**

#### **2.9.1. Elaboración del protocolo de investigación**

##### **A. Ubicación**

Se definió la ubicación del ensayo que presentara las condiciones edáficas, climáticas y productivas adecuadas para ser representativo de la Finca Virginia de Ingenio La Unión, en este caso, los lotes 1.09 y 1.10.

##### **B. Tratamientos**

El ensayo constó de 6 tratamientos, incluyendo el testigo absoluto y testigo relativo. A los lotes productivos donde se encontraban las unidades experimentales se les suspendió el riego 35 días antes de la aplicación, todos los tratamientos constan de una única aplicación, se realizó el mismo día y cada uno se describe a continuación:

##### **a. Testigo absoluto**

No se aplicó ningún tipo de producto en estas unidades experimentales.

##### **b. Trinexapac etil en concentrado emulsionable y boro (octaborato de sodio tetrahidratado)**

El producto que se utilizó como fuente del trinexapac etil contenía 250 g de ingrediente activo por litro y se aplicó en dosis de 0.8 L/ha. Perteneciente al grupo químico de las ciclohexanodiona (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014). Syngenta (s.f.) lo define como un producto sistémico que actúa como regulador del crecimiento, formulado en un concentrado emulsionable, lo que permite mayor velocidad de absorción y acción, mayor período de cosecha, conseguir una caña más rica en sacarosa, viabilizar materiales pobres, no matar el meristemo apical. Es absorbido a través de los estomas, ya dentro de la planta se desplaza tanto acropetalmente (hacia

arriba) y basipetalmente (hacia abajo) (Rixon, Dibella, Kingston, Dorahy, Davies, Wood, citados por Elizondo 2017). Actúa inhibiendo temporalmente la biosíntesis del ácido giberélico resultando en una disminución de la elongación celular y la longitud de los entrenudos superiores y por consiguiente las plantas quedan cortas y fuertes (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014). Actúa como un retardador del crecimiento, y aumenta el contenido de azúcar, durante un período limitado de tiempo, lo que permite anticipar la cosecha de caña de azúcar (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014).

La única diferencia con el tratamiento identificado por el inciso E. de este mismo título es la forma de presentación, en este caso, es una concentración emulsionable, la cual se caracteriza porque la materia activa está disuelta en un disolvente no miscible en agua, que a su vez incorpora un emulsionante para posibilitar la disolución en agua y formar una emulsión estable.

La fuente de boro fue un fertilizante soluble de nombre químico octaborato de sodio tetrahidratado que, según Quiminet, citado por García (2017), interviene en los procesos enzimáticos de síntesis de sacarosa y almidón, así como en la formación de la glucosa-fosfato. Forma complejos azúcar-borado que facilitan el transporte de los azúcares a través de las membranas vegetales. Utilizado como madurante cuenta con amplia aceptación en el sector azucarero. Son productos de toxicidad baja a moderada y su impacto ambiental es bajo. Se aplicó en dosis de 1.5 kg/ha.

#### **c. Micronutrientes y aminoácidos**

Los micronutrientes y aminoácidos se encontraban en un producto de reciente formulación que está en procesos de experimentación, por lo cual fue proporcionado para evaluarlo y compararlo a los resultados que se obtengan con los demás productos. Su composición es: 11 kg de sulfato de magnesio, 1 kg de ácido bórico, 1 kg de sulfato de potasio, 2.5 L de ácido carboxílico, 23 L de agua y la dosis de aplicación fue 75 L/ha. Los ácidos carboxílicos incrementan notablemente los nutrientes absorbidos y la presión osmótica de la planta, aumentando el flujo de agua y el transporte de nutrientes y fotoasimilados a los órganos vegetales donde se necesitan. El azufre mejora la calidad en Pol y Brix, el magnesio impulsa la síntesis de proteína por lo que mantiene el contenido de sacarosa en la caña, y el potasio y el boro aumentan la eficiencia en la translocación de azúcares (Azañón 2020).

#### **d. Nitrógeno, fósforo y potasio y trinexapac etil en concentrado emulsionable**

La fuente de estos elementos fue un fertilizante foliar que contiene 4 % de nitrógeno (N), 37.80 % de fósforo ( $P_2O_5$ ), 17.5 % de potasio ( $K_2O$ ) y se aplicó en dosis de 2 L/ha. Se utiliza para estimular el crecimiento de las raíces, mejorar el establecimiento, captación y el movimiento sistémico de los

nutrientes (Suárez *et. al.* 2018). El papel que juega en la clarificación el P, como constituyente del ácido nucleído y el núcleo en el que se encuentra, es parte esencial de las células vivientes; su deficiencia restringe el desarrollo de la planta. Los compuestos fosfatados tienen su influencia en el proceso de la respiración y en el funcionamiento eficiente y la utilización del N y de allí su importancia en el proceso de maduración (Buenaventura, citado por El DP 98 es un... s.f.). Y también se utilizó en este tratamiento trinexapac etil en concentrado emulsionable aplicado en dosis de 0.8 L/ha con el fin de retardar el crecimiento y aumentar el contenido de azúcar (Advisory Committee on Pesticides ACP, citado por Mejía 2014).

**e. Trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado)**

Los productos que se aplicaron en este tratamiento presentan las mismas características y propiedades que los utilizados en el tratamiento del inciso B, de este mismo título, se aplicaron en las mismas dosis. La diferencia se encontró en la presentación, siendo una microemulsión que en agua es muy estable, cuya materia activa queda reducida a pequeñas partículas. Es una presentación fácil de aplicar que no deja manchas, lo cual lo hace fotoestable y más soluble y biodisponible para la planta (Grupo Fertica s.f.).

**f. Testigo relativo: N-(fosfometil) glicina en su forma de sal isopropilamina de glifosato**

La fuente de este compuesto químico fue un regulador de crecimiento sistémico que se utiliza en caña de azúcar para favorecer el incremento del contenido de sacarosa y se aplicó en dosis de 1 L/ha. La formulación del producto es una sal (sal isopropilamina de glifosato) en concentración de 356 g/lit de producto comercial (Villegas y Arcila, citados por Granados 2016). El modo de acción de esta sal se caracteriza porque el ingrediente activo penetra en el follaje y se desplaza junto con los productos de la fotosíntesis tanto en el xilema (apoplasto) como en el floema (simplasto) para acumularse en los meristemas, principalmente en la yema terminal. Según González (2016), en la caña de azúcar reduce los niveles de la invertasa ácida, por ende el desdoblamiento de la sacarosa que se utiliza para crecimiento es menor y su almacenamiento en las células es mayor, principalmente en las del tercio superior del tallo.

Para evitar la pérdida de los productos por deriva, lavado, evaporación y/o lixiviación, se utilizó el coadyuvante de ingrediente activo: aceite vegetal de grano de soya, en la proporción de 35 % del volumen del producto comercial en estado líquido aplicado en los tratamientos correspondientes a los

incisos B, D y E. Para el tratamiento identificado con el inciso F, se incorporó el coadyuvante de ingrediente activo: aceite vegetal de grano de soya en proporción del 25 % del volumen del producto comercial en estado líquido aplicado y el 25 % también de sales amina de ácidos orgánicos y ácidos aromáticos.

Cuadro 9. Tratamientos y dosis del ensayo de Madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Tipo de producto	Dosis/ha
1	Testigo absoluto	---	---
2	Trinexapac etil en concentrado emulsionable y boro (octaborato de disodio tetrahidratado)	Regulador de crecimiento y fertilizante foliar	0.8 L y 1.5 kg
3	Micronutrientes y aminoácidos	Madurador de caña	75 L
4	Nitrógeno, fosforo y potasio y trinexapac etil en concentrado emulsionable	Fertilizante foliar	2 L y 0.8 L
5	Trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de disodio tetrahidratado)	Regulador de crecimiento y fertilizante foliar	0.8 L y 1.5 kg
6	N-(fosfonometil) glicina en su forma de sal isopropilamina de glifosato	Regulador de crecimiento	1 L

### C. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar. En los lotes 1.09 y 1.10 de la Finca Virginia, los surcos con el cultivo de caña de azúcar se encontraban orientados de norte a sur, cada uno tenía 278 metros de longitud y de un surco a otro había 1.4 metros de distancia.

Cada unidad experimental estuvo conformada por 16.8 metros de ancho (lo que incluyó 12 surcos del cultivo) y 278 metros de largo, equivalente en área a 0.47 hectáreas.

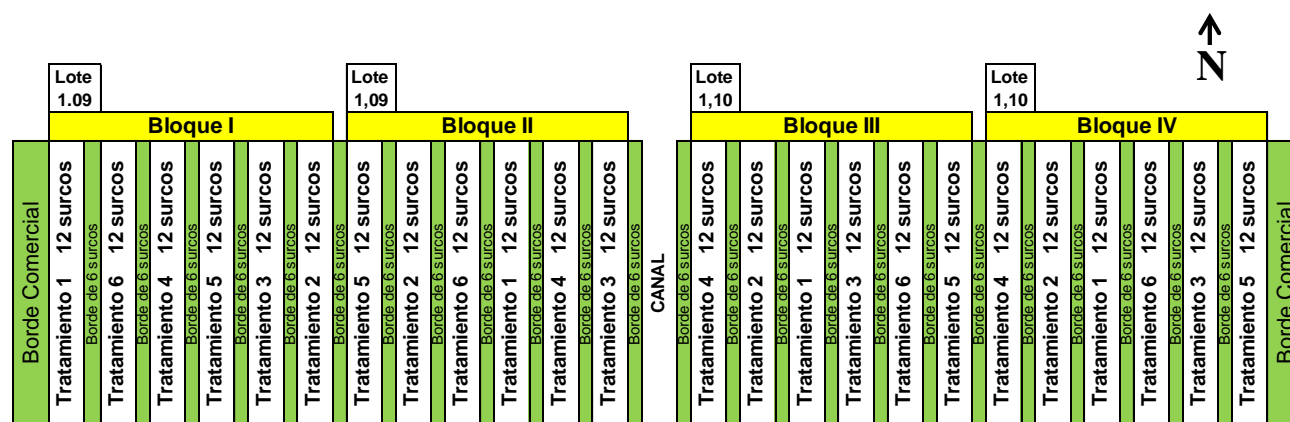


Figura 5. Croquis de ensayo de evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

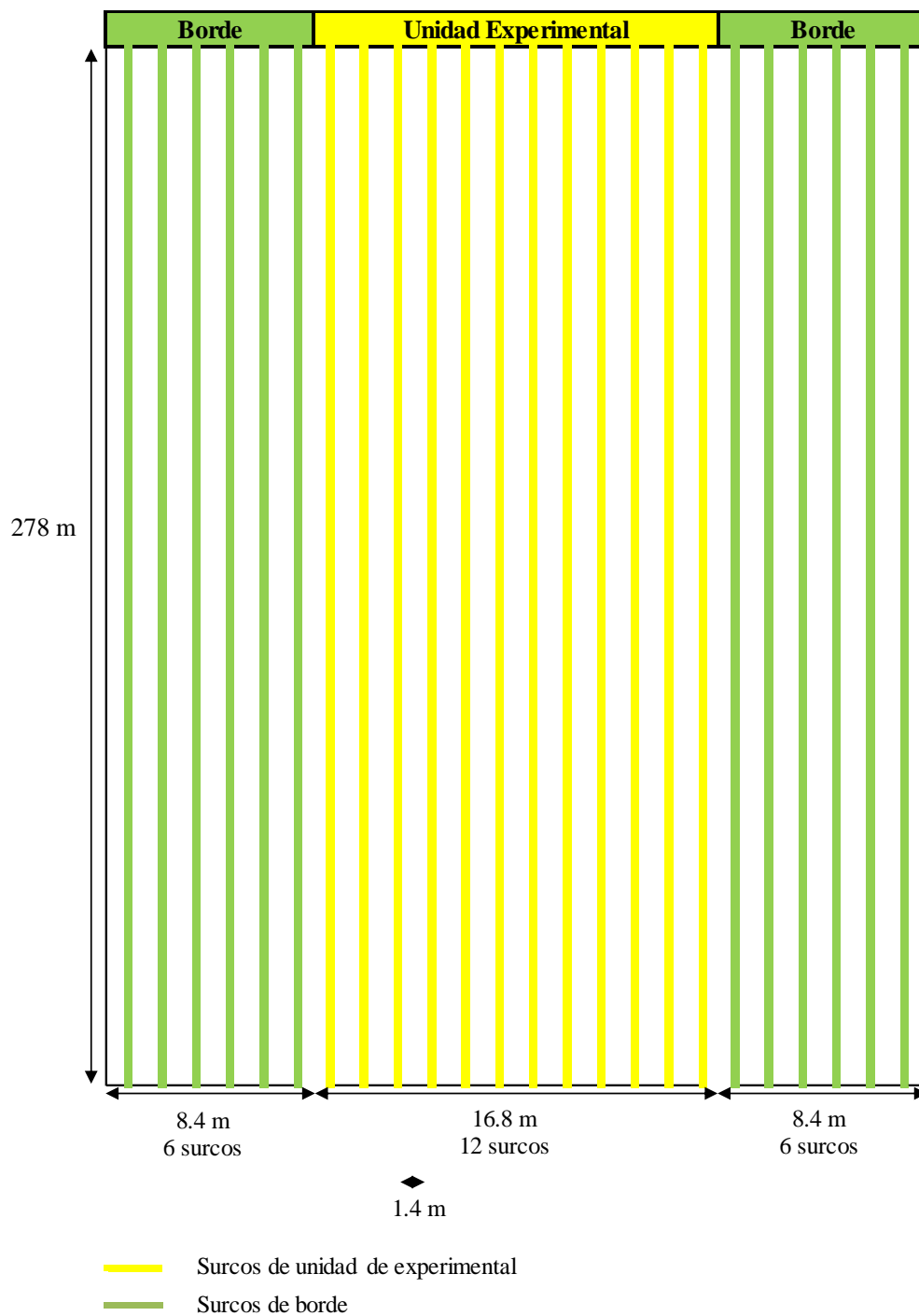


Figura 6. Croquis de una unidad experimental con bordes en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

Para evitar efectos de borde por el traslape de productos aplicados, entre cada unidad experimental se tuvo un distanciamiento de 8.4 metros (lo equivalente a 6 surcos de cultivo) de los cuales no se tomó ningún dato. En la figura 6 se puede observar el croquis de una unidad experimental.

El ensayo constó de 4 bloques; los bloques uno y dos se ubicaron en el lote 1.09 y los bloques tres y cuatro en el lote 1.10. Los tratamientos quedaron distribuidos en cada bloque como se puede observar en la siguiente figura donde los números de tratamiento concuerdan con los mencionados en el cuadro 9.

#### **D. Método de aplicación de los tratamientos**

Dadas las condiciones del cultivo de caña de azúcar, se realizó aplicación aérea de los productos con helicóptero modelo Bell Ranger, ya que por el largo de los surcos y número de tramos (número de bloques por número de tratamientos) la aeronave tendría que realizar giros constantes para la aplicación. El helicóptero estaba equipado con un depósito donde se trasladará el caldo, el boom (barra que sirve de sujeción y abastecimiento para las boquillas), GPS Trimble, el software que se emplea para la pulverización es AG-NAV y la boquilla utilizada fue DG80-04.

#### **E. Variables de respuesta**

Los resultados de los tratamientos fueron analizados con base a cuatro variables:

- Producción en toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH).
- Rendimiento del contenido de azúcar en toneladas de azúcar por hectárea (TAH).
- Efectos de daño en el rebrote de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) por la aplicación de productos agroquímicos.
- Rentabilidad, relación beneficio/costo y dominancia económica



Figura 7. Marcaje del diseño experimental en campo para la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

### **2.9.2. Marcaje del diseño experimental en campo**

Se realizó el marcaje del ensayo en campo con estacas de bambú de 1.50 m de largo y se colocaron etiquetas que identifican cada tratamiento en cada uno de los bloques según el croquis de la figura 5.

### **2.9.3. Materiales y equipo**

Para obtener los materiales a utilizar en la implementación y desarrollo del ensayo, así como el apoyo en las distintas actividades del mismo se coordinó con el proveedor del servicio de aplicaciones aéreas del Ingenio La Unión, personal de la Finca Virginia, personal del Departamento de Investigación Agrícola, Departamento de CAT (Corte, Alce y Transporte), y personal de báscula.

Los materiales y equipo utilizados fueron:

- Caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163
- Vehículos para transporte de personal.
- Estacas de bambú de 1.50 m de largo.
- Etiquetas para identificación de tratamientos.
- Banderas y personal para bandereo durante la aplicación.
- Agua para la aplicación y lavado del equipo de aplicación.
- Productos agroquímicos a utilizar según cuadro 9.
- Probetas.
- Helicóptero modelo Bell Ranger con equipo para aplicación de productos agroquímicos.
- Cosechadora, vagones y cabezales para traslado de la caña hacia la báscula y luego a la planta de transformación.
- Báscula industrial.
- Barreno extractor de muestras *core sampler*.
- Depósitos plásticos para almacenar mezclas de agroquímicos restantes.
- Equipo de cómputo y software para análisis estadístico de resultados.

### **2.9.4. Aplicación de tratamientos**

La aplicación de todos los tratamientos se hizo el mismo día con una única aplicación 30 días antes de la fecha programada para la cosecha de los lotes 1.09 y 1.10 de la Finca Virginia. Se auxilió al piloto de la aeronave con banderas ubicadas en tierra a un altura de aproximadamente 6 metros al inicio y al final de cada unidad experimental. Para la aplicación de todos los tratamientos se utilizó la

aeronave tipo helicóptero modelo Bell Ranger, la aplicación se realizó siguiendo el orden del cuadro 9 y al finalizar la aplicación de cada tratamiento se procedió a extraer y almacenar el producto restante de la mezcla en depósitos plásticos y posteriormente se realizó el doble lavado que consistió primeramente en llenar de agua todo el equipo, enjuagar y desaguar, seguidamente se volvió a llenar con agua y se activó el sistema de aplicación para eliminar los residuos de todas las tuberías, depósito y boquillas. Al finalizar este proceso de lavado, se cargó el siguiente producto a aplicar.



Figura 8. Aplicación de los tratamientos con helicóptero modelo Bell Ranger en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

## 2.9.5. Cosecha

### A. Fecha

La cosecha de los lotes 1.09 y 1.10 de la Finca Virginia se llevó a cabo 30 días después de la aplicación de los productos agroquímicos para inducir la maduración artificial.

### B. Método de cosecha

La cosecha se realizó de forma mecanizada, la cosecha, carga, traslado y pesaje se realizó individualmente por cada unidad experimental. La caña de azúcar de cada unidad experimental fue



cosechada en su totalidad, es decir los 12 surcos que la conformó, fue trasladada al área de báscula por un cabezal con uno o dos vagones según la cantidad de caña obtenida de cada una de ellas, en campo se registraron los números de vagones que transportaron lo cosechado de cada unidad experimental y con ese registro se ubicaron posteriormente los datos de tonelaje en el área de báscula. Los bordes también fueron cosechados en su totalidad en la misma fecha que las unidades experimentales, sin embargo, la caña obtenida de los bordes no fue objeto de ninguna lectura u observación, por lo que fue trasladada directamente a la planta industrial del Ingenio La Unión.



Figura 9. Cosecha mecanizada de los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

### C. Toma de datos

- a) TMCH: el pesaje se realizó por cada unidad experimental, los vagones que transportaron lo cosechado fueron pesados en el área de báscula, en donde se restó el peso de cada vagón y cabezal, por consiguiente se obtuvo el tonelaje métrico de caña por hectárea. Se calculó de la siguiente manera:

$$TMCH = \frac{PTT - PCyVT}{0.47 \text{ ha}}$$

Donde:  
 TMCH:  
 PTT:  
 PCyVT:  
 0.47 ha:

Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.  
 Peso Total en Toneladas.  
 Peso del Cabezal y Vagón sin caña en Toneladas.  
 Valor del área de cada unidad experimental.



Figura 10: Pesaje en el área de báscula de la caña proveniente de cada unidad experimental en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

- b) TAH: se extrajo una *core sampler* (es una muestra de sección cilíndrica de una sustancia natural) de los vagones que transportaron lo cosechado de cada unidad experimental al momento de llegar al área de báscula, la muestra se procesó y se obtuvo el estimado del rendimiento de azúcar por cada tonelada de caña del tratamiento y con el TMCH se pudo calcular el TAH con la fórmula siguiente:

$$TAH = \frac{\text{kg de azúcar/TMC} * TMCH}{1000 \text{ kg}}$$

Donde:  
 TAH: Toneladas de Azúcar por Hectárea,  
 kg de azúcar/TMC: Cantidad de azúcar obtenida en una tonelada métrica de caña.  
 TMCH: Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.  
 1000 kg: Equivalente de kilogramos en una tonelada métrica.



Figura 11. Extracción de muestras *core sampler* de la caña obtenida de cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

- c) Evaluación de daño en el rebrote: la evaluación del rebrote se llevó a cabo durante la cuarta semana después de la cosecha y se realizó en primera instancia con la escala de ALAM, y en segunda, se consideraron los espacios vacíos que existan sobre los surcos de cada parcela experimental. En el título 15.4. se pueden observar fotografías de las unidades experimentales durante la estimación de esta variable.

Cuadro 10. Escala ALAM para la evaluación de daño a la planta por efecto de toxicidad.

<b>% control</b>	<b>Descripción del daño</b>
0-9	Ningún daño. Ningún efecto, apariencia similar al testigo.
10-29	Leve clorosis, retardo en el crecimiento.
30-39	Clorosis más pronunciada, manchas necróticas, malformaciones.
40-49	Clorosis intensa, necrosis y malformaciones más pronunciadas, la planta se recupera.
50-59	Daño moderado. Los síntomas son más marcados; la planta se recupera, lo hace con dificultad.
60-69	La fitotoxicidad se manifiesta; la planta por lo general no se desarrolla bien.
70-79	Severo daño. Pérdida de plantas.
80-89	Daño severo. Significativa muerte de las plantas, pocas logran sobrevivir.
90-99	Muerte casi total de las plantas.
100	Muerte total. Destrucción de la planta.

Fuente: ALAM citado por Luna, I.M; Druetta, M.A. 2015.

- d) Análisis económico: la toma de datos para el análisis económico de la práctica de aplicación de productos para inducir la maduración en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) consistió en el registro de los costos en los que se incurrieron en la aplicación de cada tratamiento del presente ensayo, es decir, en el registro de los costos de adquisición de los productos empleados y el costo del vuelo de aplicación; para posteriormente realizar el presupuesto parcial por cada tratamiento y poder calcular la rentabilidad de la práctica de inducción de la maduración artificial por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{BB - CA}{CA} * 100$$

Donde:

BB: Beneficio Bruto.

CA: Costos de Aplicación.

Y la relación beneficio costo fue calculada a través de la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{beneficio bruto}}{\text{costos de aplicación}}$$

Donde:

B/C: Relación Beneficio Costo.

### 2.9.6. Sistematización, análisis y emisión de resultados

Con los datos obtenidos, para las variables TMCH y TAH se procedió a sistematizar la información para facilitar el análisis de los resultados con base a procesamiento estadístico en función del modelo lineal para el diseño experimental de bloques al azar.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : Variable de respuesta en la unidad experimental

$\mu$ : Valor de la media general

$T_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$e_{ijk}$ : Error experimental en la unidad

Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) en los que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de igual forma se realizó la prueba de medias de Tukey mediante la cual se verificó que las medias de todos los tratamientos se encuentran en el mismo grupo de Tukey.

Con respecto a la variable de efectos residuales de cada producto en relación al rebrote del cultivo de caña de azúcar se hicieron las observaciones en campo según metodología descrita en el inciso c) del título 2.9.5. para cuantificar los daños que existían y se hizo la lectura de espacios vacíos que hubiesen en cada surco de cada unidad experimental con lo que se complementa el análisis de daños.

En cuanto al análisis económico, se realizó mediante la estimación de los ingresos por la venta de azúcar obtenida y la elaboración del presupuesto de la práctica en estudio, por lo que es un presupuesto parcial del cultivo. Para los costos, se incluyen el valor del vuelo de aplicación por hectárea y el precio de cada producto empleado según cada tratamiento, exceptuando el tratamiento 3 debido a que el producto utilizado en este aún se encuentra en experimentación por lo que no tiene definido un costo comercial. Con respecto a los beneficios, se calculó el aumento de TAH de cada tratamiento respecto al testigo relativo por medio de una resta simple y el resultado se multiplicó por el precio promedio en dólares estadounidenses del azúcar en el del primer semestre del año 2020, con lo cual se consiguió el importe de ingresos por hectárea lo que permitió calcular la rentabilidad de cada tratamiento y a su vez realizar un análisis de dominancia para análisis económicos de experimentos agrícolas con presupuestos parciales, diseñado por el Programa de Economía Agrícola del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en 1976, mejorado en 1981 y explicado por Reyes (2001):

Un tratamiento es dominado cuando como resultado de un incremento en los costos, su empleo no conduce a un incremento en los beneficios netos. Es dominado porque al menos existe un tratamiento de menor o igual costo que genera mayores beneficios. Para realizar este análisis, se deben organizar los tratamientos de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían, y luego comparar si al aumentar los costos ocurre un incremento en los beneficios netos, si esto ocurre, el tratamiento es no dominado, si ocurre lo contrario es dominado y no debe tomarse en cuenta en los análisis posteriores.

Con base a los resultados de los análisis de cada variable en estudio se hacen las recomendaciones de los tratamientos.

## **2.10. Resultados y discusión**

Los resultados que se obtuvieron en la evaluación de cuatro tratamientos de agroquímicos para inducir la maduración artificial en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Virginia, Ingenio La Unión, Sipacate, Escuintla, Guatemala, responden a las cuatro variables de

respuesta que fueron definidas en la metodología de este documento durante el diseño del experimento. Dos de estas variables: toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea y toneladas métricas de azúcar por hectárea; fueron sujetas al análisis estadístico de varianza. En relación a la variable: Efectos residuales de cada producto en relación al rebrote del cultivo de caña de azúcar, fue evaluada por medio de la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas en función a las observaciones que se realizaron en el rebrote durante la cuarta semana posterior a la fecha de la cosecha de las unidades experimentales. Y respecto a la última variable de la investigación, el análisis económico, se realizó la evaluación por medio de la elaboración del presupuesto parcial de la práctica de la inducción de la maduración artificial en caña de azúcar, se determinó el ingreso por el aumento del rendimiento de azúcar respecto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) y por consiguiente se realizó el análisis de dominancia económica. Los resultados de las cuatro variables anteriormente mencionadas se encuentran a continuación.

### 2.10.1. Producción de caña

La producción de caña fue medida en toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH), las lecturas de peso que se realizaron de cada unidad experimental en el área de báscula dieron los siguientes resultados:

Cuadro 11. Resultados obtenidos de las unidades experimentales en cuanto a la variable producción de caña en TMCH en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Bloque (en toneladas métricas de caña por hectárea)					
		I	II	III	IV	Sumatoria	Promedio
1	Testigo absoluto	116	137	128	121	503	126
2	Trinexapac etil EC y B	130	136	122	119	507	127
3	Micronutrientes y aminoácidos	124	124	116	120	484	121
4	NPK y trinexapac etil EC	118	131	126	126	502	125
5	Trinexapac etil ME y B	117	138	119	122	496	124
6	Sal isopropilamina de glifosato	114	121	118	118	471	118

La diferencia que existe entre la media más baja correspondiente a la aplicación de sal isopropilamina de glifosato y la media más alta en la utilización de trinexapac etil en concentrado emulsionable y boro (octaborato de sodio tetrahidratado), es de 9 toneladas métricas de caña de azúcar por hectárea. Anteriormente, el empleo de glifosato para inducir la maduración artificial de

caña de azúcar ha disminuido la cantidad de trash (restos de cosecha) durante la cosecha, por lo tanto, el valor de 118 TMCH puede deberse a este factor, sin embargo, posteriormente al análisis de muestras *core sampler* es que se puede determinar dicha variación en función del rendimiento potencial de azúcar por cada tonelada de caña.

Los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de los resultados obtenidos para la variable de producción de caña se encuentran a continuación:

Cuadro 12. Análisis de varianza de la producción de caña en TMCH de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5 %	1 %
<b>Bloques</b>	3	491.18	163.73	6.98 **	3.29	5.42
<b>Tratamientos</b>	5	236.10	47.22	2.01 <sup>NS</sup>	2.90	4.56
<b>Error</b>	15	352.00	23.47			
<b>Total</b>	23	1079.28				
** alta significancia estadística						
<sup>NS</sup> no existe significancia estadística						
	<b>CV</b>	3.92 %				

Según la interpretación de los resultados del análisis de varianza en cuanto a la variable de toneladas métricas de caña por hectárea, se determina que existe significancia estadística entre bloques la cual era esperada debido a las variantes que existieron en campo de un bloque a otro, sin embargo, la significancia estadística entre bloques se puede considerar que fue provocada por vetas (franjas) arenosas que se encuentran en los suelos de la Finca Virginia.

A su vez, se puede observar que entre tratamientos no existió diferencia estadística significativa en cuanto a la variable de producción de toneladas de caña de azúcar por hectárea entre los tratamientos evaluados, por lo que se procedió a realizar el análisis estadístico de la siguiente variable para poder determinar si la aplicación de los tratamientos influyó en la concentración de sacarosa respecto al peso total de la caña.

### 2.10.2. Rendimiento de azúcar

El rendimiento del contenido de azúcar en la caña fue medido en toneladas métricas de azúcar por hectárea (TAH), los resultados del procesamiento de muestras *core sampler* de las unidades experimentales se pueden observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Resultados obtenidos de las unidades experimentales en cuanto a la variable de rendimiento de azúcar en TAH en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Bloque (en toneladas métricas de azúcar por hectárea)					
		I	II	III	IV	Sumatoria	Promedio
1	Testigo absoluto	17.00	20.10	18.75	17.77	73.62	18.40
2	Trinexapac etil EC y B	19.00	19.96	17.94	17.46	74.36	18.59
3	Micronutrientes y aminoácidos	18.90	18.94	17.68	18.37	73.90	18.48
4	NPK y trinexapac etil EC	17.94	19.85	19.06	19.15	75.99	19.00
5	Trinexapac etil ME y B	18.18	21.46	18.60	18.99	77.24	19.31
6	Sal isopropilamina de glifosato	17.63	18.68	18.23	18.27	72.82	18.21

En cuanto al tratamiento 6, sal isopropilamina de glifosato, presentó el promedio más bajo en la producción de TAH con diferencia de 1.10 TAH con respecto al tratamiento 5 con la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado) el cual presentó el promedio más alto en esta variable. El tratamiento 6, siendo el testigo relativo, en la aplicación como práctica comercial ha ofrecido resultados positivos y económicamente rentables según lo citado en el marco teórico de este documento, sin embargo, el tonelaje de caña se vio disminuido respecto a los demás tratamientos. La aplicación de trinexapac etil en concentrado emulsionable y boro en el tratamiento 2 se realizó con la misma dosis del ingrediente activo que la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro en el tratamiento 5, y como se puede observar en el cuadro 13, la diferencia entre ambos tratamientos fue de 0.72 TAH a favor del tratamiento 5 donde el producto comercial empleado para el trinexapac etil fue formulado en microemulsión, en función de esto, se puede determinar que una microemulsión en la que el ingrediente activo se encuentra, según INTA (s.f.), «envuelto en una microcápsula porosa y este conjunto diluido en agua» es más efectiva para inducir la maduración artificial en caña de azúcar que la formulación en concentrado emulsionable, la cual, según el INTA (s.f.) «el IA se encuentra disuelto en uno o más solventes derivados del petróleo, con el agregado de un agente (emulsionante) que permite que esta mezcla forme una emulsión con el agua», ya que, la microemulsión al momento de evaporarse el agua, quedan las microcápsulas, por lo



tanto el IA se va liberando gradualmente, obteniendo un nivel de exposición al tóxico mucho menor para los aplicadores pero mayor residualidad en el cultivo. Aunado a este factor, también se debe tener en cuenta que los agroquímicos utilizados para aplicar trinexapac etil son formulados por dos casas comerciales distintas, esto deriva en que los ingredientes inertes de cada producto comercial igualmente pudieron inducir una diferencia entre la efectividad de cada uno de ellos.

En el cuadro 14 se presentan los rendimientos potenciales promedios del contenido de azúcar que se podría obtener de cada tonelada de caña con base a los resultados que arrojaron las muestras *core sampler* que se extrajeron de cada unidad experimental y que se procesaron en el área de báscula, donde al observar el rendimiento potencial de este tratamiento en el que se aplicó sal isopropilamina de glifosato en dosis de 1 L/ha supera al testigo absoluto (tratamiento 1) por 8 kilogramos más de azúcar por cada tonelada de caña y en este aspecto es únicamente superado por el tratamiento 5 donde se empleó trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado), por lo tanto, con la aplicación de sal isopropilamina de glifosato se consiguió inducir la concentración de sacarosa y la reducción de trash (restos de cosecha de los cuales no se extrae azúcar) que se ve reflejado en el rendimiento de tonelaje de caña por hectárea, por lo que se considera que la dosis aplicada fue bastante acertada con respecto al vigor que presentaba el cultivo y las condiciones que se tenían en la Finca Virginia en la fecha de aplicación.

Cuadro 14. Rendimiento potencial de producción de azúcar de los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Producción de caña (TMCH)	Rendimiento de azúcar (TAH)	Rendimiento potencial (kg de azúcar/t de caña) <sup>1</sup>
1	Testigo absoluto	126	18.40	146
2	Trinexapac etil EC y B	127	18.59	146
3	Micronutrientes y aminoácidos	121	18.48	153
4	NPK y trinexapac etil EC	125	19.00	152
5	Trinexapac etil ME y B	124	19.31	156
6	Sal isopropilamina de glifosato	118	18.21	154

<sup>1</sup> TAH/TMCH\*1000

El tratamiento 5 con la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado) es el que presenta el mayor valor de TAH, superando al testigo relativo (sal

isopropilamina de glifosato) por 1.10 toneladas de azúcar por hectárea y al testigo absoluto por 0.91 toneladas de azúcar por hectárea.

Con los datos obtenidos y mostrados en el cuadro 15 para la variable TAH, se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 15. Análisis de varianza del rendimiento de contenido de azúcar en TAH de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5 %	1 %
<b>Bloques</b>	3	11.18	3.73	7.05 **	3.29	5.42
<b>Tratamientos</b>	5	3.39	0.68	1.28 <sup>NS</sup>	2.90	4.56
<b>Error</b>	15	7.93	0.53			
<b>Total</b>	23	22.50				
** alta significancia estadística						
<sup>NS</sup> no existe significancia estadística						
	<b>CV</b>	3.90 %				

Como se puede observar en el cuadro 15, respecto a la variable de contenido de azúcar en toneladas por hectárea existió significancia estadística entre bloques. Sin embargo, entre los tratamientos se pudo determinar que no existió diferencia estadística significativa.

### 2.10.3. Efectos residuales de los productos

Los efectos residuales que se presentaron durante el rebrote en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con respecto a la aplicación de cada uno de los productos según el tratamiento aplicado, fueron estimados en relación al daño que presentaba el rebrote de las plantas de cada unidad experimental durante la cuarta semana posterior a la cosecha de la caña, la estimación se realizó en función de la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas que se puede encontrar en el inciso c) del título 9.5.3 de este documento. Los resultados de la estimación de daño en cada tratamiento se pueden visualizar en el cuadro 16.

El tratamiento 1, siendo el testigo absoluto, no presentó daño visual en el rebrote del cultivo por aplicación de algún producto como madurante, por lo que con base a este se compararon los demás tratamientos. La aplicación de sal isopropilamina de glifosato como testigo relativo en el tratamiento 6 fue el tratamiento que presentó mayor daño en el rebrote el cual se vio reflejado en mayores

proporciones respecto a los demás tratamientos en cuanto a amarillamiento, enanismo y espacios vacíos, por tanto, se reafirma que en relación al vigor del cultivo en el momento de la aplicación, la dosis no pudo haberse aumentado o en su defecto, los daños presentados en el rebrote fuesen mayores. En cuanto a la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de disodio tetrahidratado) en el tratamiento 5, que presentó la mayor producción de azúcar, se mantuvo en la media de daño visual con 15 %, por lo que considerando esta variable, parecer ser prometedor para el análisis económico como una alternativa para la práctica de maduración artificial en caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Cuadro 16. Efectos residuales de la aplicación de productos como madurantes en cada tratamiento reflejados en función del daño en el rebrote en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Daño presentado (%)
1	Testigo absoluto	0
2	Trinexapac etil EC y B	7.5
3	Micronutrientes y aminoácidos	5
4	NPK y trinexapac etil EC	15
5	Trinexapac etil ME y B	15
6	Sal isopropilamina de glifosato	30

Con base a que durante la estimación visual de daños se pudo observar espacios vacíos en el área experimental, se realizó la lectura de espacios vacíos en cada una de las parcelas experimentales en metros lineales, obteniendo los siguientes resultados por la suma de los 4 bloques de cada tratamiento, es decir, los espacios vacíos en 1.88 hectáreas:

Cuadro 17. Espacios vacíos en metros lineales en cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Espacios vacíos (m)	%
1	Testigo absoluto	20	0.15
2	Trinexapac etil EC y B	30	0.22
3	Micronutrientes y aminoácidos	18	0.13
4	NPK y trinexapac etil EC	55	0.41
5	Trinexapac etil ME y B	23	0.17
6	Sal isopropilamina de glifosato	91	0.68

En el cuadro 17 se puede observar que en todos los tratamientos, incluyendo el tratamiento 1 como testigo absoluto, existieron espacios vacíos, por lo que se puede considerar que en todos los tratamientos existirían espacios vacíos que podrían ser ocasionados por distintos factores como daños mecánicos durante la cosecha, distribución de riego, condiciones edáficas, factores bióticos, comportamiento general de la variedad de caña de azúcar en estudio (CG02-163), etc. Sin embargo, los valores de espacios vacíos que se observan se pueden utilizar como referencia para poder comparar los tratamientos aplicados y obtener una idea general de la influencia en el rebrote de la caña de azúcar de los productos utilizados para inducir artificialmente la maduración en este cultivo. Los datos porcentuales que podemos observar en el mismo cuadro como los más altos corresponden al tratamiento 4 (utilizando nutrientes y trinexapac etil en concentrado emulsionable) y tratamiento 6 (utilizando sal isopropilamina de glifosato), pero a pesar de ello, son valores relativamente bajos si analizamos que en una hectárea existen 7,100 metros lineales del cultivo de caña de azúcar, en promedio, se encontrarían 21 metros lineales de espacios vacíos por hectárea. El valor de espacios vacíos con la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado) en el tratamiento 5 es sumamente mínimo comparado al tratamiento 1 como testigo absoluto, ya que únicamente aumenta en un 0.02 %, es decir, estos productos, en términos prácticos, no inhiben el rebrote de la caña de azúcar posteriormente a la cosecha.

#### 2.10.4. Análisis económico

Cuadro 18. Costos de aplicación de cada tratamiento por hectárea en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Costo total por hectárea en US\$	Costo total por hectárea en GTQ <sup>1</sup>
1	Testigo absoluto	*	*
2	Trinexapac etil EC y B	51.81	398.42
3	Micronutrientes y aminoácidos	**	**
4	NPK y trinexapac etil EC	57.45	441.79
5	Trinexapac etil ME y B	49.81	383.04
6	Sal isopropilamina de glifosato	29.18	224.39

<sup>1</sup> Tasa de cambio de referencia US\$.1.00 = GTQ.7.69 promedio para el primer semestre de 2020 según el Banco de Guatemala.

\* Testigo absoluto, por lo tanto no se realizó ninguna aplicación.

\*\* El producto utilizado en este tratamiento aún se encuentra en fase de experimentación, por lo que aún no se establece un valor comercial de adquisición por parte de la casa formuladora.

Con respecto a los costos de aplicación de cada tratamiento a nivel comercial, se consideran los costos por la adquisición de los productos empleados y el costo de aplicación aérea por hectárea, haciendo un total por cada tratamiento como se observa en el cuadro 18.

Con base a la sal isopropilamina de glifosato como testigo relativo se calculó el aumento de TAH de cada tratamiento mediante una resta simple, se calculó el precio promedio del azúcar en el mercado mundial con base a la bolsa de valores de Nueva York para el primer semestre del presente año y con estos datos se estimó el beneficio bruto por el aumento de TAH de cada tratamiento, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 19. Análisis de ingresos en función del aumento del rendimiento de TAH en los tratamientos de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Producción de azúcar (TAH).	Aumento de TAH <sup>1</sup>	Precio por tonelada de azúcar (US\$) <sup>2</sup>	Ingreso por el aumento de TAH (US\$)
1	Testigo absoluto	18.40	0.19	266.98	50.73
2	Trinexapac etil EC y B	18.59	0.38	266.98	101.45
3	Micronutrientes y aminoácidos	18.48	0.27	266.98	72.08
4	NPK y trinexapac etil EC	19.00	0.79	266.98	210.91
5	Trinexapac etil ME y B	19.31	1.10	266.98	293.68
6	Sal isopropilamina de glifosato	18.21	0	266.98	0.00

<sup>1</sup> Aumento respecto al tratamiento 6.

<sup>2</sup> Precio promedio de enero a junio de 2020 en el mercado mundial del azúcar según la bolsa de Nueva York.

Con el beneficio bruto y costos de aplicación de cada tratamiento se pudo calcular la rentabilidad y el beneficio neto para los tratamientos 2, 4 y 5. En cuanto al tratamiento 1, como testigo absoluto, al no haberse hecho inversión alguna en él durante esta práctica el beneficio neto por el aumento de TAH es total. El madurador de caña empleado en el tratamiento 3 aún se encuentra en fase de experimentación por lo que no posee un valor comercial de adquisición establecido por parte de la casa formuladora, por lo tanto no se puede estimar la rentabilidad o beneficio neto del mismo.

Cuadro 20. Análisis económico en función de la rentabilidad y beneficio neto de cada tratamiento en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Ingreso por el aumento de TAH (US\$)	Costo de aplicación (US\$)	Rentabilidad (%)	Beneficio/costo	Beneficio neto (US\$)	Beneficio neto (GTQ) <sup>1</sup>
1	Testigo absoluto	50.73	0	--	--	50.73	390.08

#	Tratamiento	Ingreso por el aumento de TAH (US\$)	Costo de aplicación (US\$)	Rentabilidad (%)	Beneficio/costo	Beneficio neto (US\$)	Beneficio neto (GTQ) <sup>1</sup>
2	Trinexapac etil EC y B	101.45	51.81	95.82	1:1.96	49.64	381.75
3	Micronutrientes y aminoácidos	72.08	*	*	*	*	*
4	NPK y trinexapac etil EC	210.91	57.45	267.13	1:3.67	153.46	1180.14
5	Trinexapac etil ME y B	293.68	49.81	489.60	1:5.90	243.87	1875.34
6	Sal isopropilamina de glifosato	0.00	29.18	**	1:0	**	**

<sup>1</sup> Tasa de cambio de referencia US\$.1.00 = GTQ.7.69 promedio para el primer semestre de 2020 según el Banco de Guatemala.

\* Producto en experimentación, sin costo de adquisición definido.

\*\* Testigo relativo.

Para el análisis de dominancia se ordenaron los costos que varían en forma ascendente, lo cual permitió comparar si al aumentar los costos también aumentan los beneficios netos, de ser así, el tratamiento fue considerado no dominado, caso contrario, el tratamiento fue considerado dominado y no se tomó en cuenta para ser comparado con el tratamiento siguiente.

Cuadro 21. Análisis de dominancia económica de la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Costos que varían entre tratamientos (US\$)	Beneficio neto (US\$)	Dominancia
1	Testigo absoluto	0	50.73	No dominado
6	Sal isopropilamina de glifosato	29.18	-29.18	Dominado
5	Trinexapac etil ME y B	49.81	243.87	No dominado
2	Trinexapac etil EC y B	51.81	49.64	Dominado
4	NPK y trinexapac etil EC	57.45	153.46	Dominado
3	Micronutrientes y aminoácidos	*	*	*

\* Producto en experimentación.

Dos de los seis tratamientos se presentan como no dominados: el testigo absoluto denominado tratamiento 1 y la aplicación de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado) en el tratamiento 5, por lo tanto, son los económicamente recomendados. El tratamiento 1 en él que no se incurrió en costo adicional por la práctica de aplicación de productos para inducir la maduración artificial de caña de azúcar se obtuvo el beneficio neto de US\$.50.73/ha

comparado al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato), en cuanto al tratamiento 5 en él que se invirtió US\$.49.81/ha en la práctica de aplicación de productos para inducir la maduración artificial de caña de azúcar supera ampliamente a todos los demás tratamientos ya que ofreció una rentabilidad de 489.60 % al haber tenido US\$.243.87 de beneficio neto por esta práctica, es decir, por cada US\$.1 invertido, se recuperó la inversión y US\$.4.90 como margen. Claramente se puede observar que el tratamiento 5 presenta mayores beneficios netos respecto al tratamiento 1, sin embargo, el optar por este significa poseer disponibilidad de capital y de los medios para realizar la aplicación de los productos para inducir la maduración artificial en el cultivo; quedando el tratamiento 1 como una opción bastante favorable en caso de no contar con el capital, los medios o en su defecto, si se priorizan otras actividades en las unidades productivas que posean similares condiciones a las que se tuvieron en la Finca Virginia durante la ejecución de este ensayo.

La adición de insumos para esta práctica en estudio requiere mayores inversiones de capital en función del área en la que se implementará. Para el presente estudio se obtuvo información que permite avanzar en la búsqueda de alternativas diferentes a la aplicación de sal isopropilamina de glifosato, obteniendo como resultado en la presente investigación que para la variedad de caña, el vigor y edad de la planta y las condiciones en las que se realizó el ensayo; la no aplicación puede ser una alternativa de manejo, que solamente es superado por la aplicación de trinexapac etil en microemulsión más boro (octaborato de disodio tetrahidratado) y que se presentan como opciones viable para su implementación.

## 2.11. Conclusiones

- 1) En cuanto a la variable de producción de toneladas métricas de caña por hectárea (TMCH), estadísticamente las medias de todos los tratamientos fueron iguales a la media de la sal isopropilamina de glifosato como testigo relativo, por lo que se comprueba la hipótesis nula que argumenta que ningún tratamiento superaría la media del testigo relativo en tonelaje de caña por hectárea. De igual manera no se debe dejar por un lado que la fecha de aplicación y el lapso entre suspensión de riego-aplicación del tratamiento-cosecha pudo también incidir en estos resultados ya que se debe estudiar y determinar el efecto de los productos empleados en los tratamientos durante una línea de tiempo que permita evaluar el comportamiento y los efectos que provoca en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

- 2) En la variable de contenido de azúcar medida en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) tampoco existió diferencia estadística significativa entre tratamientos, es decir, todas las medias fueron estadísticamente iguales a la media del testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato). Por consiguiente, se comprueba la hipótesis nula ya que todos los tratamientos presentan medias iguales.
- 3) En cuanto a los efectos daño en el rebrote por la aplicación de cada producto, el testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) presentó los valores más altos, con un daño visual del 30 % y a su vez 0.92 % de espacios vacíos sobre los surcos de cultivo. Por lo tanto, es aceptada la hipótesis alternativa ya que en todos los demás tratamientos el daño por la aplicación de productos para inducir la maduración artificial de caña de azúcar fue menor o nulo como en el caso del tratamiento 1 con respecto a la aplicación de productos, ya que, si bien existieron espacios vacíos durante el rebrote, se establece que responden a otras causas como daño mecánico durante cosecha, humedad del suelo, daños por organismos, comportamiento natural de la variedad, etc., por lo que el testigo absoluto también es prometedor considerando que no se realizó ninguna aplicación en sus unidades experimentales.
- 4) El análisis económico demostró que en este aspecto todos los tratamientos superaron la aplicación de sal isopropilamina de glifosato en el tratamiento 6. Los tratamientos que resaltan al ser considerados en el análisis de dominancia como “no dominados” son el testigo absoluto en el tratamiento 1 y el tratamiento 5 en el que se aplicó trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de disodio tetrahidratado). Con el testigo absoluto, sin haber invertido en él por la práctica de aplicación de productos para inducir la maduración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.), se obtuvo un beneficio neto de US\$.50.73/ha respecto al testigo relativo, por otro lado, el tratamiento 5 ofreció un aumento en los ingresos de US\$.293.68/ha, sin embargo, se debe considerar que en él se invirtieron US\$.49.81/ha. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa que afirma que al menos uno de los tratamientos superaría al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato) en el aspecto económico.

## 2.12. Recomendaciones

- 1) Diseñar y ejecutar ensayos donde se evalúen los periodos entre suspensión de riego-aplicación-cosecha con el objetivo de poder determinar si al alternar estos periodos de tiempo se pueden



tener aumentos en alguno de los tratamientos que resulten en diferencias estadísticas significativas en cuanto a tonelaje de caña por hectárea (TMCH) y a su vez, aumenten la concentración y pureza del jugo, obteniendo un mayor rendimiento de azúcar por cada tonelada de caña y por consiguiente en las toneladas de azúcar por hectárea (TAH), lo que ofrecerá mayores beneficios económicos.

- 2) Utilizar las dosis recomendadas de los productos para inducir la maduración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) respecto al vigor del cultivo, fecha de aplicación y condiciones edáficas y climáticas de la Finca Virginia y en cada unidad productiva del Ingenio La Unión, para evitar que pueda llegar a una sobredosificación que repercutiría en el daño en el rebrote, incrementar espacios vacíos en las áreas productivas, provocar toxicidad en el suelo, ambiente y/o daños en la salud del personal involucrado en las aspersiones.
- 3) El tratamiento 5 con el empleo de trinexapac etil en microemulsión y boro (octaborato de sodio tetrahidratado) ofreció el mayor porcentaje de rentabilidad, seguido del testigo absoluto ya que sin haber invertido en él para esta práctica de maduración artificial, presentó un valor mayor de TAH respecto al testigo relativo (sal isopropilamina de glifosato). Por lo tanto, son los tratamientos recomendados para ser aplicados a nivel comercial bajo similares condiciones bióticas y abiótica del ensayo, y de igual manera, seguir siendo sujetos a evaluación con el objetivo de poder analizar el comportamiento del cultivo durante más ciclos del mismo para verificar el comportamiento en relación a producción, daño que podría presentarse a mediano y largo plazo, y verificar espacios vacíos posterior a la cosecha.

### 2.13. Referencias

- Anderson, D. 1995. La caña de azúcar y el fosforo. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y el Fósforo no. 18:6. Consultado 7 mayo 2020. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3A5A2F2F4D31ACD6852580120074F40E/\\$FILE/Art%203.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3A5A2F2F4D31ACD6852580120074F40E/$FILE/Art%203.pdf)
- Azañon, V. 17 feb. 2020. Generalidades del Departamento de Investigación Agrícola (conversación personal). Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Investigación Agrícola.
- Banco de Guatemala. 2020. Tipo de Cambio: Del 01/01/2020 al 30/06/2020. Guatemala. Consultado 18 sep. 2020. <https://www.banguat.gob.gt/cambio/historico.asp?kmoneda=02&ktipo=5&kdia=01&kmes=01&kano=2020&kdia1=30&kmes1=06&kano1=2020&kcsv=ON&submit1=Consultar>

- Bejarano Fernández, J. 2012. Uso de DP 98 como nueva alternativa no herbicida como madurante en caña de azúcar. Costa Rica, Abonos del Pacífico. 3 p. Consultado 20 mar. 2020. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/kwIpDqoBHvrAMPKXmCKthOclgsiwBWex>
- Bello Gil, D; Carrera Bocourt, E; Díaz Maqueira, Y. 2006. Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) no. 6:45-50. Consultado 30 mar. 2020. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664006>
- Bornacelly L, C. 2018. Técnicas de aplicación aérea de plaguicidas agrícolas. Colombia, CORPOICA, Revista Innovación y Cambio Tecnológico p. 60-69. Consultado 7 mayo 2020. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/766/110752\\_67943.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/766/110752_67943.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bustamante Acevedo, MA. 2018. Pureza aparente de la sacarosa una ventana a soluciones en azúcar. México, Asociación de Técnicos Azucareros de México (ATAM). 5 p. Consultado 4 mayo 2020. <http://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2018/11/14.-F%C3%81BRICA-ELABORACI%C3%93N-XL.pdf>
- Cardozo, NP. 2012. Modelagem da maturação da cana-de-açúcar em função de variáveis meteorológicas (en línea). Tesis Maestría. Brasil, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Consultado 20 mar. 2020. [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-14032012-080359/publico/Nilceu\\_Piffer\\_Cardozo\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-14032012-080359/publico/Nilceu_Piffer_Cardozo_versao_revisada.pdf)
- Castro Méndez, NP. 2015 Determinación de la concentración de almidón por caracterización espectrofotométrica en el jugo de caña de azúcar de las variedades: CP72-2086, CP88-1165 Y CP73-1547 utilizadas en El Ingenio Trinidad Guatemala (en línea). Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Consultado 3 mayo 2020. <https://core.ac.uk/download/pdf/35293421.pdf>
- CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. 512 p. Consultado 20 mar. 2020. <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>. ISBN: 978-9929-40-469-4
- CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2018. Memoria: Presentación de resultados de investigación; Zafra 2017-2018. Guatemala. 644 p. Consultado 20 mar. 2020. <https://cengicana.org/files/20180917125841197.pdf>
- CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2019. Memoria: Presentación de resultados de investigación zafra 2018 – 2019. Guatemala. 604 p. Consultado 1 mayo 2020. <https://cengicana.org/files/2019100209412572.pdf>
- Chaves Solera, MA. 1982. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado 20 mar. 2020.

[https://es.slideshare.net/taniakrojastapia/la-maduracin-su-control-y-la-cosecha-de-la-caa-de-azcar-1982-2?from\\_action=save](https://es.slideshare.net/taniakrojastapia/la-maduracin-su-control-y-la-cosecha-de-la-caa-de-azcar-1982-2?from_action=save)

- Chingo Riz, EW. 2017. Diagnóstico de muestreo precosecha en el cultivo de caña de azúcar, Ingenio La Unión, Escuintla (en línea). Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 30 abr. 2020. <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Chingo-Edgar.pdf>
- Climate-Data.org. 2020. Sipacate climate (Guatemala). Consultado 15 jun. 2020. <https://en.climate-data.org/north-america/guatemala/escuintla/sipacate-53812/#temperature-graph>
- CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, México). 2015. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). México. 19 p. Consultado 20 mar. 2020. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha\\_Tecnica\\_Ca\\_a\\_de\\_Az\\_car.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Az_car.pdf)
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, US, Columbia University Press. 1262 p. Consultado 8 jul. 2020. <https://archive.org/stream/integratedsystem0000cron?ref=ol#page/1042/mode/2up?ref=ol>
- De la Cruz, JR. 2003. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Chiquimula, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente. 29 p. Consultado 20 mar. 2020. [https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION%20DE\\_ZONAS\\_DE\\_VIDA\\_DE\\_GUATEMALA](https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION%20DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA)
- De León Granados, LR. 2008. Sistematización de las experiencias en la aplicación del ethephon para el manejo de la floración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 3 mayo 2020. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2436.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2436.pdf)
- Elizondo Catalán, JA. 2017. Efecto de Trinexapac-etil aplicado como madurante al cultivo de caña de azúcar variedad CP72-2086, La Gomera, Escuintla (en línea). Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 20 mar. 2020. <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Elizondo-Jorge.pdf>
- Estrada Cardona, MO. 2012. Comparación de cinco métodos analíticos para determinar la calidad de la caña de azúcar (en línea). Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Consultado 4 mayo 2020. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1253\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1253_Q.pdf)
- Flores Díaz, LA. 2015. Implementación del sistema de posicionamiento global (GPS) en aplicaciones aéreas en caña de azúcar; Ingenio Santa Ana (2009-2012) (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 8 abr. 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/04/Flores-Luis.pdf>

- García Casado, E. 2017. Evaluación del efecto del fertilizante foliar compuesto por boro al 10% y molibdeno al 0.2% en tres dosis como madurante en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y proyectos ejecutados en Administración Taxisco, Ingenio Magdalena S.A., Santa Rosa, Guatemala, C.A (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 20 mar. 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7956/1/EDUARDO%20GARC%20C3%8DA%20CASADO.pdf>
- García Duran, NF. 2018. Participación en la evaluación de fuentes de potasio como premadurantes en caña de azúcar; finca Encuentros Dos, La Máquina, Retalhuleu (en línea). Tesis Ing. Agr. Coatepeque, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. Consultado 20 mar. 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrcd/2018/06/17/Garcia-Nelson.pdf>
- García Gómez, L; Quintero Melchor, R. 2017. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum spp.* Híbrido) a diferentes fórmulas de npk y formas de aplicación en la zona de influencia del Ingenio Central Progreso, S.A. de C.V. México, Asociación de Técnicos Azucareros de México. Consultado 4 mayo 2020. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/2.-FERTILIZACI%20C3%93N-1.pdf>
- González Guerra, MA. 2016. Trabajo de graduación realizado en el Departamento de Área Agrícola, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A. Informe Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 3 mayo 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5985/1/MAR%20C3%8DA%20DE%20LOS%20ANGELES%20GONZ%20C3%81LEZ%20GUERRA.pdf>
- Granados Morales, FJ. 2016. Diseño de un reactor Batch termo-controlado para la elaboración de herbicidas líquidos a base de glifosato, utilizando datos fisicoquímicos y termodinámicos (en línea). Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Consultado 7 mayo 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5181/1/Francisco%20Javier%20Granados%20Morales.pdf>
- Green Corp Biorganiks de México, México. 2013. Catálogo Green Corp 2014 interactive. México. Consultado 28 mar. 2020. [https://issuu.com/lince\\_branding/docs/cata\\_\\_logo\\_greencorp\\_2014\\_interacti](https://issuu.com/lince_branding/docs/cata__logo_greencorp_2014_interacti)
- Grupo Fertica, El Salvador. 2019. Catálogo de productos fitosanitarios y foliares. El Salvador. Consultado 28 mar. 2020. <https://www.fertica.com/index/wp-content/uploads/2019/12/Cat%20C3%A1logo-Digital-de-Productos-Fitosanitarios-y-Foliares-C.A.-12.19.pdf>
- Hernández Rosales, JF. 2009. Sistematización de experiencias en el uso de diferentes madurantes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en Guatemala. Informe Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 20 mar. 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10647/1/Juan%20Francisco%20Hern%20C3%A1ndez%20Rosales.pdf>

- Huber, D. 2019. Fertilidad La Unión (unidad de disco duro). Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Investigación Agrícola.
- Ingenio La Unión, Guatemala. 2019. Mapas y áreas oficiales de fincas bajo administración zafra 2019-2020 (unidad de disco duro). Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión.
- Larrahondo Aguilar, JE. 1995. Calidad de la caña de azúcar. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 337-354. Consultado 30 abr. 2020. [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/CALIDAD\\_DE\\_LA\\_CA%C3%91A\\_DE\\_AZUCAR.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CALIDAD_DE_LA_CA%C3%91A_DE_AZUCAR.pdf)
- Larrahondo Aguilar, JE. 2013. Definición y alcances de la alcoquímica: la calidad de las materias primas y su impacto en el proceso alcoquímico. Guayaquil, Ecuador, Asociación Ecuatoriana de Técnicos Azucareros (AETA). Consultado 30 abr. 2020. <http://www.aeta.org.ec/pdf/fabrica/Larrahondo,%20J.%20Definicion%20y%20alcances%20de%20la%20alcoquimica.pdf>
- Larrahondo Aguilar, JE; Villegas Trujillo, F. 1995. Control y características de maduración. In CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia. p. 297-313. Consultado 20 mar. 2020. [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/documentos\\_no\\_seridados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p\\_297-313.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p_297-313.pdf)
- Leggio Neme, MF; Romero, ER; Alonso, LGP; FU, J; Digonzelli, PA; Giardina, JA; Tonatto, MJ; Casen, SD. 2012. Maduración química de la caña de azúcar. In Manual del cañero. Ed. por Eduardo R Romero Patricia A Digonzelli Jorge Scandaliaris. Tucuman, Argentina, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. p. 175-184. Consultado 20 mar. 2020. [https://www.researchgate.net/publication/263075951\\_CAPITULO\\_14\\_MADURACION\\_QUIMICA\\_DE\\_LA\\_CANA\\_DE\\_AZUCAR\\_Recomendaciones](https://www.researchgate.net/publication/263075951_CAPITULO_14_MADURACION_QUIMICA_DE_LA_CANA_DE_AZUCAR_Recomendaciones)
- León Gutiérrez, CE; Roque Romero, MA. 2009. Capitulo I. Maduradores y su comportamiento en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). In Monografía sobre la evaluación de trinexapac-etil (moddus) como potencial madurador en caña de azúcar (en línea). Tesis Ing. Ind. El Salvador, Universidad Dr. José Matías Delgado, Escuela de Ingeniería Industrial. p. 1-22. Consultado 20 mar. 2020. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/Fulltext/ADLM0000522/Capitulo%201.pdf>
- López Miranda, LA. 2014. Evaluación de niveles de fósforo y potasio en el cultivo de caña de azúcar para producción de panela orgánica; Santa Bárbara, Suchitepéquez (en línea). Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 8 mayo 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Lopez-Ludin.pdf>
- Luna, IM; Druetta, MA. 2015. Uso de la tecnología Clearfield en maíz para el manejo de *Pappophorum papiferum* en la región noreste de Santiago del Estero. Este de Santiago del Estero, Argentina, INTA – EEA, Grupo Protección Vegetal. p. 5. Consultado 20 mar. 2020. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta->

uso\_de\_la\_tecnologia\_clearfield\_en\_maiz\_para\_el\_manejo\_de\_pappophorum\_papiferum\_en\_la\_region\_noreste\_de\_santiago\_del\_estero.pdf

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Caña de azúcar. San José, Costa Rica, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Consultado 20 mar. 2020. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>

Maldonado, A. 2003. Daños genéticos en la frontera de Ecuador por las fumigaciones del Plan Colombia. Ecuador. 19 p. Consultado 20 mar. 2020. [http://www.mamacoca.org/docs\\_de\\_base/Fumigas/Danos\\_geneticos\\_en\\_ecuador\\_con\\_fumigacion\\_colombiana\\_2003.pdf](http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/Danos_geneticos_en_ecuador_con_fumigacion_colombiana_2003.pdf)

Maposita Arévalo, RD; Mora Soto, HA. 2018. Aumento de la calidad de la caña de azúcar mediante la aplicación del riego y la fertilización de precisión (en línea). Tesis Ing. Ind. Milagro, Ecuador, Universidad Estatal de Milagro. Consultado 3 mayo 2020. <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3902/1/AUMENTO%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LA%20CA%20C3%91A%20DE%20AZ%20C3%9ACAR%20MEDIANTE%20LA%20APLICACION%20DEL%20RIEGO%20Y%20LA%20FERTILIZACION%20DE%20PRECISION.pdf>

Martínez Rivera, LA. 2015. Experiencia de la aplicación de madurantes en la zona de abasto del Ingenio El Potrero. México, Asociación de Técnicos Azucareros de México. 10 p. Consultado 8 mayo 2020. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/8-COSECHA-2015.pdf>

Mejía Álvarez, CM. 2014. Efecto del trinexapac-etil sobre la maduración de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), variedad CC85-92 en el valle del río Cauca (en línea). Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Coordinación General de Posgrados. 101 p. Consultado 20 mar. 2020. <http://bdigital.unal.edu.co/50113/1/16231067.2014.pdf>

Montes Crispin, JG. 2015. Efecto del cloruro de mepiquat en la maduración de caña de azúcar variedad MEX-79431; Patulul, Suchitepéquez- (en línea), Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 20 mar. 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Montes-Jose.pdf>

Monzón, O; Montes, I. 2019. Cinética de concentración de sacarosa en la caña de azúcar y de sus parámetros complementarios. Washington, D.C., USA, American Chemical Society (ACS). 31 diapositivas. Consultado 5 mayo 2020. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/events/spanish-webinars/slides/2019-05-29-azucar.pdf>

Municipalidad de Sipacate, Guatemala. 2020. Historia. Escuintla, Guatemala, Municipalidad de Sipacate. Consultado 15 jun. 2020. [https://www.munisipacate.com/?fbclid=IwAR2bEld7-tfIX8\\_MCgjKsJ7VwzbApQsxW5eFZqKijKd-UcCgJ-R0bI8swrk](https://www.munisipacate.com/?fbclid=IwAR2bEld7-tfIX8_MCgjKsJ7VwzbApQsxW5eFZqKijKd-UcCgJ-R0bI8swrk)

Oxlaj Chuy, JR. 2014. Efecto de cuatro programas estimulantes sobre la maduración de la caña de azúcar variedad CP88-1165 (en línea). Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, Universidad

- Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 20 mar. 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Oxlaj-Juan.pdf>
- Pacheco Orellana, RH. 2018. Evaluación de tres dosis de complexato de potasio como madurante en el cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en la finca Morenas Fernández, Ingenio Magdalena, municipio de La Gomera, Escuintla, 2017. Informe Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 8 mayo 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12407/1/19%20A%20TG-3264-2684-Pacheco.pdf>
- Pengue, WA. 2003. El glifosato y la dominación del ambiente. *Biodiversidad* 37:1-7. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <https://www.grain.org/article/entries/1019-el-glifosato>
- Pollack Velásquez, M; Helfgott Lerner, S; Tejada Sorraluz, J. 2017. El cultivo de caña de azúcar en la costa del Perú durante los eventos del niño 1982-83 y 1997-98. *Ecología Aplicada* 17(1):77-84. Consultado 7 mayo 2020. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v17n1/a09v17n1.pdf>. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1176>
- Quemé Peña, MM. 2012. Evaluación de un método alternativo a nivel laboratorio para el análisis del jugo de la caña de azúcar desfibrada mediante el método de desintegración húmeda utilizando el equipo “digestor de caña modelo TE-0501” en un ingenio azucarero de Guatemala (en línea). Tesis Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Consultado 6 mayo 2020. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1243\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1243_Q.pdf)
- Ramazzini Ortega, M. 2017. Análisis estadístico de los resultados de la concentración de sacarosa en la miel final obtenidos a través de utilizar tres metodologías de análisis diferentes, en un ingenio azucarero guatemalteco. Informe Ing. Quim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas. Consultado 6 mayo 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7988/1/Mariandr%C3%A9%20Ramazzini%20Ortega.pdf>
- Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica, Boletín Informativo 1-2001. Consultado 10 jul. 2020. [https://www.researchgate.net/publication/334655730\\_Analisis\\_economico\\_de\\_experimentos\\_agricolas\\_con\\_presupuestos\\_parciales\\_Re-ensenando\\_el\\_uso\\_de\\_este\\_enfoque](https://www.researchgate.net/publication/334655730_Analisis_economico_de_experimentos_agricolas_con_presupuestos_parciales_Re-ensenando_el_uso_de_este_enfoque)
- Rivera Alfaro, D; Chaves Solera, MA. 2003. Determinación de los contenidos de materia extraña en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. Cartago, Costa Rica, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Consultado 7 mayo 2020. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/bWyFMEYoeRxpEsShrVHUHHYSItAjEnk>
- Rivera Rosado, FJ. 2008. El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la región de Cardel, centro de Veracruz (en línea). Tesis Ing. Agr. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 20 mar. 2020. [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20DIA%20DE%20AZUCAR%20\(Saccharum%20officinarum%20L.\)](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20DIA%20DE%20AZUCAR%20(Saccharum%20officinarum%20L.))

%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.  
pdf?sequence=1

Romero, ER; Digonzelli, PA; Scandaliaris, J. 2009. Manual del cañero. Tucumán, Argentina, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. 248 p. Consultado 20 mar. 2020. [http://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual\\_Caniero\\_EEAOC.pdf](http://www.eeaoc.org.ar/cania/Manual_Caniero_EEAOC.pdf)

Sáenz Soto, JO. 2004. Experiencias en la optimización de la maduración inducida, en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 20 mar. 2020. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2140.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2140.pdf)

Sáenz, EJ. 2014. Evaluación de cuatro madurantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la variedad MEX79-431, diagnóstico y servicios realizados en el Grupo Corporativo Santa Ana, S.A., Escuintla, Guatemala, C.A. Informe Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 20 mar. 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2758/1/INTEGRADO%20DOC%20%20FINAL%20Eddy%20Saenz.pdf>

Salgado-García, S; Castelán-Estrada, M; Aranda Ibañez, EM; Ortiz Laurel, H; Lagunes Espinoza, LC; Córdova Sánchez, S. 2017. Calidad de jugos de caña de azúcar según el ciclo de cultivo en Chiapas, México. México, Asociación de Técnicos Azucareros de México. Consultado 5 mayo 2020. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/6.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>

Sánchez Jiménez, RJ; Forero Camacho, CA. 2016. Modelo productivo: Manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya de río Suárez. Mosquera, Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Consultado 8 mayo 2020. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13747/75463\\_65797.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13747/75463_65797.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Soto Paredes, ER. 2018. Evaluación de la producción de variedades de caña de azúcar de maduración temprana; La Gomera, Escuintla (en línea). Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Consultado 30 abr. 2020. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Soto-Eder.pdf>

Suárez, HJ; Menéndez Sierra, A; Meneses Sáenz, R; Delgado Mora, I. 2018. Evaluación de maduradores en caña de azúcar de la compañía CALESA, República de Panamá. Revista Centro Agrícola 45(2):69-76. Consultado 20 mar. 2020. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag10218.pdf>

Syngenta, Panamá. 2010. Moddus® 25 EC: Regulador de crecimiento. Panamá. Consultado 28 mar. 2020. <https://www.syngenta.com.pa/sites/g/files/zhg536/f/pa-moddus-def.pdf>  
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag10218.pdf>

Tayún Cuyuch, G. 2014. Evaluación de madurantes no herbicidas en el cultivo de caña de azúcar; La Gomera, Escuintla (en línea). Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad Rafael



Landiyar. Consultado 20 mar. 2020. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/16/Tayun-Geovani.pdf>

Torrado Navarro, JL. 2018. Determinación de los efectos negativos que causa la aplicación del glifosato como mecanismo de control de arvenses sobre la salud humana y de los animales (en línea). Trabajo de graduación Agr. Colombia, UNAD. Consultado el 07 de mayo de 2020. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24415/%20jtorradon.pdf;jsessionid=F063C60814F51B8676283A3807B2E238.jvm1?sequence=1>

Tun Velásquez, E. 2014 Evaluación de un método espectrofotométrico diseñado para la cuantificación de glucosa, fructosa y sacarosa en mieles utilizadas para la producción de alcohol etílico, como alternativa de sustitución de un método por cromatografía líquida de alta resolución (en línea). Tesis Ing. Alim. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Consultado 5 mayo 2020. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1641/1/22Tg%28499%29Ali%20EDUARDO%20TUN%20VELASQUEZ.pdf>

Valbuena Leyva, JA; Núñez Lemus, SL. 2019. Indicadores de respuesta fisiológica en caña de azúcar variedad CC01-1940 bajo la aplicación de Trinexapac ethyl en fase maduración (en línea). Tesis Ing. Agr. Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Consultado 5 mayo 2020. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25311/31644925.pdf;jsessionid=632D005238EABDE4D4517F1767B7F8C3.jvm1?sequence=1>

Villegas T, F; Arcila A, J. 2003. Maduradores en caña de azúcar. Manual de procedimientos y normas para su aplicación. Cali, Colombia, CENICAÑA. 66 p. (Serie Técnica no. 32). Consultado 20 mar. 2020. [https://www.academia.edu/9221064/Maduradores\\_en\\_Ca%C3%B1a\\_de\\_Az%C3%BAcar\\_CENTRO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_DE\\_LA\\_CA%C3%91A\\_DE\\_AZ%C3%9ACAR\\_DE\\_COLOMBIA](https://www.academia.edu/9221064/Maduradores_en_Ca%C3%B1a_de_Az%C3%BAcar_CENTRO_DE_INVESTIGACION_DE_LA_CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR_DE_COLOMBIA)

**2.14. Anexos**

**2.14.1. Cronograma de actividades**

El resumen de las actividades ejecutadas durante el periodo de tiempo de duración de la investigación se presenta a continuación:

Cuadro 22A. Cronograma de ejecución de actividades en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

#	Actividad	Periodo de tiempo en semanas																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Elaboración de protocolo de investigación.																		



#	Actividad	Periodo de tiempo en semanas																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Suspensión del riego en los lotes 1.09 y 1.10.	■																	
3	Marcaje del diseño experimental en campo.		■																
4	Coordinación de materiales y equipo.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
5	Aplicación de los tratamientos.					■													
6	Cosecha de las unidades experimentales.										■								
7	Toma de muestras: TMCH y TAH.										■								
8	Toma de muestras: Daño en el rebrote.													■					
9	Sistematización y análisis de resultados.											■	■	■	■	■			
10	Emisión de resultados, conclusiones y recomendaciones.																	■	■

## 2.14.2. Productos empleados en la aplicación de los tratamientos

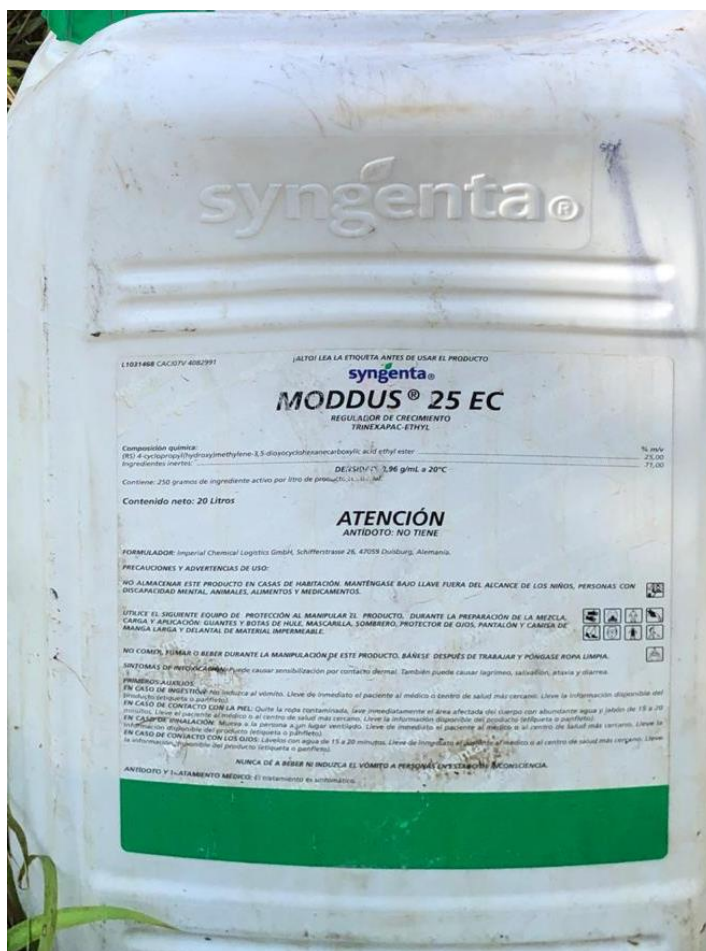


Figura 12A. Presentación comercial de 20 L de trinexapac etil en Moddus 25 EC.



Figura 13A. Presentación de 20 L de micronutrientes y aminoácidos en el producto experimental DNB-MA1GS5.



Figura 14A. Presentación comercial de 20 L de nitrógeno, fósforo y potasio en Omex DP98.



Figura 15A. Presentación comercial de 20 L de trinexapac etil en Exxodus 25 ME.

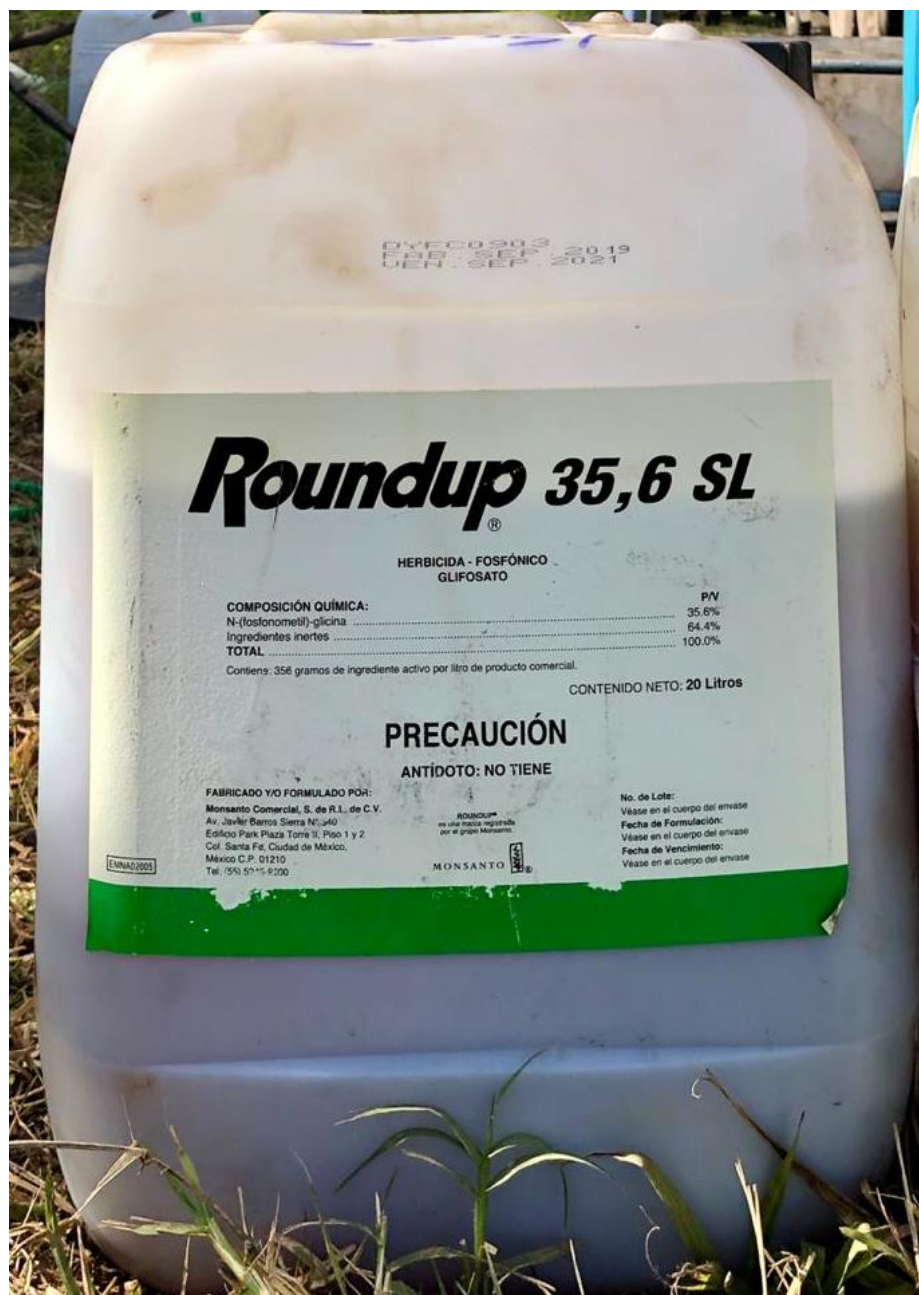


Figura 16A. Presentación comercial de 20 L de sal isopropilamina de glifosato en Roundup 35.6 SL.



Figura 17A. Presentación comercial de 10 L de sales amina de ácidos orgánicos y ácidos aromáticos en el coadyuvante Bivert.

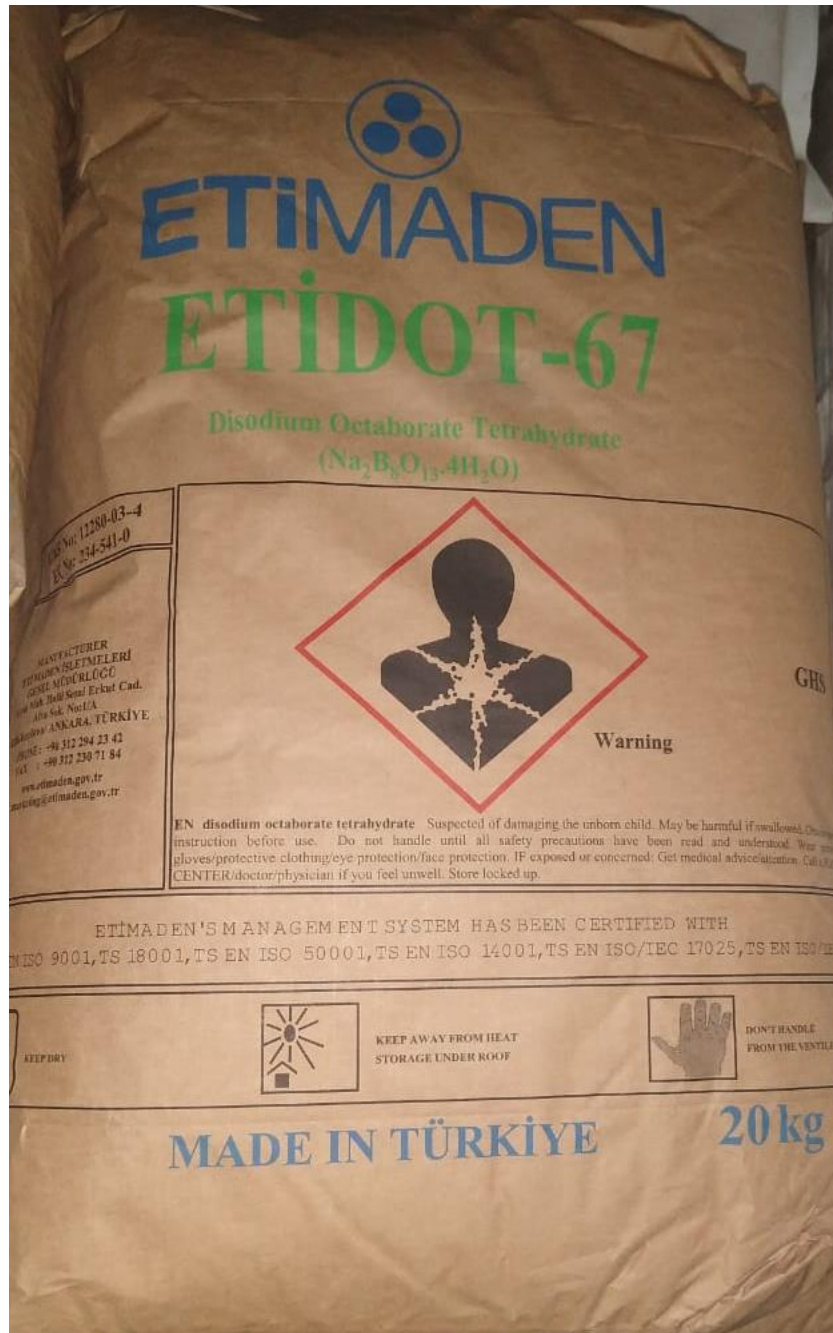


Figura 18A. Presentación comercial de 20 kg de octaborato de sodio tetrahidratado en el fertilizante foliar Etidot-67.



### 2.14.3. Descripción de los costos de aplicación de cada tratamiento

En relación a los costos de producción y el plan de manejo del cultivo de caña de azúcar en los lotes 1.09 y 1.10 de la Finca Virginia del Ingenio La Unión por la investigación desarrollada y plasmada en este documento que únicamente se enfoca en la actividad de la inducción de la maduración artificial en caña de azúcar y por temas de confidencialidad empresarial, no se presentan en dicho documento. Sin embargo, a continuación se pueden observar los costos detallados de cada tratamiento.

Cuadro 23A. Costos de aplicación del tratamiento 2 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

<b>Tratamiento 2</b>		
Rubro	Volumen por hectárea	Costo (US\$)
Trinexapac etil en concentrado emulsionable	0.8 L	24.40
Octaborato de disodio tetrahidratado	1.5 kg	4.36
Aceite vegetal de grano de soya	0.28 L	1.05
Vuelo de aplicación	-----	22.00
Costo total por hectárea		<b>51.81</b>

Cuadro 24A. Costos de aplicación del tratamiento 4 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

<b>Tratamiento 4</b>		
Rubro	Volumen por hectárea	Costo (US\$)
Nitrógeno, fósforo y potasio	2 L	10.00
Trinexapac etil en concentrado emulsionable	0.8 L	24.40
Aceite vegetal de grano de soya	0.28 L	1.05
Vuelo de aplicación	-----	22.00
Costo total por hectárea		<b>57.45</b>

Cuadro 25A. Costos de aplicación del tratamiento 5 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

<b>Tratamiento 5</b>		
Rubro	Volumen por hectárea	Costo (US\$)
Trinexapac etil en microemulsión	0.8 L	22.40
Octaborato de disodio tetrahidratado	1.5 kg	4.36

<b>Tratamiento 5</b>		
Rubro	Volumen por hectárea	Costo (US\$)
Aceite vegetal de grano de soya	0.28 L	1.05
Vuelo de aplicación	-----	22.00
Costo total por hectárea		<b>49.81</b>

Cuadro 26A. Costos de aplicación del tratamiento 6 en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

<b>Tratamiento 6</b>		
Rubro	Volumen por hectárea	Costo (en US\$)
N-(fosfometil) glicina en su forma de sal isopropilamina de glifosato	1 L	3.75
Aceite vegetal de grano de soya	0.25 L	0.94
sales amina de ácidos orgánicos y ácidos aromáticos	0.25 L	2.49
Vuelo de aplicación	-----	22.00
Costo total por hectárea		<b>29.18</b>

#### 2.14.4. Unidades experimentales durante la estimación daños

A continuación se pueden observar las fotografías de unidades experimentales durante la estimación de efectos residuales en el rebrote de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) según las escala visual de ALAM.



Figura 19A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 1 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.

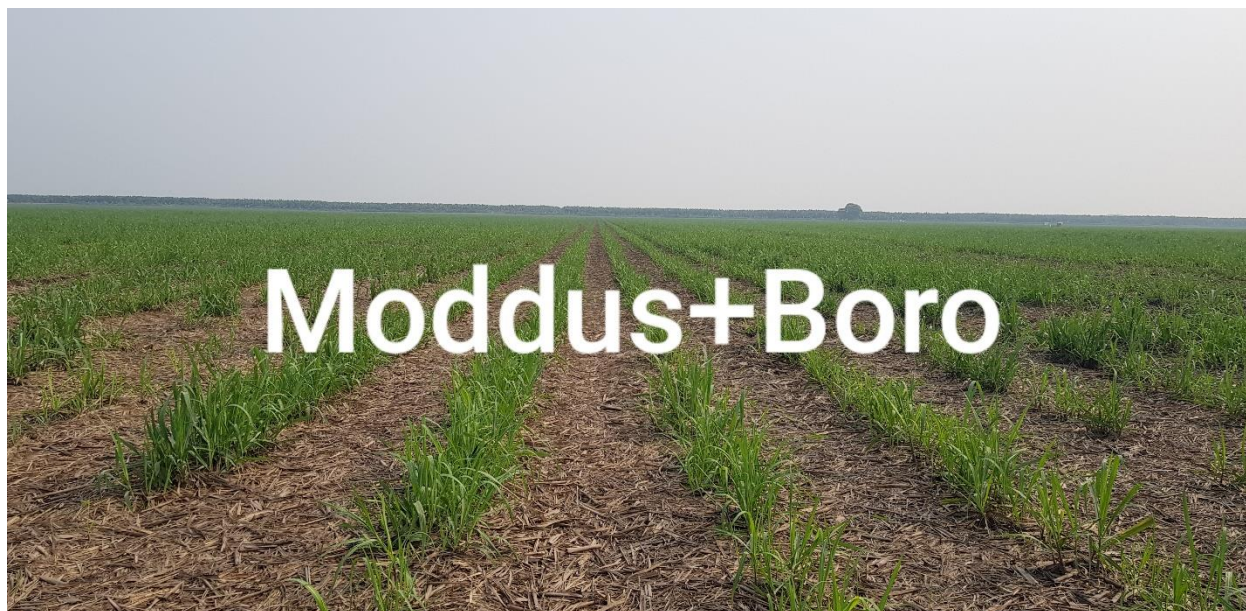


Figura 20A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 2 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.



Figura 21A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 3 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.



Figura 22A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 4 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.



Figura 23A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 5 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.



Figura 24A. Rebrote en unidad experimental del tratamiento 6 durante la estimación de efectos residuales según la escala visual de ALAM en la cuarta semana posterior a la cosecha en la evaluación de madurantes en la Finca Virginia, Ingenio La Unión.









### 3.1.Introducción

El Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión toma parte en el diseño, establecimiento, análisis y emisión de resultados de ensayos en todas las unidades productivas del Ingenio La Unión, a su vez, está a cargo del Banco de Semilla Genética. Es por ello que, como parte del ejercicio profesional supervisado de agronomía -EPSA- realizado en este departamento, se desarrollaron cuatro servicios de los cuales tres de ellos se enfocan en investigaciones y el cuarto servicio trata sobre elaboración de costos: 1) “Evaluación de cinco dosis de oxima ciclohexanodiona clethodim para la destrucción de cepa de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163, en la Finca Carrizal”, 2) “Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163 en la Finca Peralta”, 3) “Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) durante el tratamiento de semilla de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan”, y 4) “Elaboración de los costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.”

De igual manera, se apoyó en las distintas actividades que a diario se realizan por parte de los colaboradores del Departamento de Investigación Agrícola, entre ellas el marcaje de ensayos de distinta índole, bandereo para aplicaciones aéreas de madurantes y pre-madurantes, calibración de equipo de aplicación de productos foliares y granulados, toma de muestras de pre cosecha, siembra de variedades.

A continuación se describe cada una de las actividades que se desarrollaron dentro de cada servicio y de igual forma los resultados que se obtuvieron de estas intervenciones.

### **3.2. SERVICIO UNO: Evaluación de cinco dosis de oxima ciclohexanodiona clethodim para la destrucción de cepa de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163, en la Finca Carrizal, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**

#### **3.2.1. Presentación**

La destrucción de cepa de caña de azúcar se realiza con la finalidad de realizar rotaciones de variedades de caña de azúcar en un mismo campo de cultivo, especialmente cuando estos espacios son utilizados como semilleros. Por ello que es importancia destruir el 100% de la variedad que se

encuentra establecida al momento de realizar la aplicación del herbicida para alcanzar el máximo porcentaje posible de pureza con la nueva variedad a establecer. Actualmente, esta actividad suele realizarse con el empleo de la sal isopropilamina de glifosato con la que se consiguen resultados positivos, sin embargo, se pretende sustituir este herbicida por uno que presente condiciones de amabilidad con el ambiente y a su vez que se sigan alcanzando los resultados deseados. A partir de esta búsqueda de alternativas, se concreta la utilización de oxima ciclohexanodiona clethodim ofreciendo resultados positivos al ser aplicado en el Banco de Semilla del Ingenio aplicando dosis de 4 L/ha, pero el costo de adquisición es más elevado que el de la sal isopropilamina de glifosato, por lo que se desea determinar si al utilizar una dosis menor que la empleada anteriormente, la efectividad herbicida se mantiene en relación al tiempo de acción; lo que permitiría reducir costos sin dejar de conseguir los resultados esperados.

### **3.2.2. Marco conceptual**

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (1991:4) menciona que la destrucción de cepas de caña de azúcar «consiste en eliminar los desechos de los cultivos diferentes a la caña o en la destrucción de las cepas viejas, en caso de renovación.»

Esta operación consiste en la destrucción e incorporación en el suelo de las cepas de caña del cultivo anterior. [...] El descepado químico consiste en la aplicación de herbicidas totales (Ej.: glifosato 7-10 L producto comercial/ha), que eliminan de forma eficiente las cepas viejas, provocando la muerte de las mismas y su lenta descomposición (Digonzelli et al., 2012:59).

El ingrediente activo oxima ciclohexanodiona clethodim, según Arysta LifeScience (2011:1) es un «herbicida de aplicación en post-emergencia [...] formulado como concentrado emulsionable para el control selectivo de gramíneas [...]. El ingrediente activo es un inhibidor de los ácidos grasos esenciales para la integridad de las membranas celulares vegetales.»

A su vez, Arysta LifeScience (s.f.:1) menciona que este producto «puede ser aplicado con equipo manual, terrestre o aéreo. Utilice boquillas de abanico plano.» Y también hace saber que las dosis recomendadas son entre 1 y 2 L/ha para gramíneas perennes, en este caso para la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cuando estas tienen entre 20 y 40 cm de altura.

### 3.2.3. Objetivos

#### A. General

Rotar variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en áreas de cultivo mediante el empleo de productos químicos en las unidades productivas del Ingenio La Unión

#### B. Específicos

- a) Evaluar el ingrediente activo oxima ciclohexanodiona clethodim en dosis diferentes para la destrucción total de cepa de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a través del tiempo de acción mediante la estimación visual según la escala de ALAM.
- b) Determinar la dosis más efectiva del ingrediente activo oxima ciclohexanodiona clethodim para la destrucción total de cepa de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mediante la evaluación visual según la escala de ALAM y en relación al costo de aplicación.

### 3.2.4. Metodología

#### A. Elaboración del protocolo de investigación

##### a. Ubicación

Se definió la ubicación del ensayo, la cual presentó las condiciones biológicas, edafo-climáticas y productivas adecuadas para ser representativa dentro de la Finca. En este caso, el lote 1.29 de la Finca Carrizal.

##### b. Tratamientos

En el ensayo se evaluaron 5 tratamientos que corresponden a 5 dosis diferentes del mismo ingrediente activo de oxima ciclohexanodiona clethodim formulado en emulsión concentrada. La mezcla se aplicó en conjunto al adherente formulado a base de aceite vegetal de grano de soya.

##### i. Oxima ciclohexanodiona clethodim

Es utilizado como graminicida. Actúa sistémicamente en los tejidos meristemáticos inhibiendo la división celular. Es rápidamente absorbido y traslocado en el follaje cuando se aplica a las partes en crecimiento de la planta el cual llega hasta el sistema radical (Arysta LifeScience s.f.).

**ii. Aceite vegetal de grano de soya**

La formulación de este producto a base de aceite vegetal ofrece las propiedades de encapsulador, adherente, surfactante, penetrante, antideriva, emulsificante y evita la volatibilidad de la mezcla a aplicar (Stoller s.f.).

Cuadro 27. Tratamientos con sus dosis del ensayo para la evaluación de la destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal del Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Dosis/ha
1	Oxima	2 L + 0.5 L
2	ciclohexanodiona	2.5 L + 0.5 L
3	clethodim + Aceite	3 L + 0.5 L
4	vegetal de grano de	3.5 L + 0.5 L
5	soya	4 L + 0.5 L

**c. Diseño experimental:**

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar. El cultivo de caña de azúcar en el lote 1.29 de Finca Carrizal se encuentra orientado de este a oeste, dispuestos a 1.4 metros de distancia entre cada uno y con una longitud de 235 metros cada surco. Cada unidad experimental la conformaron 6 surcos lo que equivalió a 0.20 hectáreas. Por fines prácticos, económicos y la necesidad de destruir totalmente la cepa de caña de azúcar en este lote, no se dejaron surcos borde entre cada unidad experimental. Se realizaron tres repeticiones cada tratamiento. A continuación se puede observar el croquis del ensayo en la figura 25:

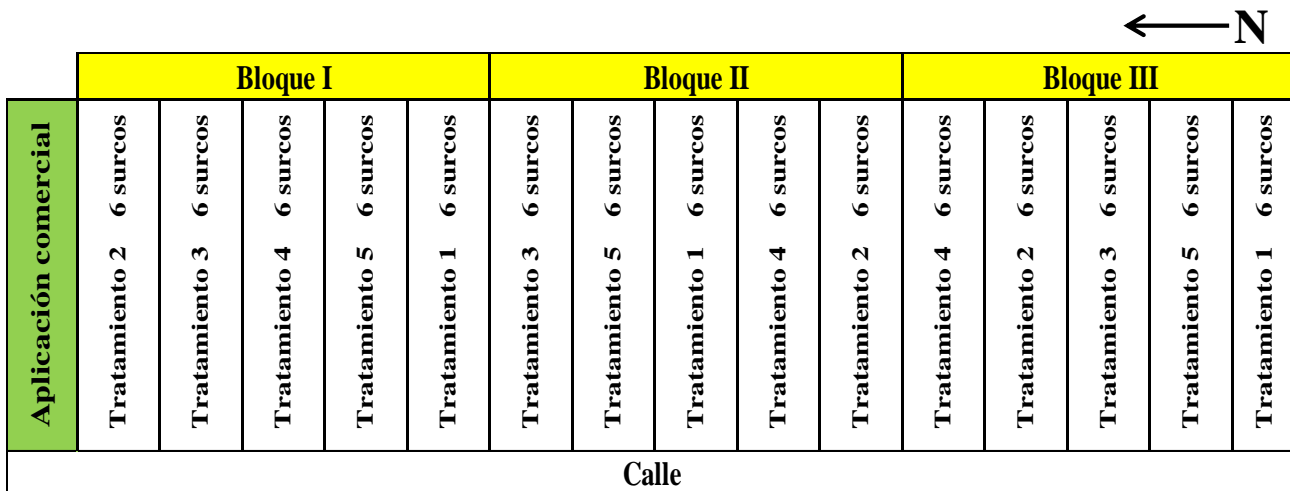


Figura 25. Croquis del ensayo para la destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal del Ingenio La Unión.

#### **d. Método de aplicación**

Dadas las condiciones y la disposición de la caña de azúcar en el lote 1.29 de la Finca Carrizal, la aplicación de los tratamientos se realizó de forma mecanizada con aguilón proporcionado por la finca.

#### **e. Variable de respuesta**

- Efectividad de cada dosis aplicada a través del porcentaje de destrucción de cepa de caña de azúcar, el costo de aplicación y efectividad respecto al tiempo.

### **B. Marcaje del diseño experimental**

Se realizó el marcaje del ensayo en campo con estacas de bambú de 1.50 m de largo y se colocaron etiquetas que identifican cada tratamiento en cada uno de los bloques según el croquis de la figura 25.

### **C. Materiales y equipo**

Para obtener el equipo y material a utilizar en el ensayo se realizó la coordinación con el personal encargado de la Finca Carrizal y personal del Departamento de Investigación Agrícola, así como obtener el apoyo de ellos en las distintas actividades del mismo.

Los materiales y equipo que se utilizaron son:

- Cepa de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163.
- Tractor de 4 cilindros.
- Aguilón para aplicación.
- Oxima ciclohexanodiona clethodim contenido en 120 gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial.
- Aceite vegetal de grano de soya.
- Estacas de bambú de 1.50 m de largo.
- Etiquetas para identificación de tratamientos.
- Agua para la aplicación y lavado del equipo de aplicación.
- Probetas.
- Vehículo para transporte de personal.
- Equipo de cómputo y software para análisis estadístico de resultados.

#### D. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de todos los tratamientos se realizó cuando el rebrote tenía 67 días de haber emergido, con un aguilón de 12 aspersores jalado por un tractor de 4 cilindros, de los 12 aspersores, se utilizaron únicamente 6 ya que era con los que se aplicaba el ancho de cada unidad experimental, los otros 6 aspersores fueron cerrados. La aplicación se realizó siguiendo el orden del cuadro 27. Los restos de mezcla de cada tratamiento se vertieron en caña de azúcar de aplicación comercial, es decir, fuera de las unidades experimentales, por lo que no fue necesario realizar el lavado del equipo de aplicación entre la aplicación de un tratamiento y otro ya que se utilizó el mismo ingrediente activo y ya no existían restos del producto aplicado anteriormente en el depósito del aguilón.

#### E. Evaluación de los tratamientos y toma de datos

Se realizaron evaluaciones de los tratamientos en campo a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación del ingrediente activo utilizando la escala de la ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas) para definir porcentajes de efectividad. Las evaluaciones se realizaron mediante observaciones de cada tratamiento para clasificarlos en función del siguiente cuadro:

Cuadro 28. Escala ALAM para la evaluación de daño a la planta por efecto de toxicidad.

<b>% control</b>	<b>Descripción del daño</b>
0-9	Ningún daño. Ningún efecto.
10-29	Daño leve. Leve clorosis retardo en el crecimiento.
30-39	Clorosis más pronunciada, manchas necróticas, malformaciones.
40-49	Clorosis intensa, necrosis y malformaciones más pronunciadas, la planta se recupera.
50-59	Daño moderado. Los síntomas son más marcados; la planta se recupera, lo hace con dificultad.
60-69	La fitotoxicidad se manifiesta; la planta por lo general no desarrolla bien.
70-79	Severo daño. Pérdida de plantas.
80-89	Daño severo Significativa muerte de las plantas, pocas logran sobrevivir.
90-99	Muerte casi total de las plantas.
100	Muerte total. Destrucción de la planta.

Fuente: Asociación Latinoamericana de Malezas, 1974.

#### F. Sistematización, análisis y emisión de resultados

Con los datos obtenidos en campo y observaciones realizadas se procedió a sistematizar la información para facilitar el análisis de los resultados con base a procesamiento estadístico. Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) para cada grupo de observaciones realizadas cada 15 días después

de la aplicación, al observar diferencia estadística significativa se utilizó la Prueba de Tukey al 5% de significancia para determinar los grupos estadísticos. Posteriormente se emitieron conclusiones.

### G. Cronograma de actividades

El resumen de las actividades ejecutadas durante el periodo de tiempo de duración del servicio se presenta a continuación:

Cuadro 29. Cronograma de actividades para la evaluación de dosis en destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

No.	Actividad	Periodo de tiempo en semanas													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Elaboración de protocolo de investigación	■	■												
2	Marcaje del diseño experimental en campo		■												
3	Coordinación de materiales y equipo		■	■	■	■	■	■	■						
4	Aplicación de los tratamientos			■											
5	Primera evaluación en campo					■									
6	Segunda evaluación en campo							■							
7	Tercera evaluación en campo									■					
8	Sistematización y análisis de resultados									■	■	■	■		
9	Emisión de resultados, conclusiones y recomendaciones													■	■

#### 3.2.5. Resultados y discusión

Se realizaron tres lecturas posteriores a la aplicación de oxima ciclohexanodiona clethodim; 15, 30 y 45 días después. Estas lecturas se realizaron en función a la escala visual de la Asociación Latinoamericana de Malezas, donde los resultados más cercanos a cero significan menos efectividad del producto y resultados más próximos a 100 se traducen en mayor control y efectividad del producto reflejado en el daño o muerte de las plantas. En cada unidad experimental se realizaron tres estimaciones en cada lectura, se sumaron las tres lecturas de cada bloque y de ellas se obtuvieron los promedios que a continuación se presentan:

Las lecturas realizadas a los 15 días después de la aplicación son las siguientes:

Cuadro 30. Lecturas realizadas a los 15 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Lecturas			Promedio
		B1 (%)	B2 (%)	B3 (%)	
1	2	73.33	77.67	63.33	71.44
2	2.5	75.00	66.67	60.00	67.22
3	3	75.00	83.33	70.00	76.11
4	3.5	83.33	78.33	78.33	80.00
5	4	91.67	86.67	88.33	88.89

Con estos datos, se realiza el análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 31. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
<b>Bloques</b>	2	171.24	85.62	4.03 NS	4.46	8.65
<b>Tratamientos</b>	4	831.75	207.94	9.78 **	3.84	7.01
<b>Error</b>	8	170.16	21.27			
<b>Total</b>	14	1173.16				
** alta significancia estadística						
<sup>NS</sup> no existe significancia estadística						
	<b>CV</b>	27.72				

Se puede observar que se presenta una alta significancia estadística entre los tratamientos, por lo que se procede a realizar la prueba de medias de Tukey para poder determinar el tratamiento que presentó los mejores resultados 15 días después de la aplicación de los mismos.

Cuadro 32. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Media	Grupo	
5	4	88.89	a	
4	3.5	80.00	a	b
3	3	76.11	a	b
2	2	71.44		b



Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Media	Grupo	
1	2.5	67.22		b
		<b>DSH</b>	13.02	

En el cuadro 32 se puede visualizar que el tratamiento que presentó la mayor efectividad a los 15 días posteriores de la aplicación fue el tratamiento en el que se aplicó oxima ciclohexanodiona clethodim en dosis de 4 litros de producto comercial por hectárea. A su vez, en cuanto a efectividad de la dosis prosiguen los tratamientos en que se aplicó el mismo producto en dosis de 3.5 y 3 litros de producto comercial por hectárea, sin embargo, estadísticamente se agrupan también conjunto a los tratamientos con dosis de 2 y 2.5 litros de producto comercial por hectárea. Por lo tanto, se define que a los 15 días después de la aplicación es el tratamiento aplicado a dosis de 4 litros de producto comercial el más efectivo con casi un 90%.

De igual forma, se realizaron lecturas 30 días después de la aplicación que se presentan a continuación:

Cuadro 33. Lecturas realizadas a los 30 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Lecturas			Promedio
		B1 (%)	B2 (%)	B3 (%)	
1	2	72.50	74.00	75.00	73.83
2	2.5	72.50	76.50	77.50	75.50
3	3	80.00	81.50	85.00	82.17
4	3.5	81.00	84.00	82.50	82.50
5	4	92.50	89.00	94.00	91.83

Con estos datos, se realiza el análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 34. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
<b>Bloques</b>	2	24.23	12.12	4.08 NS	4.46	8.65
<b>Tratamientos</b>	4	607.33	151.83	51.11 **	3.84	7.01
<b>Error</b>	8	23.77	2.97			

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	14	655.33				
** alta significancia estadística						
<sup>NS</sup> no existe significancia estadística						
	<b>CV</b>	3.66				

Al haber establecido que existe alta significancia estadística entre tratamientos se realiza la prueba de medias de Tukey de la que se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 35. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Media	Grupo		
5	4	91.83	a		
4	3.5	82.50		b	
3	3	82.17		b	
2	2.5	75.50			c
1	2	73.83			c
		<b>DSH</b>	4.87		

Se determina que 30 días después de la aplicación, es el tratamiento en el que se empleó la dosis de 4 litros de producto comercial por hectárea el que continúa presentando el mayor porcentaje de efectividad con 91.83%. El empleo de las dosis 3.5 y 3 litros de producto comercial por hectárea son estadísticamente iguales 30 días después de la aplicación con 82% de efectividad. Por último el empleo de las dosis 2.5 y 2 litros de producto comercial por hectárea continúan presentando los porcentajes de efectividad más bajos del total de tratamientos. Cabe resaltar que 30 días después de la aplicación de los tratamientos, todos ellos presentaron valores más altos de efectividad en la eliminación de cepa que en la lectura de 15 días después de la aplicación.

Se realizaron las últimas lecturas 45 días después de la aplicación, se presentan los datos obtenidos en el cuadro 36:

Cuadro 36. Lecturas realizadas a los 45 días posteriores a la aplicación de los tratamientos en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Lecturas			Promedio
		R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	
1	2	52.50	62.00	57.50	57.33
2	2.5	56.25	65.75	70.75	64.25
3	3	63.25	70.00	72.00	68.42
4	3.5	63.75	65.00	72.50	67.08
5	4	77.00	83.75	78.25	79.67

Con estos datos, se realiza el análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 37. Análisis de varianza de las lecturas realizadas 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
<b>Bloques</b>	2	174.83	87.41	7.65 *	4.46	8.65
<b>Tratamientos</b>	4	788.56	197.14	17.24 **	3.84	7.01
<b>Error</b>	8	91.47	11.43			
<b>Total</b>	14	1054.85				
** alta significancia estadística						
* significancia estadística						
	<b>CV</b>	16.98				

En las lecturas realizadas 45 días después de la aplicación se obtuvo una marcada disminución de la efectividad de los tratamientos respecto a las lecturas anteriormente hechas ya que en las observaciones en campo se pudo determinar que las cepas de caña de azúcar presentaban menor daño visual reflejado en follaje y vigorosidad recuperada. Entre tratamientos permaneció existiendo alta significancia estadística por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para determinar los grupos estadísticos de efectividad.

Cuadro 38. Prueba de medias de Tukey de las lecturas realizadas 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Media	Grupo		
5	4	79.67	a		
3	3	68.42		b	
4	3.5	67.08		b	

Tratamiento	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Media	Grupo		
				b	c
2	2.5	64.25		b	c
1	2	57.33			c
		<b>DSH</b>	9.55		

Claramente se puede observar que el porcentaje de efectividad de todos los tratamientos a los 45 días después de la aplicación disminuyó respecto a las lecturas realizadas a los 15 y 30 días después de la aplicación, ya que algunas cepas habían rebrotado por lo que se pudo observar partes verdes en las plantas al momento de realizar las lecturas. De igual forma, el tratamiento con dosis aplicada a razón de 4 litros de producto comercial por hectárea permaneció dominando sobre los demás tratamientos con casi 80% de efectividad a los 45 días después de la aplicación. Prosiguen los tratamientos con dosis de 3, 3.5 y 2.5 litros de producto comercial por hectárea, ya que estadísticamente son iguales. Y por último se encuentra el tratamiento donde se empleó la dosis de 2 litros de producto comercial por hectárea el cual estadísticamente es igual al tratamiento con dosis aplicada de 2.5 litros de producto comercial por hectárea a los 45 días después de la aplicación.

El cuadro 39 permite hacer la comparativa entre las lecturas realizadas, en él se pueden apreciar los costos de aplicación de cada tratamiento.

Cuadro 39. Resumen de las 3 lecturas posteriores a la aplicación según escala visual de ALAM y costos de aplicación del ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

Trat.	Dosis en litros de producto comercial/ ha	Lecturas			Promedio	Costo de aplicación/ha (US\$)	Costo de aplicación/ha (GTQ) <sup>1</sup>
		15 DDA (%)	30 DDA (%)	45 DDA (%)			
1	2	71.44	73.83	57.33	67.54	35.88	275.88
2	2.5	67.22	75.50	64.25	68.99	44.38	341.24
3	3	76.11	82.17	68.42	75.56	52.88	406.61
4	3.5	74.44	82.50	67.08	74.68	61.38	471.97
5	4	88.89	91.83	79.67	86.80	69.88	537.34

<sup>1</sup> Tasa de cambio de referencia 7.69 promedio para el primer semestre de 2020 según el Banco de Guatemala.

### 3.2.6. Conclusión

- A. El tratamiento en el que se empleó la dosis de 4 litros de producto comercial por hectárea dominó durante las tres lecturas realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación, por lo tanto, se determina que, estadísticamente, ninguna otra dosis alcanza la efectividad de la dosis recomendada comercialmente. Sin embargo, ninguna dosis se acercó al 100% de destrucción de cepa del cultivo de caña de azúcar, lo cual es lo que se desea ya que al no destruirla a totalidad se incurre en mayores costos para concluir esta actividad con los resultados esperados. De igual manera, las dosis pueden estar sujetas a más ensayos donde se puedan evaluar en etapas más jóvenes de la cepa y se puedan realizar lecturas más cercanas entre ellas posterior a la aplicación del herbicida que permitan determinar el momento en el que se alcanzó la mayor efectividad.

### 3.2.7. Referencias

- Agrotico. S.f. Evaluación del Herbicida Select 12 EC en Control de Gramíneas en Hacienda Aquiares, Turrialba (en línea). Costa Rica. Consultado el 08 mar. 2020. Disponible en: [http://agrotico.net/web/ServicioTecnico/Ensayos\\_Tecnicos/Cafe/Cafe%20-%20Eficacia%20de%20Control%20de%20Malezas%20del%20Herbicida%20Select%2012%20EC.pdf](http://agrotico.net/web/ServicioTecnico/Ensayos_Tecnicos/Cafe/Cafe%20-%20Eficacia%20de%20Control%20de%20Malezas%20del%20Herbicida%20Select%2012%20EC.pdf)
- Arysta LifeScience. 2011. Ficha Técnica Select 12 EC (en línea). Guatemala. Consultado el 10 de ago. de 2020. Disponible en: [http://www.arystalifesciencecayc.com/component/k2/item/download/63\\_5df4714cf1c9a67be614f934dcb51538](http://www.arystalifesciencecayc.com/component/k2/item/download/63_5df4714cf1c9a67be614f934dcb51538)
- Arysta LifeScience. s.f. Select 12 EC (en línea). Guatemala. Consultado el 10 de ago. de 2020. Disponible en: [http://agrotico.net/Proteccion\\_Info/Herbicidas\\_Info/Select%2012%20EC/Panfleto/Select%2012%20EC.pdf](http://agrotico.net/Proteccion_Info/Herbicidas_Info/Select%2012%20EC/Panfleto/Select%2012%20EC.pdf)
- Digonzelli, P.A. 2009. CAPÍTULO 5 | PLANTACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Recomendaciones generales. Sin lugar de publicación. Consultado el 11 de ago. de 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/263075010\\_CAPITULO\\_5\\_PLANTACION\\_DE\\_LA\\_CANA\\_DE\\_AZUCAR\\_Recomendaciones\\_generales](https://www.researchgate.net/publication/263075010_CAPITULO_5_PLANTACION_DE_LA_CANA_DE_AZUCAR_Recomendaciones_generales)
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1991. Caña de Azúcar (en línea). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica. Consultado el 20 de mar. de 2020. Disponible en <http://www.mag.gov.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>

Stoller. s.f. Información Técnica CARRIER 90% L (en línea). Químicas Stoller de Centroamérica, S.A, Guatemala. Consultado el 10 de ago. de 2020. Disponible en: <http://www.agroproca.com/productos/documentacion/fichas/Carrier%2090%20L.pdf>

### 3.2.8. Anexos



Figura 26A. Marcaje e identificación de las unidades experimentales para el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

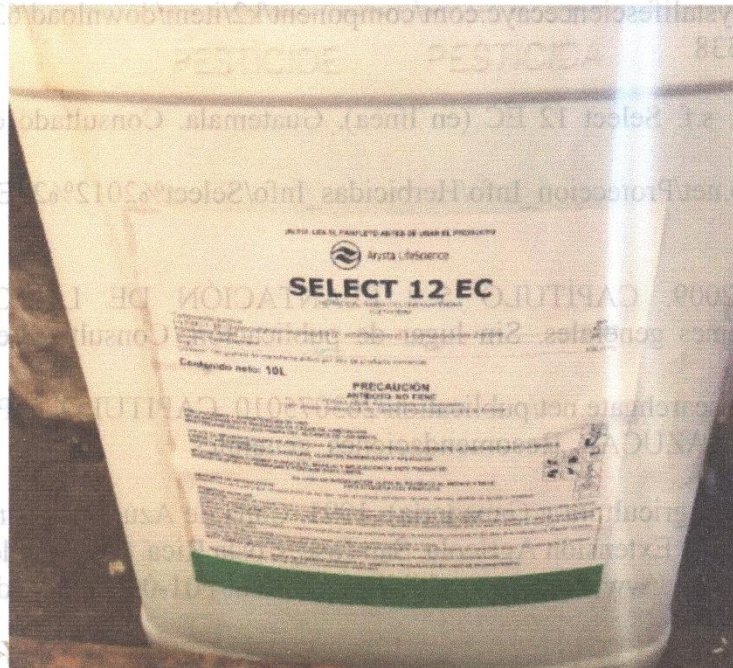


Figura 27A. Oxima ciclohexanodiona clethodim contenido en el producto comercial Select 12 EC.



Figura 28A. Preparación de la mezcla previa a la aplicación de oxima ciclohexanodiona clethodim en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.



Figura 29A. Aplicación de oxima ciclohexanodiona clethodim utilizando 6 aspersores del aguilón en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.



Figura 30A. Unidad experimental del tratamiento 2 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.



Figura 31A. Unidades experimentales del tratamiento 5 15 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.





Figura 32A. Unidad experimental del tratamiento 2 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.



Figura 33A. Unidad experimental del tratamiento 5 30 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.



Figura 34A: Unidad experimental del tratamiento 2 45 días después de la aplicación en el ensayo de destrucción de cepa de caña de azúcar en la Finca Carrizal.

### **3.3. SERVICIO DOS: Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**

#### **3.3.1. Objetivos**

##### **A. General**

Incrementar el rendimiento de producción de azúcar a través de la fertilización adecuada por medio de la fertilización química en siembra en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión, La Gomera, Escuintla, Guatemala.

##### **B. Específicos**

- a. Diseñar el ensayo para evaluar la fertilización química incorporando distintos elementos al suelo y a la planta del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión.

- b. Establecer el ensayo diseñado para evaluar la fertilización química en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión

### 3.3.2. Metodología

#### A. Elaboración del protocolo de investigación:

##### a. Ubicación

Se definió la ubicación del ensayo, que presentase las condiciones edafo-climáticas y productivas adecuadas para ser representativo de la Finca Peralta, en este caso el lote 2.06.

##### b. Tratamientos

Se definieron los tratamientos siendo los siguientes:

Cuadro 40. Tratamientos y dosis del ensayo de fertilización en la Finca Peralta.

#	Tratamiento	Fertilización en siembra		Fertilización complementaria 30 días dds		Foliar 90 dds
		Fórmula	Dosis qq/ha	Formula	Dosis qq/ha	Dosis g/ha
1	Testigo relativo	---	---	46 - 0 - 0	2.7	---
2	NPK	9.98 - 26 - 26	5	46 - 0 - 0	2.7	---
3	NPKB	9.62 - 24.6 - 24.6 - 0.82	5.4	46 - 0 - 0	2.7	---
4	NPK + B Foliar	9.98 - 26 - 26	5	46 - 0 - 0	2.7	300
5	NP	18 - 46 - 0	2.87	46 - 0 - 0	2.7	---

##### c. Diseño experimental

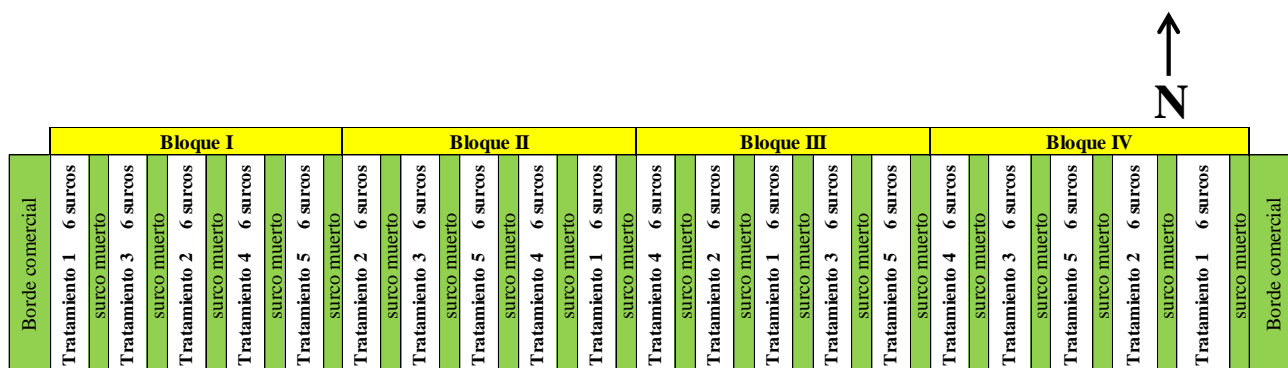


Figura 35. Croquis del ensayo de fertilización en la Finca Peralta.

Debido al tamaño del área en el cual se implementó el ensayo se optó por utilizar el diseño experimental de bloques al azar con 4 bloques; una unidad experimental de un tratamiento cuenta con 8.4 metros de ancho (lo equivalente a 6 surcos de cultivo) por el total largo del lote, que son 280 metros, es decir, cada unidad experimental contó con área de 0.24 ha. Entre una parcela y otra se dejó 1 surco sin sembrar al que se le nombró *surco muerto*, en el extremo Este del lote se dejaron 6 surcos de borde comercial y en el extremo Oeste un borde comercial de 40 metros. La distancia entre surcos fue de 1.4 metros. El croquis del ensayo se observa en la figura 35.

#### **d. Método de aplicación**

Los tratamientos se aplicaron con bomba para fertilizar (chilindrina) al momento de la siembra con toletes, la aplicación complementaria con urea fue realizada de manera mecanizada y la aplicación de boro foliar fue asperjada con bombas de mochila.

#### **e. Variables de respuesta al finalizar el ensayo**

- Rendimiento de caña en tonelaje de caña / hectárea.
- Rendimiento de azúcar en toneladas de azúcar / hectárea.
- Rentabilidad de cada tratamiento.

#### **B. Marcaje del diseño experimental:**

De acuerdo al croquis de la figura 35 se realizó el marcaje del ensayo en campo con estacas de bambú de 1.50 m de largo y con etiquetas que identifican cada tratamiento en cada uno de los bloques.

#### **C. Materiales y equipo**

Se coordinó con el personal encargado de la Finca Peralta y personal del Departamento de Investigación Agrícola para obtener los materiales a utilizar en la implementación y desarrollo del ensayo, así como el apoyo en las distintas actividades del mismo.

#### **D. Aplicación de tratamientos**

El establecimiento del ensayo dio inicio en el momento en el que se realizó la aplicación de los tratamientos durante la siembra de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) mediante la fertilización con bomba de mochila para aplicar fertilizante granular (chilindrina), la fertilización complementaria se

realizó de forma mecánica 30 días después de la siembra y por último, 90 días después de la siembra se utilizó bomba de mochila para asperjar boro foliar en el tratamiento 4, todo según las dosis y formulas establecidas en el cuadro 40.

## E. Toma de datos

### a. Tonelaje de caña / hectárea

La cosecha, alce y transporte de cada unidad experimental se realiza en vagones separados debidamente identificados con el apoyo del personal del Departamento de CAT (Corte, Alce y Transporte) según la planificación de cosecha de este mismo departamento (alrededor de 12 meses posterior a la siembra). En el área de báscula son pesados para obtener el tonelaje de caña por unidad experimental y se podrá calcular el tonelaje de caña por hectárea de la siguiente manera:

$$TMCH = \frac{PTT - PCyVT}{0.24 \text{ ha}}$$

Donde:

TMCH:	Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.
PTT:	Peso Total en Toneladas.
PCyVT:	Peso del Cabezal y Vagón sin caña en Toneladas.
0.24 ha:	Valor del área de cada unidad experimental.

### b. Tonelaje de azúcar / hectárea

Se extraen muestras *core sampler* para determinar con la siguiente fórmula el rendimiento de azúcar por hectárea en cada unidad experimental:

$$TAH = \frac{\text{kg de azúcar/TMC} * TMCH}{1000 \text{ kg}}$$

Donde:

TAH:	Toneladas de Azúcar por Hectárea,
kg de azúcar/TMC:	Cantidad de azúcar obtenida en una tonelada métrica de caña.
TMCH:	Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.
1000 kg:	Equivalente de kilogramos en una tonelada métrica.

### c. Rentabilidad de los tratamientos

Con base a los productos y dosis aplicados en cada tratamiento se estiman los costos de adquisición de cada uno. Respecto a los ingresos se hará una resta simple entre cada tratamiento y el testigo relativo, se determinará si existió incremento o descenso en el rendimiento de azúcar y se calculará la

rentabilidad utilizando el valor promedio del azúcar en el mercado mundial al multiplicarlo por el incremento de azúcar en caso de existir y se calculará la rentabilidad de la siguiente manera:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{BB - CA}{CA} * 100$$

Donde:

BB: Beneficio Bruto.

CA: Costos de Aplicación.

## F. Sistematización, análisis y emisión de resultados

Con los datos obtenidos se procederá a sistematizar la información que facilite el análisis de los resultados con base a estudios estadísticos y por consiguiente, la emisión de conclusiones.

## G. Cronograma de actividades

El resumen de las actividades ejecutadas durante el periodo de tiempo de duración del servicio se presenta a continuación:

Cuadro 41. Cronograma de actividades para la evaluación de fertilización en la Finca Peralta.

No.	Actividad	Periodo de tiempo en semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Elaboración de protocolo de investigación	■	■														
2	Marcaje del diseño experimental en campo		■														
3	Coordinación de materiales y equipo		■	■	■	■	■	■	■								
4	Fertilización en siembra			■													
5	Fertilización complementaria							■									
6	Aplicación foliar en tratamiento 4																■

### 3.3.3. Resultados

Para la “Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala” se estima que conlleva un periodo de tiempo de aproximadamente 12 meses (en función de la programación de cosecha del Departamento de CAT), por lo que, debido a que el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía contempla únicamente 10 meses, en la prestación de este servicio se realizó el diseño y el establecimiento del mismo, dejando definidos los parámetros para concluir exitosamente la investigación. Por lo tanto, en las siguientes figuras se pueden observar actividades desarrolladas para alcanzar los objetivos.

En la figura 36 se visualiza el momento de siembra de toletes de caña de azúcar variedad CG02-163 de manera manual, seguida a esta actividad, los colaboradores de Finca Peralta descargaban el fertilizante según dosis y fórmulas en función de cada unidad experimental de cada tratamiento en función del cuadro 40 de este documento, con mochilas para aplicación de fertilizante granular que fueron calibradas como se observa en la figura 37.



Figura 36. Siembra durante la implementación del ensayo de fertilización en la Finca Peralta.



Figura 37. Calibración de mochila para la aplicación de fertilizante granular en la Finca Peralta.

Posteriormente a la culminación de la siembra y aplicación de fertilizante en siembra según cada unidad experimental de cada tratamiento, los surcos de siembra fueron tapados. En la figura 38 se

pueden observar los surcos previo a ser tapados, de igual forma, se puede observar el surco muerto que divide a cada unidad experimental de otra.



Figura 38. Surcos de siembra fertilizados previos al tapado en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.

En la figura 39 se puede observar el momento en el cual se realizó la aplicación de la dosis complementaria de nitrógeno 30 días después de la siembra, siendo realizada de manera mecánica puesto que para todos los tratamientos se descargó la misma dosis en este caso.



Figura 39. Aplicación de dosis complementaria de nitrógeno 30 días después de la siembra en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.



90 días después de la siembra se realizó la aplicación complementaria de boro foliar en el tratamiento 4 de manera manual mediante la utilización de bombas de mochila como se puede observar en la figura 140



Figura 40. Aplicación complementaria de boro foliar 90 días después de la siembra en el ensayo de fertilización en la Finca Peralta.

#### **3.3.4. Evaluación**

El diseño y el establecimiento del servicio titulado “Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión”, fue concluido satisfactoriamente ya que fue definido el protocolo de investigación y de igual manera fueron ejecutadas las distintas actividades de implementación del mismo como se puede observar en las figuras en el título de resultados. Por lo tanto, con las variables de respuesta definidas durante el diseño de este ensayo, únicamente se espera que el cultivo pueda cumplir con las etapas fenológicas hasta llegar a la cosecha y que los datos del tonelaje de caña/hectárea y el rendimiento de azúcar puedan ser analizados en el Departamento de Investigación Agrícola lo que

permita definir alguna diferencia o similitud estadística y la posterior emisión de conclusiones y recomendaciones en función de los resultados.

### **3.4. SERVICIO TRES: Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante la siembra de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala**

#### **3.4.1. Objetivos**

##### **A. General**

Utilizar microorganismos en la producción comercial de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante la siembra, que ofrezcan protección contra patógenos y puedan provocar efectos bio estimulantes en el cultivo aumentando la rentabilidad de la producción.

##### **B. Específicos**

- a. Diseñar el ensayo en que él se evalué la utilización de microorganismos benéficos en la protección contra patógenos y produzca efectos bio estimulantes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión.
- b. Establecer el ensayo diseñado para evaluar la utilización de microorganismos benéficos en la protección contra patógenos y produzca efectos bio estimulantes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión.

#### **3.4.2. Metodología**

##### **A. Elaboración del protocolo de investigación:**

###### **a. Ubicación**

Se definió la ubicación del ensayo, que presentase las condiciones edafo-climáticas y productivas adecuadas para ser representativo de la Finca, siendo el lote 1.20.

### b. Tratamientos

Se definieron los tratamientos en función de la accesibilidad a los productos comerciales, siendo los siguientes:

Cuadro 42. Tratamientos y dosis del ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

#	Tratamiento	Dosis
1	Testigo relativo	Tratamiento hidro-térmico y químico
2	( <i>Bacillus subtilis</i> )	1 L/ha
	( <i>Trichoderma harzianum</i> ) ( <i>Paecilomyces lilacinus</i> ) ( <i>Penicillium janthinellum</i> )	1 L/ha
3	( <i>Trichoderma asperellum</i> )	0.25 kg/ha
	( <i>Bacillus methylotrophicus</i> )	0.5 L/ha
	( <i>Azospirillum brasilense</i> )	1.5 L/ha
4	Azotobacterias	3 L/ha
5	( <i>Trichoderma harzianum</i> )	2.0 L/ha
	Micronutrientes, auxinas, citoquininas y giberelinas	1.0 kg/ha
	Alcohol etoxilado	1 cc/L

En relación al testigo relativo, la semilla de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) fue tratada con el objetivo de eliminar la bacteria (*Leifsonia xily*) (causante de la enfermedad raquitismo de la soca) y estimular las yemas para la emergencia por medio de un proceso hidro-térmico en el que la semilla se sumerge por tiempo de 30 minutos en agua a 52 °C, posteriormente es extraída e inmediatamente se vuelve a sumergir durante 5 minutos en agua a temperatura ambiente para obtener un choque térmico para eliminar la bacteria (*Xanthomonas albilineans*) (la cual provoca la escaldadura foliar en la semilla de caña de azúcar), por último, se realiza el tratamiento químico con fungicida e insecticida para evitar que la semilla sea infectada en el área de siembra, por lo que la semilla se sumerge durante 1 minuto en una solución que se ha preparado con 1000 litros de agua con dosis de 1 cc de cada producto comercial por cada litro de agua.

**c. Diseño experimental**

Se optó por utilizar el diseño experimental de bloques al azar con 4 bloques; una unidad experimental de un tratamiento cuenta con 8.4 metros de ancho (lo equivalente a 6 surcos) por el largo del lote, que son 250 m, por lo tanto, cada una tiene 0.21 ha. Entre una parcela y otra se dejó 1 surco sin sembrar al que se le nombró *surco muerto*, en el extremo Oeste del lote se dejaron 6 surcos de borde comercial y en el extremo Este un borde comercial de 55 metros para completar el pante. La distancia entre surcos fue de 1.4 metros. El croquis se muestra a continuación:

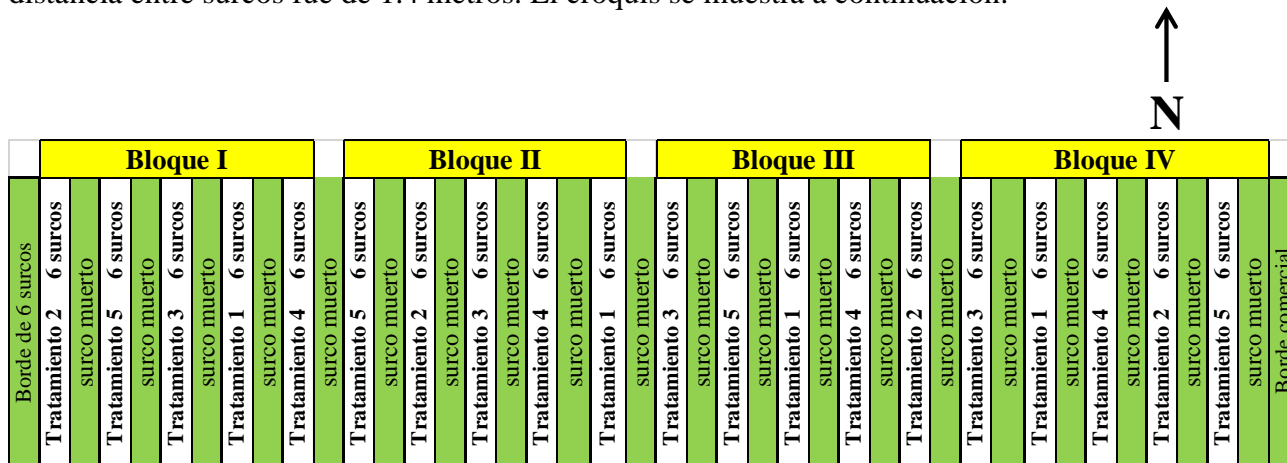


Figura 41. Croquis del ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

**d. Método de aplicación**

Exceptuando el testigo relativo, los tratamientos se aplicaron con bomba de mochila directamente en los toletes cuando se encontraban ya dispuestos en los surcos de siembra, posteriormente los surcos fueron cubiertos con suelo, las dosis y microorganismos fueron los que se observan en el cuadro 42.

**e. Variables de respuesta al finalizar el ensayo**

- Número de tallos emergidos 2 semanas después de la siembra.
- Rendimiento de caña en tonelaje de caña / hectárea.
- Rendimiento de azúcar toneladas de azúcar / hectárea.
- Rentabilidad de cada tratamiento.

**B. Marcaje del diseño experimental:**

De acuerdo al croquis de la figura 41, se realizó el marcaje del ensayo en campo con estacas de bambú de 1.50 m de largo y se colocaron etiquetas que identificaron cada tratamiento en cada uno de los bloques.

### C. Materiales y equipo

Se coordinó con el personal encargado de la Finca San Miguel Mapan y personal del Departamento de Investigación Agrícola para obtener los materiales a utilizar en la implementación y desarrollo del ensayo, así como el apoyo en las distintas actividades de la ejecución del mismo.

### D. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los microorganismos benéficos se realizó en una única dosis según el cuadro 42. Los toletes de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), fueron asperjados con los productos de cada tratamiento durante la siembra. En relación al testigo relativo, los toletes fueron tratados un día antes en la planta de tratamiento de semilla del Ingenio La Unión.

### E. Toma de datos

#### a. Número de tallos emergidos

Dos semanas después de la siembra se realizó la lectura del número de tallos emergidos que se encontraban en 50 metros lineales en cada surco de cada unidad experimental para poder determinar si se tuvo efectos bio estimulantes en la emergencia. A estos resultados se les realizó análisis de varianza (ANDEVA) y al existir diferencia estadística significativa se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

#### b. Tonelaje de caña / hectárea

La cosecha, alce y transporte de cada unidad experimental se realizará en vagones separados debidamente identificados según el tratamiento al que correspondan. En el área de báscula serán pesados los vagones para obtener el tonelaje de caña por unidad experimental y se podrá calcular el tonelaje métrico de caña por hectárea utilizando la siguiente fórmula:

$$TMCH = \frac{PTT - PCyVT}{0.21 \text{ ha}}$$

Donde:

TMCH:

PTT:

PCyVT:

0.21 ha:

Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.

Peso Total en Toneladas.

Peso del Cabezal y Vagón sin caña en Toneladas.

Valor del área de cada unidad experimental.

### c. Toneladas de azúcar / hectárea

Se extraerán muestras *core sampler* para determinar el rendimiento de azúcar por hectárea en cada unidad experimental. A continuación se puede observar la fórmula empleada para el cálculo de Toneladas de Azúcar por Hectárea:

$$TAH = \frac{kg \text{ de azúcar} / TMC * TMCH}{1000 \text{ kg}}$$

Donde:

TAH: Toneladas de Azúcar por Hectárea,  
 kg de azúcar/TMC: Cantidad de azúcar obtenida en una tonelada métrica de caña.  
 TMCH: Toneladas Métricas de Caña por Hectárea.  
 1000 kg: Equivalente de kilogramos en una tonelada métrica.

### d. Rentabilidad de los tratamientos

Con base a los productos y dosis aplicados en cada tratamiento se estimaran los costos de utilización de cada uno. Respecto a los ingresos se hará una resta simple entre cada tratamiento y el testigo relativo, se determinará si existió incremento o descenso en el rendimiento de azúcar y se calculará la rentabilidad utilizando el valor promedio del azúcar en el mercado mundial al multiplicarlo por el incremento de azúcar en caso de existir y se calculará la rentabilidad de la siguiente manera:

$$Rentabilidad = \frac{BB - CA}{CA} * 100$$

Donde:

BB: Beneficio Bruto.  
 CA: Costos de Aplicación.

## F. Sistematización, análisis y emisión de resultados

Con los datos obtenidos se procederá a sistematizar la información que facilite el análisis de los resultados, para la variable número de tallos emergidos, TMCH y TAH se hará el análisis de varianza de y pruebas de medias en caso de existir diferencia significativa y a su vez se comparará con el análisis económico para poder determinar el tratamiento más rentable.

## G. Cronograma de actividades

El resumen de las actividades ejecutadas durante el periodo de tiempo de duración del servicio se presenta a continuación:

Cuadro 43. Cronograma de actividades para la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

No.	Actividad	Periodo de tiempo en semanas						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Elaboración de protocolo de investigación.	■	■					
2	Marcaje del diseño experimental en campo.		■					
3	Coordinación de materiales y equipo.		■	■	■	■		
4	Aplicación de los tratamientos durante la siembra.				■			
5	Lectura de densidad de tallos.							■

### 3.4.3. Resultados y discusión

El ensayo para evaluar microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) durante el tratamiento de semilla de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan cuenta con la duración aproximada de 12 meses, sobrepasando el periodo del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía, debido a esto el servicio fue basado en el diseño e implementación, a su vez, se realizó la lectura de una de las variables de respuesta de la cual los resultados son presentados a continuación conjunto a las actividades que se llevaron a cabo durante el presente servicio.



Figura 42. Siembra de caña de azúcar en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

La siembra fue realizada semi mecanizada, ya que una persona va depositando toletes de semilla en los surcos mientras va siendo jalado en un carretón por un tractor, a su vez, en caso de existir espacios vacíos de siembra en los surcos, se depositaban toletes en ellos como se puede observar en la figura 42.

Al encontrarse dispuesta la semilla de caña de azúcar en los surcos, se realizó la aplicación de microorganismos en cada tratamiento con bombas de mochila de acuerdo a metodología descrita como se puede observar a continuación.



Figura 43. Aplicación de microorganismos en ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.



Figura 44. Tapado mecanizado de surcos del ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.



Al haber sido aplicados los tratamientos, se procedió a realizar el tapado de los surcos de manera mecanizada.

Al finalizar el tapado de los surcos de todas las unidades experimentales, se regó para estimular la germinación de la semilla. Dos semanas después de la siembra se realizó la lectura de densidad de tallos con la cual se pudo verificar la emergencia de tallos por lo que se concluye en que el servicio fue ejecutado y finalizado exitosamente ya que el ensayo fue diseñado e implementado correctamente.



Figura 45. Emergencia de tallos de caña de azúcar posterior a la siembra en la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

La lectura de tallos emergidos se realizó dos semanas después de la siembra de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Se realizó el conteo de tallos emergidos en muestras de 50 metros lineales de cada surco de cada unidad experimental, obteniendo un promedio para cada bloque. Los resultados de esta actividad se pueden observar en el cuadro 44:

Cuadro 44. Resultados de la lectura realizada de tallos emergidos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan.

#	Tratamiento	Numero de tallos emergidos a las 2 semanas posterior a la siembra				Sumatoria	Promedio
		I	II	III	IV		
1	Testigo relativo	61.58	45.67	46.33	41.42	195.00	48.75
2	( <i>Bacillus subtilis</i> )	53.67	47.92	44.42	54.33	200.33	50.08
3	( <i>Trichoderma harzianum</i> ) ( <i>Paecilomyces lilacinus</i> ) ( <i>Penicillium janthinellum</i> )	52.67	47.42	52.92	56.83	209.83	52.46
4	( <i>Trichoderma asperellum</i> )	62.33	58.42	53.17	55.42	229.33	57.33
5	( <i>Bacillus methylotrophicus</i> )	62.58	64.67	62.92	62.50	252.67	63.17

Los resultados sobre tallos emergidos del cuadro 44 fueron procesados estadísticamente con el análisis de varianza (ANDEVA), pudiéndose observar el en cuadro 45.

Cuadro 45: Análisis de varianza de los resultados de lectura de tallos emergidos en el ensayo de evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión.

	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada	
					5%	1%
<b>Bloques</b>	3	129.77	43.26	1.94 <sup>NS</sup>	3.49	5.95
<b>Tratamientos</b>	4	559.11	139.78	6.28 <sup>**</sup>	3.26	5.41
<b>Error</b>	12	266.88	22.24			
<b>Total</b>	19	955.75				
** alta significancia estadística						
<sup>NS</sup> no existe significancia estadística						
	<b>CV</b>	8.68				

Entre bloques no se presentó diferencia estadística, en cuanto a los tratamientos se puede visualizar que existió alta significancia estadística entre ellos, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para determinar los grupos correspondientes que se encuentran en el cuadro 46.

Cuadro 46. Prueba de medias de Tukey de la lectura de tallos emergidos en la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión.

#	Tratamiento	Media	Grupo	
5	Testigo relativo	63.17	a	
4	( <i>Bacillus subtilis</i> )	57.33	a	
3	( <i>Trichoderma harzianum</i> ) ( <i>Paecilomyces lilacinus</i> ) ( <i>Penicillium janthinellum</i> )	52.46		b
2	( <i>Trichoderma asperellum</i> )	50.08		b
1	( <i>Bacillus methylotrophicus</i> )	48.75		b
		<b>DSH</b>	10.63	

El testigo relativo que fue aplicado mediante tratamiento hidro-térmico y químico tal como fue expuesto en la metodología del presente servicio, conjunto al tratamiento en el que se aplicó (*Bacillus subtilis*), se posicionan en el grupo dominante y con mejores resultados en la evaluación de microorganismos en la Finca San Miguel Mapan. En el grupo b se encuentran los tres tratamientos restantes, como se puede observar en el cuadro 46. Por lo tanto, para las áreas con condiciones similares a las del ensayo, hablese de tipo de suelo, clima, topografía, fecha de siembra, entre otros factores; se recomienda que se mantenga la práctica que actualmente se realiza mediante el tratamiento

químico e hidro-térmico de la semilla de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mientras se realizan otras pruebas con la aplicación de (*Bacillus subtilis*) en semilla que será utilizada en áreas con distintas condiciones a las de la Finca San Miguel Mapan, con distintas dosis, otras variedades, e incluso, experimentando la combinación con otros productos con los cuales sea viable la mezcla.

#### **3.4.4. Evaluación**

El servicio fue ejecutado en la parte del diseño e implementación del ensayo, la parte de mantenimiento es parte del manejo comercial que se trabaja en la Finca San Miguel Mapan y en relación a los resultados de las variables de respuesta, la lectura de tallos emergidos dos semanas posterior a la siembra del cultivo, se realizó acorde a la metodología establecida, siendo analizados y presentados los resultados en el presente documento, en cuanto a las otras variables de respuesta serán analizados por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión durante la zafra 2020-2021. Por lo tanto, el servicio Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante el tratamiento de semilla de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, se considera que fue ejecutado y finalizado con éxito como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía.

### **3.5. SERVICIO CUATRO: Estimación de la inversión de los costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética de Ingenio La Unión para producción de semilla y para incorporación al suelo**

#### **3.5.1. Objetivos**

##### **A. General**

Determinar el costo del establecimiento y producción del cultivo de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.

##### **B. Específicos**

- a. Elaborar los costos económicos del establecimiento y producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) para ser incorporada como materia verde a los suelos del Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.

- b. Elaborar los costos económicos del establecimiento y producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) para producción de semilla en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.

### **3.5.2. Metodología**

Al haberse establecido el cultivo de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión por parte del Departamento de Investigación Agrícola, con base a registros, experiencia y conocimiento del personal de esta misma área, se pudieron estimar los costos de producción de cultivo en mención, tanto para fijación de nitrógeno e incorporación al suelo en materia verde, como para la producción y obtención de semilla para los siguientes ciclos del cultivo. Esto se consiguió a través de los siguientes pasos metodológicos.

#### **A. Revisión de literatura y registros**

Se indagó en documentos y registros que contienen información económica y productiva del cultivo de la crotalaria en el Banco de Semilla Genética del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio La Unión.

#### **B. Realización de entrevistas**

Se llevaron a cabo entrevistas a través de charlas cotidianas con personal que labora en el Banco de Semilla Genética del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio La Unión con la finalidad de obtener información a través de las experiencias que han vivido en la producción del cultivo de crotalaria.

#### **C. Análisis de información**

Con la información obtenida por medio de la revisión de literatura y registros y la realización de entrevistas, se procedió al análisis de la misma con el objetivo de poder clasificar la información, lo que permitió un procesamiento más ordenado y fidedigno.

#### **D. Sistematización y procesamiento de la información**

La información previamente obtenida y clasificada respecto a la producción de crotalaria en el Banco de Semilla Genética de Ingenio La Unión fue sistematizada y procesada como se ve reflejada en los resultados de este documento.

### 3.5.3. Resultados

Para los costos de establecimiento y producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) con el fin de incorporación del follaje al suelo se tomaron en cuenta los factores costo de semilla, jornales para la siembra, y el control manual de malezas, los cuales se ordenan en el siguiente cuadro considerando el costo por hectárea.

Cuadro 47. Costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) para incorporación al suelo en el Banco de Semilla del Ingenio La Unión.

#	Concepto	Costo individual (GTQ)	Unidad de medida	Cantidad/ha	Total/ha (GTQ)	Total/ha (US\$) <sup>1</sup>
1	Jornal para siembra	153.63	Jornal	6	921.78	119.87
2	Semilla de crotalaria	88.00	Kilogramo	20	1760	228.87
3	Jornal para control manual de malezas	153.63	Jornal	10	1536.3	199.78
<b>Total</b>					4218.08	548.51

<sup>1</sup> Tasa de cambio de referencia US\$.1.00 = GTQ.7.69 promedio para el primer semestre de 2020 según el Banco de Guatemala.

En este caso no se consideran los costos por incorporación al suelo ya que esta será una actividad incluida en la preparación de suelo para siembra de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el siguiente ciclo de cultivo.

En cuanto a los costos de establecimiento y producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) con el fin de producción de semilla se consideran los factores costo de semilla, costos del control manual de malezas, jornales para la siembra, semilla de crotalaria, jornales para cortar, jornales para amarrar, y jornales para aporrear como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 48. Costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) para producción de semilla en el Banco de Semilla del Ingenio La Unión.

#	Concepto	Costo individual (GTQ)	Unidad de medida	Cantidad/ha	Total/ha (GTQ)	Total/ha (US\$) <sup>1</sup>
1	Jornal para siembra	153.63	Jornal	2	307.26	39.96
2	Semilla de crotalaria	88.00	Kilogramo	22.5	1980.00	257.48

#	Concepto	Costo individual (GTQ)	Unidad de medida	Cantidad/ha	Total/ha (GTQ)	Total/ha (US\$) <sup>1</sup>
3	Jornal para control manual de malezas	153.63	Jornal	10	1536.30	199.78
4	Jornal para cortar	153.63	Jornal	10	1536.30	199.78
5	Jornal para amarrar	153.63	Jornal	5	768.15	99.89
6	Jornal para aporrear	153.63	Jornal	12	1843.56	239.73
<b>Total</b>					7971.57	1036.62

La siembra e incorporación de crotalaria en los suelos del Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión ha sido fundamental puesto que permite la rotación de cultivos y por consiguiente, la recuperación de los mismos.

#### 3.5.4. Evaluación

El cultivo de la fabácea (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión se realiza con el fin de recuperar los suelos a través de la fijación de nitrógeno y la incorporación del follaje al suelo, de igual forma, se siembra para la obtención de semilla. Por lo tanto, se pudieron establecer los costos de producción de este cultivo para ambas mecánicas de siembra a través de la definición de actividades llevadas a cabo en función del objetivo final.

#### 3.5.5. Referencias

Aquino, A. 15 oct. 2020. Cultivo de crotalaria en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión, Escuintla, Guatemala. Ingenio La Unión.

\_\_\_\_\_. 27 feb. 2020. Crotalaria como recuperador de suelos en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión, Escuintla, Guatemala. Ingenio La Unión.

Departamento de Investigación Agrícola. 2020. Costos del Banco de Semilla Genética (unidad de disco duro Escuintla, Guatemala. Base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola de Ingenio La Unión.

#### 3.5.6. Anexos

Se pueden observar algunas de las actividades realizadas durante el cultivo de (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión:



Figura 46. Siembra de (*Crotalaria juncea*) para incorporación al suelo en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.



Figura 47. Cultivo de (*Crotalaria juncea*) en fase vegetativa en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.



Figura 48. Cultivo de (*Crotalaria juncea*) al momento del aporreo en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión.



Figura 49. Semilla de crotalaria (*Crotalaria juncea*).



### 3.6. Conclusión

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA- en el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio La Unión realizado de febrero a noviembre de 2020, se ejecutó los 4 servicios descritos anteriormente mediante actividades en campo y trabajo en gabinete. Los servicios se cumplieron con la planificación inicial, derivado de ello, se estableció y se analizaron los resultados de una investigación, dos investigaciones más fueron diseñadas e implementadas, dentro del diseño se estableció la metodología para la toma de datos y el análisis de los resultados que se obtengan de ellas. Por último, se estimaron los costos de inversión para la producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión con base a documentación almacenada en la base de datos interna del Departamento de Investigación Agrícola y comunicación personal con colaboradores del mismo. Los costos se establecieron en función del objetivo de incluirla en la planificación de rotación de cultivos en las unidades productivas mediante la incorporación del follaje al suelo, y también la siembra de esta fabácea para la producción de semilla.

### 3.7. Recomendaciones

- 1) Evaluar dosis de oxima ciclohexanodiona clethodim en la destrucción de cepa de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en otras ubicaciones geográficas, lo que permita determinar el comportamiento del cultivo bajo la aplicación del ingrediente activo en mención en función de encontrarse en otras condiciones y la vigorosidad de las cepas.
- 2) En cuanto al segundo y tercer servicio presentados en el presente documento: 2. Evaluación de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CG02-163 en la Finca Peralta, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, y 3. Evaluación de microorganismos para control de plagas, enfermedades del suelo, nematodos y efecto bio-estimulante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante la siembra de la variedad CG12-116 en la Finca San Miguel Mapan, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, se dejan descritas las actividades pendientes de realizar para finalizar los ensayos en cuanto a la toma de datos y procesamiento de los mismos, por lo tanto, se recomienda continuar con el proceso para concluir satisfactoriamente las investigaciones.

- 3) Para los costos de producción de crotalaria (*Crotalaria juncea*) en el Banco de Semilla Genética del Ingenio La Unión, se recomienda actualizar constantemente cada uno de los valores en función de la variación que se presente para cada uno de ellos, lo cual permita obtener información válida y certera en todo momento para estar en la posibilidad de realizar análisis correctos y tomas de decisión respaldadas en dicha información.



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ**  
**-CUSACQ-**



Santa Cruz del Quiché, 26 de noviembre de 2020

Honorable Consejo Académico  
Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-  
Presente,

Honorables miembros:

Atentamente me dirijo a ustedes con el propósito de informarles respecto al desarrollo del Trabajo de Graduación del estudiante: Abner Josué Urizar Quiñonez, de Código Único de Identificación (CUI): 2977 06489 1401 y Registro Académico No. 201541022, titulado: "EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUÍMICOS PARA INDUCIR LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN, SIPACATE, ESCUINTLA, GUATEMALA"

Hago de su conocimiento que luego de evaluar el contenido del documento, de acuerdo a los lineamientos de la carrera de Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Quiché -CUSACQ- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, brindo dictamen favorable al contenido presentado por el estudiante, que según mi criterio cumple con los requisitos establecidos previos al Examen Público de Graduación.

Atentamente:

*Enrique Antonio Cor Silvestre*  
Ing. M. Sc. Colegiado 1,958

Ing. Agr. Enrique Antonio Cor Silvestre  
Supervisor/Asesor del EP  
Colegiado 1,958



Santa Cruz del Quiché, 04 de enero de 2021

Honorable Consejo Académico  
 Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-  
 Presente,

Respetables miembros:

De la manera más atenta y respetuosa nos dirigimos a ustedes deseándoles toda clase de éxitos en tan ardua labor que desempeñan.

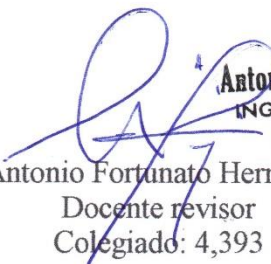
El motivo de la presente es para informarles respecto al Trabajo de Graduación del estudiante: Abner Josué Urizar Quiñonez, de Código Único de Identificación (CUI): 2977 06489 1401 y de Registro Académico No. 201541022, titulado: "EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUÍMICOS PARA INDUCIR LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN, SIPACATE, ESCUINTLA, GUATEMALA."

Hacemos de su conocimiento que el documento mencionado anteriormente, como parte del proceso del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA-, fue revisado por cada uno de nosotros y en su momento se indicaron las respectivas correcciones para mejora, mismas que fueron realizadas por el estudiante de forma satisfactoria. Por lo que según nuestro criterio cumple con los requisitos establecidos y brindamos el dictamen favorable para ser sometido a Examen Público.

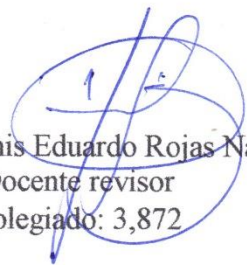
Atentamente,

  
**Guillermo Beltrán A.**  
 INGENIERO AGRÓNOMO  
 COLEGIADO 2,870

Ing. Agr. Higinio Guillermo Beltrán Ambrocio  
 Docente revisor  
 Colegiado: 2,870

  
**Antonio F. Hernández López**  
 INGENIERO AGRÓNOMO  
 Colegiado 4393

Ing. Agr. Antonio Fortunato Hernández López  
 Docente revisor  
 Colegiado: 4,393



Ing. Agr. Dennis Eduardo Rojas Natareno  
 Docente revisor  
 Colegiado: 3,872

Santa Cruz del Quiché 15 de enero de 2021

Honorable Consejo Académico  
Centro Universitario de Quiché – CUSACQ -  
Presente

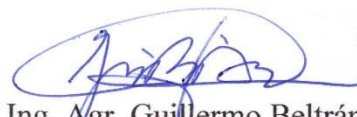
Honorable miembros:

Atentamente me dirijo a ustedes con el propósito de informarles respecto al desarrollo del Trabajo de Graduación del estudiante: ABNER JOSUÉ URIZAR QUIÑONEZ, con carné No. 201541022, y sobre las actividades generales del EPSA que esta área coordina.

Después de revisar toda su documentación presentada que van desde el cierre de pensum hasta la parte final del EPSA, donde dicho alumno demuestra haber solventado todo lo necesario para que se pueda graduar o someterse a su examen final público.

Por lo tanto se Dictamina favorablemente a favor del estudiante y según mi criterio, cumple con los requisitos establecidos para sustentar dicho examen.

Atentamente,



Ing. Agr. Guillermo Beltrán A.  
Coordinador del Área Integrada  
Tel. 5979-1744

*Guillermo Beltrán A.*  
INGENIERO AGRÓNOMO  
COLEGIADO 2,870

cc. Archivo



Oficio. No. 008-2021 IASPA

Ref. SRGM

Santa Cruz del Quiche 17 de marzo 2021

Estudiante.

Abner Josué Urizar Quiñonez.

Centro Universitario de Quiché. CUSACQ.

Por este medio, me permito informarle que ha sido revisado el trabajo de graduación, nombrado **“EVALUACION DE CUATRO TRATAMIENTOS DE AGROQUIMICOS PARA INDUCIR LA MADURACIÓN ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CG02-163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO LA UNIÓN. SIPACATE, ESCUINTLA, GUATEMALA”**, el cual ha llenado los procesos de revisión de forma y estilo, por tal motivo se le da el **“IMPRIMASE”**, para que pueda ser reproducido y entregado a las instancias correspondientes, para cumplir con los requisitos, previos al Examen Publico de Graduación, para optar al título con grado de Licenciatura, de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

Sin otro particular.

  
Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano  
Coordinador de Agronomía  
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ.





Vo.Bo. M.A. Esteban Enrique Barreno  
Vicente  
Coordinador Académico  
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ.



**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



NO. 01-2021

Trabajo de Graduación:

**“EVALUACION DE CUATRO  
TRATAMIENTOS DE AGROQUIMICOS  
PARA INDUCIR LA MADURACIÓN  
ARTIFICIAL EN CAÑA DE AZUCAR  
(*Saccharum spp.*) VARIEDAD CG02-  
163 EN LA FINCA VIRGINIA, INGENIO  
LA UNIÓN. SIPACATE, ESCUINTLA,  
GUATEMALA”.**

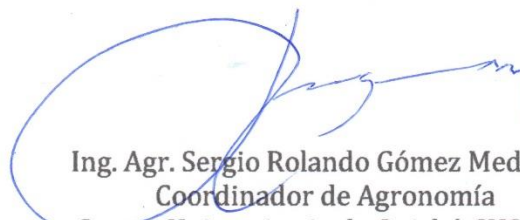
Estudiante:

**Abner Josué Urizar Quiñonez**

Carné:

**2015 41022**

**“IMPRIMASE”**

  
Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano  
Coordinador de Agronomía  
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ

