

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a crown on top, flanked by two lions. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin text "UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA AGRICULTURA ET MEXICANA".

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

RAFAEL HUMBERTO PACHECO ORELLANA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

RAFAEL HUMBERTO PACHECO ORELLANA

Al conferírsele el título de

INGEIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, OCTUBRE, 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Córdón
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	M.Sc. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Secretario:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Vocal:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña
Ing. Agr. Servio Darío Villeda Morataya

Chiquimula, 26 de octubre de 2018

Señores

Miembros de Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala Chiquimula

Honorable miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado "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".

El cual presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Rafael Humberto Pacheco Orellana

200940818



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
PROGRAMA DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN
CARRERA AGRONOMIA



REF-PTG- JAUD-06-2018
Chiquimula, agosto de 2018

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Rafael Humberto Pacheco Orellana carné: 200940818, en el trabajo de investigación denominado **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**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. José Angel Urzúa Duarte
Asesor Principal



cc. Archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **RAFAEL HUMBERTO PACHECO ORELLANA** titulado "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", trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintiséis de octubre de dos mil dieciocho.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por ser siempre quien me ha guiado por el camino verdadero para ser un hombre de bien, por permitirme culminar este logro, por guiar mis pasos e iluminar mi vida.

MIS PADRES

Rafael Pacheco Ceballos y Lorena Orellana Cordón, por su amor incondicional, confianza, esfuerzo y apoyo en mi formación personal y académica. Gracias padre por ese ejemplo de un hombre trabajador, honesto y entregado a su familia. Gracias madre por ese amor infinito y darme la fuerza para culminar mi carrera los amo.

MIS HERMANAS

Lorena Elizabeth, María Fernanda y Sofía Alejandra, por ser mi apoyo y mis amigas, son un ejemplo a seguir, las amo y les agradezco por ser parte de mi formación personal y profesional.

MIS ABUELOS

Rafael Pacheco, María del Carmen Ceballos, Miguel Enrique Orellana (QEPD) y Melba Cordón (QEPD), gracias por todo su cariño y por el legado de trabajo arduo y honesto.

MI FAMILIA

A mis tíos, tías, primos y primas gracias por todos los momentos compartidos, por estar presentes en el proceso de mi formación como profesional y siempre brindarme una mano cuando lo necesité.

AMIGOS

Por compartir muchos momentos pero en especial a: Tavito, Miguel, Hugo, Byron, José Carlo, Ilonka y Claudia les agradezco por su sincera amistad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

Por ser la luz de mi vida.

GUATEMALA

Mi Patria.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudios, alma mater.

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

Por los conocimientos y formación académica.

CATEDRÁTICOS

Por todo el apoyo brindado durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Ing. Agr. José Ángel Urzúa y al Ing. Agr. Edgar Rolando Solares, por su supervisión profesional en la ejecución del presente documento, el apoyo y la paciencia. Mi respeto y admiración.

INGENIO MAGDALENA

Por brindarme la oportunidad y el apoyo durante el ejercicio profesional supervisado y la realización de esta evaluación.

Al personal del departamento de investigación agrícola del ingenio Ing. Luis Tuchan, Ing. Werner Cruz, Fernando Ramos, Ing. Carlos Mazariegos, Inga. Julia Blanco, Carlos Cermeño, Geovany Zuleta, Elmer Zuleta, Byron García, Francisco García y demás compañeros, por su apoyo y recomendaciones en la elaboración de ésta evaluación y todos los aportes en mi etapa como estudiante. Muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Justificación	3
2.3 Definición y delimitación del problema	3
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Características del cultivo de caña de azúcar	5
3.1.1 Clasificación taxonómica	5
3.1.2 Descripción botánica de la caña de azúcar	6
3.1.3 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar	7
3.2 Distribución geográfica y requerimientos agroecológicos del cultivo	9
3.2.1 Requerimiento de agua	9
3.2.2 Requerimiento de luz (fotoperiodo)	10
3.2.3 Requerimiento de temperatura	10
3.2.4 Requerimientos edáficos o de suelos	10
3.3 Manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar	11
3.3.1 Variedades	11
3.3.2 Siembra	12
3.3.3 Fertilización	12
3.3.4 Maduración	12
3.3.5 Cosecha	16
IV. MARCO REFERENCIAL	17
4.1 Descripción y caracterización del área de la finca Morenas Fernández	17
4.1.1 Ubicación del área	17

4.1.2	Características biofísicas del área	17
4.1.3	Recurso humano e infraestructura del área	18
4.2	Descripción y caracterización de los materiales a utilizar	18
4.2.1	Variedad SP 79-1287	18
4.2.2	Moddus 25 EC®	18
4.2.3	Roundup 35.6 SL®	19
4.2.4	Complexato de Potasio®	19
4.3	Características del potasio en el cultivo de caña de azúcar	19
V.	MARCO METODOLÓGICO	20
5.1	Objetivos	20
5.1.1	General	20
5.1.2	Específicos	20
5.2	Hipótesis	21
5.3	Variables Respuesta	21
5.3.1	Toneladas de caña por hectárea (TCH):	21
5.3.2	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	21
5.3.3	Espacios vacíos (EV):	21
5.3.4	Tasa mínima de retorno (TMR): Se utiliza como un indicador para ver la rentabilidad de un proyecto.	21
5.4	Descripción de la metodología	21
5.4.1	Diseño experimental	22
5.4.2	Modelo estadístico	22
5.4.3	Descripción de los tratamientos	23
5.4.4	Unidad experimental	23
5.4.5	Parcela bruta	23
5.4.6	Croquis de campo o diseño de investigación	24
5.5	Manejo del experimento	24

5.5.1	Trazado de parcelas	24
5.5.2	Aplicación	25
5.5.3	Muestreo pre-cosecha	25
5.5.4	Cosecha	25
5.5.5	Muestreos espacios vacíos	26
5.6	Análisis de los datos	26
5.7	Análisis financiero	26
VI.	RESULTADOS	27
6.1	Rendimiento de TCH y TAH	27
6.1.1	Toneladas de caña por hectárea	27
6.1.2	Toneladas de azúcar por hectárea	29
6.2	Espacios vacíos	31
6.3	Análisis económico	34
VII.	CONCLUSIONES	37
VIII.	RECOMENDACIONES	38
IX.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	39
	ANEXOS	42

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Descripción de los tratamientos.	23
2.	Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable TCH.	27
3.	Prueba de medias DGC para la variable TCH.	28
4.	Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable TAH.	30
5.	Prueba de medias DGC para la variable TAH.	30
6.	Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable %EV.	32
7.	Prueba de medias DGC para la variable %EV.	32
8.	Cálculo de los costos variables de los tratamientos.	34
9.	Rendimientos ajustados y beneficio bruto agrícola.	35
10.	Análisis de dominancia entre tratamientos.	35
11.	Cálculo de la tasa marginal de retorno.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.	9
2.	Porcentaje de área ocupada por variedades comerciales de caña de azúcar en Guatemala.	11
3.	Croquis de campo.	24
4.	Rendimiento TCH.	28
5.	Rendimiento KgAz/Tc de muestreo semanal.	29
6.	Rendimiento TAH.	31
7.	Porcentaje de espacios vacíos.	33

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y generadora de abundantes empleos en la economía guatemalteca. Sus 11 ingenios y las organizaciones que la integran contribuyen decisivamente al desarrollo de medio centenar de municipios del país y de más de medio millón de personas, con lo que se constituye en un factor determinante para el progreso de Guatemala (Robles, 2012).

En la actualidad, una de las actividades más importantes en campo para la concentración de azúcar es la aplicación de madurantes; los productos más utilizados son: sal isopropilamina de glifosato, sal monoamonio de glifosato y trinexapac-etil. La aplicación del madurante se realiza por vía aérea utilizando aeronaves de ala móvil como helicópteros o de ala fija como avionetas y aviones livianos; provistos de equipo de aspersión. El tiempo de espera entre la aplicación del madurante y la cosecha varía de 5 a 8 (hasta 10) semanas (Espinoza, 2012).

La investigación consistió en evaluar el efecto de tres dosis de complexato de potasio (tratamientos) comparado con dos testigos relativos (glifosato y trinexapac-etil) y un testigo absoluto (no aplicado); para ello se cuantificaron los componentes de rendimiento de toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH), se tomaron en cuenta los espacios vacíos del cultivo para identificar el tratamiento que presente mejor alternativa productiva y económica.

La evaluación se desarrolló en la finca Morenas Fernández, que pertenece al Ingenio Magdalena S.A., en el municipio de La Gomera, departamento de Escuintla, al Sur de Guatemala; durante el período de tiempo que corresponde de diciembre de 2016 a marzo de 2017, la cosecha se realizó el 31 de marzo del 2017 que corresponde al tercer tercio de la zafra 16-17.

En los resultados de rendimiento de toneladas de caña y toneladas de azúcar por hectárea, el tratamiento aplicado con complexato de potasio a tres litros por hectárea tiene una mayor respuesta en comparación con los otros tratamientos.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

Desde hace uno años la producción de azúcar de Guatemala ha tomado más importancia, debido a que en las cosechas recientes ha alcanzado los niveles de producción récord, este hecho representa beneficios económicos significativos para el país, especialmente, por la generación de divisas y por la cantidad de empleos que ésta industria provee. La Agroindustria de Azúcar de Guatemala está constituida por los ingenios activos, ubicados en la costa del Océano Pacífico, al sur del país (Robles, 2012).

El azúcar de Guatemala por su calidad, se posiciona en los mercados de América Latina y el Caribe como el segundo mayor exportador y el cuarto productor. A nivel mundial es el cuarto exportador y tercer productor por área esto gracias a los avances que se han logrado en investigación y desarrollo del cultivo (Robles, 2012).

En la actualidad, el cultivo de la caña de azúcar está en proceso continuo de mejoramiento tecnológico, entre éstas tecnologías está el uso de madurantes, en la etapa de maduración la planta de caña disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. En muchos países productores de caña se utiliza la maduración artificial, que consiste en proporcionar al cultivo ciertas condiciones para inducir su maduración, cuando éstas no se dan naturalmente, como, la reducción en la humedad del suelo, oscilaciones en la temperatura y con productos como sal isopropilamina de glifosato, sal monoamonio de glifosato entre otras (Deuber, 1998).

En Guatemala la aplicación de madurantes permite la mayor acumulación de sacarosa conforme avanza el período de cosecha, se obtienen valores mayores de concentración de sacarosa en los tallos y se obtiene una mejor acumulación. En términos generales, la aplicación de maduradores forma parte de la estrategia de cosecha para inducir incrementos en la recuperación de azúcar. Los resultados indican que la aplicación de maduradores ayuda a anticipar la maduración de la planta, mejorando la concentración de sacarosa (Villegas, 2003).

2.2 Justificación

Esta investigación tiene la finalidad de encontrar nuevas alternativas que disminuyan el uso de madurantes herbicidas, tal como se realiza en la actualidad con la evaluación de productos no herbicidas como el complexato de potasio, los cuales pueden contribuir a disminuir el impacto al medio ambiente y daños en el rebrote en el cultivo de caña de azúcar.

La metodología se basó en identificar la mejor dosis de complexato de potasio para incrementar los rendimientos de toneladas caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH) tomando en cuenta el estado del cañal, espacios vacíos, luego de la cosecha para determinar cuál de los tratamientos afecta menos.

Los beneficios directos son encontrar un madurante que disminuya el impacto ambiental y en el propio cultivo al momento del rebrote que causan los productos utilizados en la actualidad, esto ayudará a solucionar uno de los problemas que enfrenta la industria cañera guatemalteca y ayuda a mejorar los parámetros agronómicos y tecnológicos del cultivo.

Por lo anterior se considera de importancia la realización de la evaluación de tres dosis de complexato de potasio como madurante no herbicida en el cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*), en finca Morenas Fernández del Ingenio Magdalena en el municipio de La Gomera, Escuintla, esperando como resultado la obtención de información que ayude mejorar el rendimiento de este cultivo con el uso de madurantes no herbicidas.

2.3 Definición y delimitación del problema

Madurantes a base de Glifosato, suelen presentar efectos secundarios sobre el rebrote de la caña de azúcar en algunas variedades de importancia principalmente, cuando las

dosis son altas hay derivas y/o efectos de inversión térmica o traslapes, siendo éste uno de los principales problemas (Espinoza y Corado, 2011).

Problemas de deriva del madurante a cultivos vecinos en aplicaciones y daños al medio ambiente hace necesario que se busquen nuevas alternativas que disminuyan el uso de aplicaciones de madurantes herbicidas tal como se realiza en la actualidad, el uso de madurantes no herbicidas, son una alternativa para sustituir al glifosato y así evitar restricciones de uso de azúcar de algunos compradores.

La realización de esta evaluación se llevó a cabo en el área productiva del Ingenio Magdalena, ubicada en la zona de Litoral dentro del municipio de La Gomera, Escuintla. El área seleccionada para la realización de esta evaluación reunió las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, pudiendo replicar los resultados de esta investigación en áreas con características similares.

La investigación tuvo una temporalidad de cuatro meses comprendidos de diciembre de 2016 a marzo de 2017, incluyendo desde el establecimiento de la evaluación hasta la cosecha del mismo. Resaltar que el establecimiento de esta investigación coinciden en tiempo con la época de aplicación de madurantes.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Características del cultivo de caña de azúcar

3.1.1 Clasificación taxonómica

La caña es un cultivo de zonas tropicales o subtropicales del mundo. Requiere agua y suelos adecuados para crecer bien. Es una planta que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2% de conversión de la energía incidente en biomasa. Un cultivo eficiente puede producir 100 a 150 toneladas de caña por hectárea por año (con 14% a 17% de sacarosa, 14% a 16% de fibra y 2% de otros productos solubles) (Melgar *et al*, 2012).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	<i>Saccharum</i>
Especie:	<i>S. officinarum</i>

3.1.2 Descripción botánica de la caña de azúcar

Es una planta de crecimiento perenne el sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo que absorbe agua y sales minerales, proporcionar anclaje y almacenar materiales de reserva (Subirós, 1995).

El tallo es el órgano de mayor importancia (desde el punto de vista económico), debido a que en él se almacenan los carbohidratos productos de las fotosíntesis de las plantas. Posteriormente por medio del proceso industrial se obtiene la sacarosa y otros derivados como la melaza, bagazo y cachaza. Los tallos están formados por nudos y entrenudos, el olor depende de la variedad (Subirós, 1995).

Los nudos se definen como la parte del tallo donde nace la hoja y está formado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, la yema y el anillo ceroso (Subirós, 1995).

El entrenudo es el espacio comprendido entre dos nudos. El diámetro y la longitud están asociados con la variedad, pero los factores externos pueden tener mucha influencia, especialmente en la longitud (Subirós, 1995).

Las yemas se encuentran en la banda radical. En la yema se distinguen el perfilo, que es la primera hoja; el poro germinativo, por donde emergerá el tallo en el momento de germinar la yema; sus características dependen de la variedad y son de gran utilidad taxonómica (Subirós, 1995)

Las hojas brotan de los nudos de forma alterna, formando dos hileras opuestas en el mismo plano; estas son alargadas con bordes ligeramente dentados, con una longitud de 0.90 a 1.50 metros y un ancho de 0.05 a 0.10 m. Cada hoja está constituida por la lámina y la vaina, denominándose a la parte que une a ambas lígula o cuello de la hoja. El color de la vaina, ancho, contenido o no de pubescencia y turgencia, es determinante para la identificación de variedades (Buenaventura, 1986).

Saravia (1990), indica que la inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula de aspecto sedoso, formada por un eje principal, al cual en pares están insertadas las espiguillas, la flor es hermafrodita con tres estambres y un ovario con dos estigmas.

La floración de la caña de azúcar es un factor que limita el crecimiento y tonelaje en los campos, ya que disminuye el contenido de sacarosa y aumenta el porcentaje de fibra. La floración ocurre cuando se presentan condiciones ambientales tales como fotoperiodo (días luz), temperatura y humedad adecuados, varían la intensidad de floración de acuerdo a la variedad (Buenaventura, 1986).

La maduración de la caña de azúcar se define como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta. Se describe este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados. Esta última etapa depende de factores nutricionales y ambientales (Dávila *et al*, 1995).

3.1.3 Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento, que son la fase de germinación y macollamiento, la fase de elongación I, la fase de elongación II y la fase de maduración (Melgar *et al*, 2012).

La fase de germinación se extiende desde el trasplante hasta la completa germinación de las yemas. Bajo condiciones de campo la germinación comienza a los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días (Melgar *et al*, 2012).

En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas. La germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación

del suelo y los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional (Melgar *et al*, 2012).

La fase de macollamiento comienza alrededor de los 40 días después de la plantación y puede extenderse hasta los 120 días se da el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario le da al cultivo un número adecuado de tallos, que permitan obtener un buen rendimiento (Melgar *et al*, 2012).

Diversos factores, tales como la variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan esta etapa. La luz es el factor externo más importante la incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta de caña durante este período es de vital importancia, se forman tallos más gruesos y pesados. Los retoños formados más tarde en la temporada mueren o se quedan cortos o inmaduros (Melgar *et al*, 2012).

A los 90-120 días después de la plantación se alcanza la población máxima de retoños Y a los 150-180 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos (Melgar *et al*, 2012).

La fase de elongación comienza a los 120 días después de la plantación y se extiende hasta los 270 días, en un cultivo de 12 meses de duración. Durante la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños. De todos los retoños formados sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar cañas triturables (Melgar *et al*, 2012).

Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la caña y su rendimiento. Bajo condiciones favorables los tallos crecen rápidamente, formando de 3-4 entrenudos por mes (Melgar *et al*, 2012).

La fase de maduración en un cultivo de 12 meses dura cerca de 3 meses, comenzando a los 270 -360 días. Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar, con una rápida acumulación de azúcar y el crecimiento vegetativo disminuye. A medida que avanza la

maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) son convertidos en azúcar de caña (sacarosa, que es disacárido). La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta (Melgar *et al*, 2012).

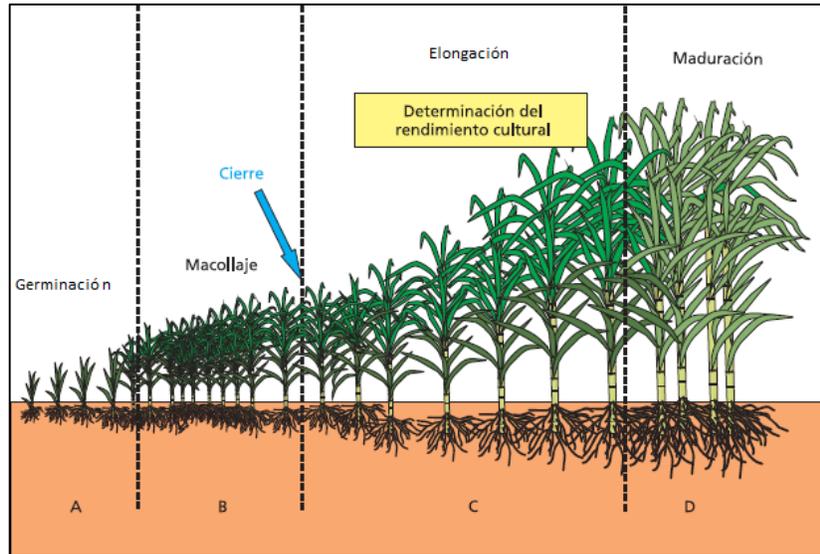


Figura 1. Etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar

3.2 Distribución geográfica y requerimientos agroecológicos del cultivo

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 91°50'00" - 90°10'00" Longitud Oeste y 14°33'00" - 13°50'00" Latitud Norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y actualmente se está expandiendo hacia el departamento de Jutiapa (Melgar *et al*, 2012).

3.2.1 Requerimiento de agua

Una precipitación total entre 1100 y 1500 mm es adecuada, siempre que la distribución de luz sea apropiada y abundante en los meses de crecimiento vegetativo, seguido de un período seco para la maduración. Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña, la elongación y la formación de entrenudos. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es

recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo, favorece el crecimiento vegetativo, la formación de cañas de agua y aumenta la humedad del tejido. Además, dificulta las operaciones de cosecha y transporte (Melgar *et al*, 2012).

3.2.2 Requerimiento de luz (fotoperiodo)

La caña de azúcar es una planta que se desarrolla bien en áreas que reciben energía solar. Por ser una planta C4 la caña de azúcar es capaz de altas tasas fotosintéticas y este proceso tiene un alto valor de saturación de luz. El cultivo es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar. Una alta intensidad y larga duración de la irradiación estimulan el crecimiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan adversamente (Melgar *et al*, 2012).

3.2.3 Requerimiento de temperatura

El crecimiento está directamente relacionado con la temperatura. La temperatura óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es 32°C a 38°C. La germinación disminuye bajo 25°C, llega a su máximo entre 30-34°C, se reduce por sobre los 35°C y se detiene cuando la temperatura sube sobre 38°C. Temperaturas sobre 38°C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña, a temperaturas mayores la sacarosa puede degradarse en fructosa y glucosa, además de estimular la fotorrespiración, que produce una menor acumulación de azúcares (Melgar *et al*, 2012).

3.2.4 Requerimientos edáficos o de suelos

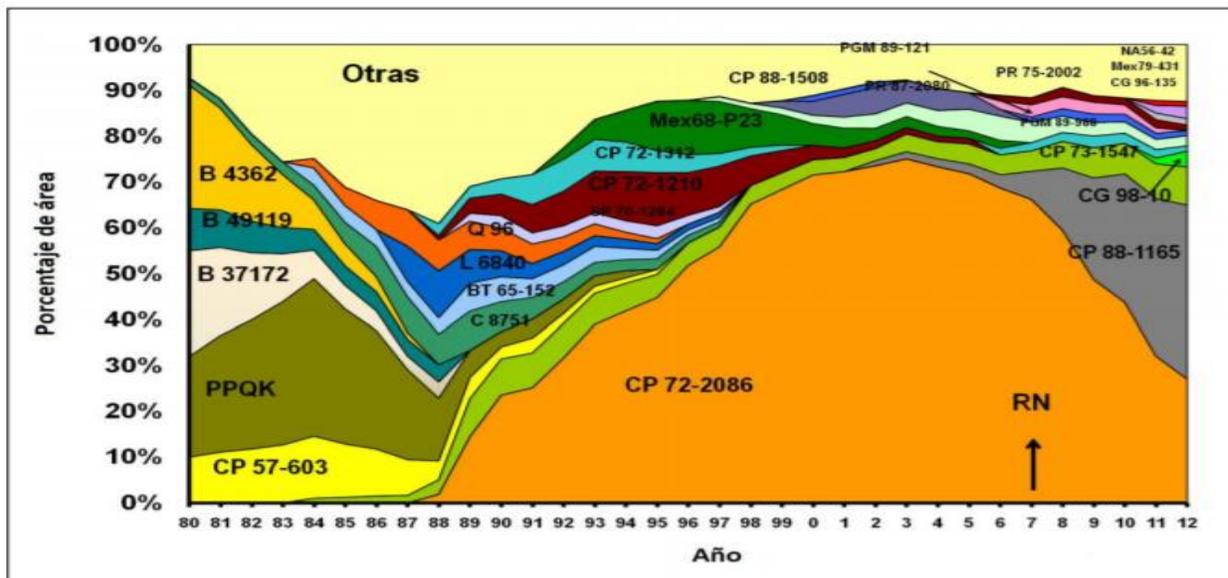
Los suelos donde se produce caña en Guatemala son de naturaleza variable. Se encuentran suelos de los órdenes Mollisoles, Andisoles, Inceptisoles y Vertisoles (Pérez, 2008). Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son: suelo bien drenado, profundo, con una densidad aparente de 1.1 a 1.2 g/cm³ (1.3 - 1.4 g/cm³

en suelos arenosos. El pH óptimo del suelo es cercano a 6.5, pero la caña de azúcar puede tolerar un rango considerable de acidez y alcalinidad del suelo. Por esta razón se cultiva caña de azúcar en suelos con pH entre 5.0 y 8.5; el encalado es necesario cuando el pH es inferior a 5.0, y la aplicación de yeso es necesaria cuando el pH sobrepasa 9.5 (Melgar *et al*, 2012).

3.3 Manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar

3.3.1 Variedades

En Guatemala, existe diversidad de materiales genéticos de caña de azúcar que se adaptan a las zonas productoras, el programa de variedades que CENGICAÑA tiene como objetivo desarrollar nuevas variedades de caña para la agroindustria azucarera guatemalteca. Estas nuevas variedades tienen como requisito alto rendimiento de azúcar por hectárea, con resistencia a las principales enfermedades, buenas características agronómicas para su manejo y con buena adaptabilidad a las diferentes condiciones de clima y suelo de la zona cañera del sur de Guatemala (Melgar *et al*, 2012).



Fuente: Orozco V., H., Rosales L., F. y Catalán, M. 2011. Censo de variedades de caña de azúcar en Guatemala de la zafra 2011-2012 y proyecciones al 2015. In Memoria Presentación de resultados de investigación Zafra 2010-11. CENGICAÑA, Guatemala.

Figura 2. Porcentaje de área ocupada por variedades comerciales de caña de azúcar en Guatemala

3.3.2 Siembra

La Caña de Azúcar se reproduce a través de esquejes. Lo más recomendable es que la siembra se realice de Este a Oeste, de forma que se logre la mayor captación de luz solar. Los tallos que se utilicen deben tener entre 6 a 9 meses de edad, provenir de cultivos sanos y cuidados; así como usar preferiblemente la parte media del tallo (esquejes con 3 yemas). Las semillas deberán ser cubiertas con 5 cm del suelo para influenciar la germinación y su temprano desarrollo (Melgar *et al*, 2012).

3.3.3 Fertilización

Por ser un cultivo grande que produce enorme cantidad de biomasa, la caña de azúcar generalmente requiere mayores cantidades de nutrientes. Muchos estudios han demostrado claramente que el N, P y K son fundamentales para obtener mayores producciones de caña y azúcar en base a una aplicación sustentable de cantidades adecuadas de fertilizantes los requerimientos va de 120 kg/ha de N, 60 kg/ha P y 80 kg/ha de K (Melgar *et al*, 2012).

3.3.4 Maduración

La maduración de la caña de azúcar se define como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta. Se describe este proceso en dos etapas: la primera incluye el engrosamiento y cese de crecimiento de los entrenudos, acompañados por un incremento de la materia seca, y la segunda está relacionada con la acumulación de la sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados. Esta última etapa depende de factores nutricionales y ambientales (Espinoza, 2012).

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, 2012).

A medida que existe mayor maduración del tallo de caña de azúcar, la acumulación de sacarosa se incrementa y los niveles de azúcares reductores (glucosa y fructosa) van disminuyendo en los entrenudos. Al inicio de la maduración de la caña de azúcar y durante el transcurso de esta, los valores mínimos de los parámetros tecnológicos deben oscilar entre 80-85 por ciento de pureza del jugo, Pol % caña entre 14.4 y 15.3 y azúcares reductores < 1 por ciento (Espinoza, 2012).

Los factores que se toman en cuenta en el rendimiento de caña de azúcar son:

- a) Grados Brix: Incluyen a los azúcares y a compuestos que no son azúcares, estos pueden ser medidos en el campo, en la misma plantación, utilizando un refractómetro manual para Brix o HR Brix. Un rango estrecho de lectura entre la parte superior de la planta y la parte del tallo indica madurez de la caña, mientras que un rango amplio indica que la caña ya está demasiado madura. Por otro lado, si la parte inferior de la caña tiene un menor valor de Brix que la parte superior, esto indica que la caña está sobremadura y que está ocurriendo reversión del azúcar (García, 2017).
- b) Sacarosa del jugo o porcentaje POL: Es el porcentaje de sacarosa del jugo es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como Porcentaje POL. Para efectos prácticos el porcentaje de sacarosa y el porcentaje POL son sinónimos (García, 2017).
- c) Peso de torta: Se refiere al peso del bagazo residuo que queda después de pasar caña picada por la prensa hidráulica (García, 2017).

- d) Pureza: Es el porcentaje de sacarosa en sólidos totales del jugo. Una pureza mayor es el resultado de un contenido más alto de sacarosa en los sólidos solubles totales presentes en el jugo (García, 2017).

- e) Rendimiento: Es la cantidad de azúcar que se extrae de una tonelada métrica de caña en kilogramos (García, 2017).

Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración de la caña de azúcar, es posible inducirla aplicando productos químicos conocidos como madurantes. 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, 2003).

Los productos maduradores más utilizados en Guatemala son herbicidas químicos no selectivos, que contienen como ingrediente activo la molécula de Glifosato. También se utilizan herbicidas selectivos graminicidas (Espinoza y Corado, 2011).

En la actualidad la aplicación de madurante es una de las actividades más importantes en la industria azucarera el uso de madurantes la mayoría de productos que se han evaluado en caña de azúcar son herbicidas específicos que se aplican de manera foliar y actúan sistémicamente. Actualmente en la agroindustria azucarera guatemalteca, diversos productos son utilizados como madurantes, destacándose principalmente Glifosato, Fluazifop-butil, Cletodim, entre otros que actualmente están ingresando al mercado (Trinexapac Etil). Estos productos son de interés, ya que poseen diferentes mecanismos de acción como aquellos que contienen nitrato de potasio, boro y otros, que son empleados con la misma finalidad y con un menor impacto sobre el cultivo (Espinoza *et al*, 2011).

Algunos efectos de la aplicación de un madurador es el incremento de la concentración de sacarosa en el jugo, siempre que se haga dentro del período adecuado establecido para cada madurador hay un desecamiento temprano del follaje (Espinoza *et al*, 2011).

Debido a las actuales restricciones de los mercados internacionales en el uso de productos herbicidas, a la deriva de madurante a cultivos vecinos y al cuidado del medio ambiente la aplicación de nuevos productos madurantes como los bioestimulantes o madurantes no herbicidas que en su mayoría son fertilizantes líquidos que ejercen funciones fisiológicas cuando son aplicados a los cultivos se vuelven en una nueva tecnología en la mejora del proceso productivo y agronómicos del cultivo. Generalmente son fertilizantes foliares de entre ellos se destacan las formulaciones a partir de aminoácidos, algunos macro y micro elementos, y las fitohormonas (Espinoza *et al*, 2011).

Algunos factores a considerar para la aplicación de los maduradores son: productividad, la aplicación de maduradores se planifica de acuerdo con la estimación de la productividad, tipo de suelo, dosis en cada época de aplicación y del área seleccionada, según las condiciones mencionadas arriba. Suelos: En suelos arenosos normalmente las dosis son menores que el promedio. Los suelos arcillosos favorecen la maduración natural y por eso se utilizan dosis menores. Humedad del suelo, se recomienda limitar el riego hacia los 30-45 días antes de la cosecha, con el fin de facilitar a la planta el transporte de azúcares hacia el tallo (Espinoza *et al*, 2011).

En el nivel comercial, las dosis de Glifosato que se utilizan en Guatemala pueden variar de acuerdo con el mes de zafra y variedad. Por ejemplo para inicios de la zafra la dosis puede oscilar entre 0.8 y 1.5 l/ha. Puede variar también de acuerdo con la biomasa esperada o estimada del área a aplicar. Cuando se aplica en un área que será renovada, la dosis del producto madurador varía entre 1.25 y 1.75 l/ha. En promedio las aplicaciones de Glifosato oscilan entre 1 y 1.40 l/ha. Para el caso de graminicidas se aplica en un rango de dosis de 0.5 a 0.8 l/ha (Espinoza *et al*, 2011).

Para obtener los resultados esperados con la aplicación de maduradores se deben tener en cuenta las características agroecológicas de cada zona, producto a aplicar, dosis y época, debido a que en Guatemala normalmente se inician las aplicaciones de maduradores con dosis mayores al promedio y a medida que se avanza en la zafra se

van reduciendo. Esto se debe a la reducción gradual del exceso de humedad, por lo cual se favorece la maduración natural (Espinoza *et al*, 2011).

3.3.5 Cosecha

La cosecha de la caña de azúcar realizada en la fase de máxima maduración, la cosecha se puede realizar de forma manual y de forma mecanizada (Melgar *et al*, 2012).

IV. MARCO REFERENCIAL

4.1 Descripción y caracterización del área de la finca Morenas Fernández

4.1.1 Ubicación del área

La finca Morenas Fernández se encuentra en el municipio de La Gomera situado en la parte sur del departamento de Escuintla. Colinda con Parcelamiento los Ángeles y con la finca Granada (Anexos 4 y 5).

4.1.2 Características biofísicas del área

a. Clima y Zona de vida

El clima de la región es cálido con temperaturas medias de 32° C. el ingenio se encuentra ubicado en una zona de vida de Bosque húmedo subtropical cálido (Bmh-S(c)), este se caracteriza por tener un mayor patrón de lluvias con precipitaciones que van de los 2,000 a los 4,000 mm, uso apropiado para agricultura intensiva (SEGEPLAN, 2010).

b. Suelos

Los suelos de la región pertenecen a los suelos del litoral del Pacífico, los cuales son suelos arenosos bien drenados de la serie de suelos Mollisoles. Suelos Mollisoles se distinguen por su buen drenaje, por su textura franca o más gruesa y por sus subsuelos cafés. El suelo superficial, a una profundidad aproximada de 35 centímetros, es franco, de café oscuro a café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor del 5 al 10%. La estructura es granular fina poco desarrollada y la reacción es neutra, pH alrededor de 7.0. (SEGEPLAN, 2010).

4.1.3 Recurso humano e infraestructura del área

a. Personal administrativo y coordinador

Las actividades son administradas y coordinadas por un Ingeniero Agrónomo, el cual está encargado del desarrollo y mantenimiento de las actividades de investigación.

b. Personal de campo

Está constituido por seis personas para la realización de actividades correspondientes al monitoreo y seguimiento de las investigaciones establecidas.

c. Infraestructura

Existe una bodega para almacenar insumos y herramientas.

4.2 Descripción y caracterización de los materiales a utilizar

4.2.1 Variedad SP 79-1287

Es una variedad con una buena población, buena altura y buen diámetro de entrenudos, hay uniformidad de tallos en la macolla y presenta poco deshoje natural con un hábito de crecimiento de tallos ligeramente inclinado y cantidad de follaje intermedio de color amarillo verdoso con manchas moradas y presencia de cera, los entrenudos están ligeramente en zigzag y su forma de crecimiento es cilíndrico, la textura es semi-lisa en la base y hay presencia de vellosidad, su porcentaje de floración es de: 40, 0 y 0% en Zona Alta , Zona Media y Zona Baja, respectivamente (CENGICAÑA, 2000).

4.2.2 Moddus 25 EC®

Es un producto sistémico que actúa como regulador del crecimiento, su ingrediente activo es el trinexapac-etil, reduciéndose con ello la altura del cultivo. Como madurante se aplica de cinco a ocho semanas antes del corte con el propósito de reducir el uso de energía en la planta con lo que se logra mayor almacenamiento de sacarosa en los tallos (Syngenta, 2017).

4.2.3 Roundup 35.6 SL®

Es un herbicida total no selectivo de amplio espectro su ingrediente activo es el glifosato. Es absorbido sistémicamente por la planta, en dosis adecuadas inhibe el crecimiento de la planta. Como madurante se aplica de cinco a ocho semanas antes del corte con el propósito de reducir el uso de energía en la planta con lo que se logra mayor almacenamiento de sacarosa en los tallos (Monsanto, 1999).

4.2.4 Complexato de Potasio®

Es un fertilizante foliar preparado en un medio orgánico que favorece una eficiente translocación de potasio dentro de la planta compuesto por 30 % de potasio y 30 % de aminoácidos utilizado en caña de azúcar como madurante no herbicida (DEQUISA, *s.f.*).

4.3 Características del potasio en el cultivo de caña de azúcar

El Potasio es requerido por la caña de azúcar en grandes cantidades, las funciones del potasio son muchas; se conoce que el potasio es requerido para formar la estructura celular, en la asimilación de carbono, la fotosíntesis, la síntesis de proteína, formación de almidón, translocación de azúcares y proteínas, la economía del uso del agua, el desarrollo normal de la raíz y muchas otras funciones en la vida de las plantas (Lazcano-Ferrat, 2000).

El papel del potasio en la transporte de azúcares es esencial, ya que la deficiencia de este nutriente limita el transporte (movimiento) de azúcares desde la hojas (punto de fabricación) a los lugares de almacenamiento. La deficiencia de fósforo no ha mostrado tener un efecto significativo en la velocidad de translocación de azúcares, la deficiencia de nitrógeno tiene un efecto intermedio, mientras que la falta de potasio puede bajar la eficiencia del transporte de azúcares por debajo de la mitad comparada con el control. Sin una cantidad adecuada de potasio una buena parte del azúcar, puede terminar en las hojas en lugar de cosechado en el tallo (Lazcano-Ferrat, 2000).

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 General

Evaluar tres dosis de complexato de potasio como una alternativa para disminuir el uso de madurantes herbicidas e identificar la dosis que presente el mayor potencial de producción y rendimiento económico.

5.1.2 Específicos

Determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento en toneladas de caña y de azúcar por hectárea.

Identificar los tratamientos que no influyan negativamente sobre los espacios vacíos del cultivo de caña.

Determinar los tratamientos que presenten la mejor alternativa económica, la mejor tasa marginal de retorno.

5.2 Hipótesis

Ho. Los tratamientos no presentan diferencia significativa sobre el rendimiento en toneladas de caña y azúcar por hectárea.

Ho. Los tratamientos tendrán un efecto negativo sobre los rebrotes en el cultivo de caña de azúcar después de la cosecha.

Ho. La tasa marginal de retorno de los tratamientos no sobrepasa la tasa marginal de retorno mínima aceptada por el Ingenio.

5.3 Variables Respuesta

5.3.1 Toneladas de caña por hectárea (TCH): Obtenidas al momento de la cosecha tomando el peso de cada parcela.

5.3.2 Toneladas de azúcar por hectárea (TAH): Obtenido del resultado de los kilogramos de azúcar por tonelada de caña y las toneladas de azúcar por hectárea.

5.3.3 Espacios vacíos (EV): Dato obtenido a los treinta días después del corte tomando en campo la distancia de los espacios sin plantas de cada parcela y el estado físico del cañal.

5.3.4 Tasa mínima de retorno (TMR): Se utiliza como un indicador para ver la rentabilidad de un proyecto.

5.4 Descripción de la metodología

Para la obtención de las toneladas de caña por hectárea (TCH), se cosechó la caña de cada una de las parcelas, esta fue pesada con la ayuda de una alzadora, cadenas y una pesa digital, se tomaron los pesos por parcela en kilogramos (Anexo 10).

Para las toneladas de azúcar por hectárea (TAH), se tomó una muestra de diez tallos al azar de caña madura por parcela, este paquete se envió al laboratorio de caña del ingenio en donde le realizaron análisis para la obtención de Brix del jugo, Pol del jugo, pureza del jugo, porcentaje de jugo y peso de torta, por medio de una fórmula tomando el Pol del jugo, el porcentaje de jugo y la eficiencia de la fábrica se sacó el rendimiento de azúcar para obtener el TAH.

Para medir espacios vacíos y el rebrote del cultivo se realizó a los treinta días después del corte, un muestreo en cada una de las parcelas de la unidad experimental a evaluar.

Los materiales utilizados fueron: cinta métrica, tablilla, lapicero, formatos para anotación de datos. Los datos tomados en el muestreo de espacios vacíos y rebrote en ensayos de investigación fueron: población, el total de tallos en toda la parcela experimental; y espacios vacíos, el total de metros de espacio sin caña en toda la parcela experimental.

5.4.1 Diseño experimental

Diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos.

5.4.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente: $Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$

En donde:

Y_{ij} = variable respuesta

U = efecto de la media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque o repetición

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

5.4.3 Descripción de los tratamientos

En el cuadro 1 se enumeran los tratamientos de la evaluación.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Producto	Dosis Lt/ha	i.a	Dosis i.a cc/Ha	SAM*
1	Complexato de potasio®	2	Potasio	600	9
2	Complexato de potasio®	3	Potasio	900	9
3	Complexato de potasio®	4	Potasio	1200	9
4	Moddus 25 EC®	1.50	Trinecxapac- etil	375	9
5	Roundup 35.6 SL®	1.20	Glifosato	427	9
6	Testigo Absoluto		No Aplicado		9

*SAM: Semanas de aplicación de madurantes.

5.4.4 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por seis surcos, con distanciamiento de un metro y medio entre cada uno y de diez metros de largo cada uno, para constituir un área de 90 m².

5.4.5 Parcela bruta

La parcela bruta estuvo constituida por cincuenta y cuatro metros de largo, por ciento catorce metros de largo, para un total de seis mil ciento cincuenta y seis metros

cuadrados, dividido en cuadros de tres parcelas de frente por ocho de fondo para un total de 24 parcelas.

5.4.6 Croquis de campo o diseño de investigación

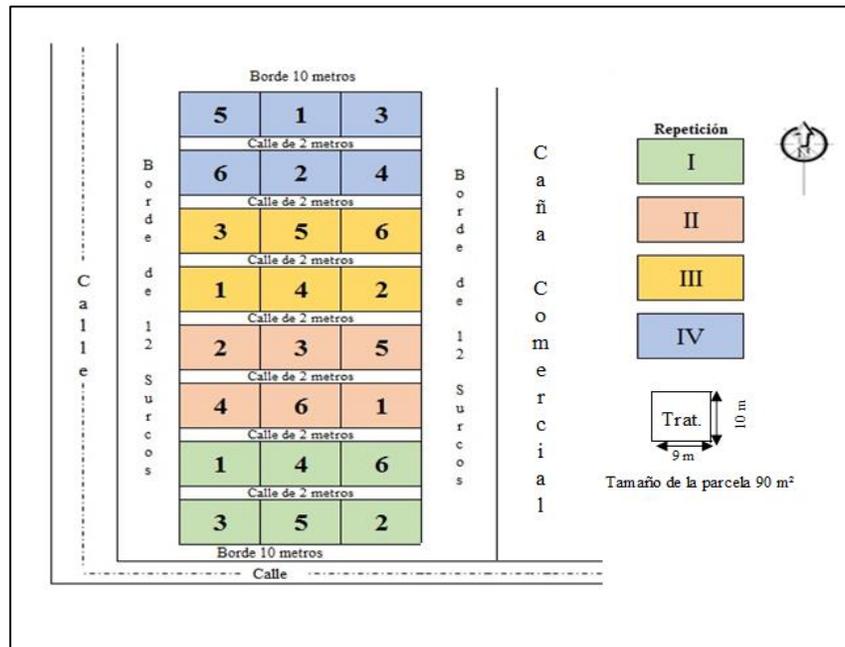


Figura 3. Croquis de campo.

Se enumeraron las repeticiones del I al IV identificadas por un color; y los tratamientos con números del uno al seis, ordenándolos en cada bloque de forma aleatoria utilizando el método de papelitos al azar, solamente la repetición I se ordenó en forma ascendente. Cada unidad experimental se identificó con una etiqueta, conteniendo está el número de tratamiento, y la repetición.

5.5 Manejo del experimento

5.5.1 Trazado de parcelas

Se marcó un rectángulo de sesenta y tres metros de ancho por ciento catorce metro de largo, para establecer las parcelas primero se marcaron los bordes que consistían en

doce surcos al lado izquierdo y doce surcos al lado derecho, un borde de diez metros de la calle a la primera parcela y un borde de diez metros de la última parcela al cultivo comercial, cada parcela estaba constituida de seis surcos de un metro y medio de separación y de diez metros de largo, para separar cada parcela se dejó una calle de dos metros entre cada una. Cada bloque está constituido por seis tratamientos.

5.5.2 Aplicación

Se realizó con el personal de campo utilizando una bomba de mochila con motor y una varilla como simulador de aplicación aérea con cuatro boquillas (Anexos 6, 7 y 8).

5.5.3 Muestreo pre-cosecha

Consistió en un muestreo semanal que se realizó desde el día de la aplicación hasta el día del corte donde se realizó el muestreo en quemado, la muestra se realizó tomando de cada parcela diez tallos maduros que más o menos tuviesen las características en altura, número de entrenudos y diámetro, ésta muestra se llevó al laboratorio de caña del ingenio, en donde tomaron una muestra homogénea del paquete de diez cañas para sacar datos de Brix del jugo, Pol del jugo, pureza del jugo, porcentaje de jugo y peso de torta, con estos datos obtuvimos el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña (LbAz/Tc) para el ver comportamiento de azúcar en el tiempo (Anexo 9).

5.5.4 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual con ayuda del frente encargado del corte, se distribuyeron las parcelas a los cortadores de modo que no se mezclara la caña de una parcela con otra, para no tener problemas al momento de pesar, el pesado de las parcelas se realizó con la ayuda de los operarios del departamento, se tomó el dato de peso de cada una de las parcelas con ayuda de una alzadora, cadenas y una pesa analítica en donde se obtuvo el dato en kilogramos de caña por parcela (Anexo 10).

5.5.5 Muestreos espacios vacíos

El muestreo se realizó a los treinta días después del corte, consistió en medir con una cinta métrica todos los espacios en los que no hubo caña dentro de los seis surcos de cada parcela, los espacios se fueron sumando para tener el total de espacios vacíos en metros de cada parcela. Para hacer las anotaciones se utilizó un formato elaborado por el departamento de investigación del ingenio.

5.6 Análisis de los datos

Luego de obtener los resultados de la fase de campo y anotados los parámetros de medición del experimento, se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos. Para el análisis se emplearon técnicas estadísticas para interpretar datos, para ayudar en la toma de decisiones o para explicar los condicionantes que determinaron la ocurrencia de algún fenómeno.

Para el análisis estadístico de la variable respuesta de rendimiento se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA), estimado con un nivel de significancia de 0.05; y como los resultados presentaron significancia se empleó la prueba de medias DGC; todo esto realizado con el software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows, llamado InfoStat®.

5.7 Análisis financiero

El análisis de los proyectos constituye la técnica matemático-financiera y analítica, a través de la cual se determinaron los beneficios o pérdidas en los que se podía incurrir al pretender realizar una inversión u algún otro movimiento, en donde uno de sus objetivos era obtener resultados que apoyaran la toma de decisiones referente a actividades de inversión.

VI. RESULTADOS

6.1 Rendimiento de TCH y TAH

El análisis se realizó mediante modelos lineales generales y mixtos para las variables toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH). En ambos análisis se encontró diferencia significativa para los tratamientos, los valores p calculados fueron menores que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

6.1.1 Toneladas de caña por hectárea

En el cuadro 2, se observan los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis para la variable TCH.

Cuadro 2. Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable TCH.

Fuente	Grados Libertad Tratamientos	Grados Libertad Error	F-valor	p-valor
Tratamientos	5	13	3.32	0.0377

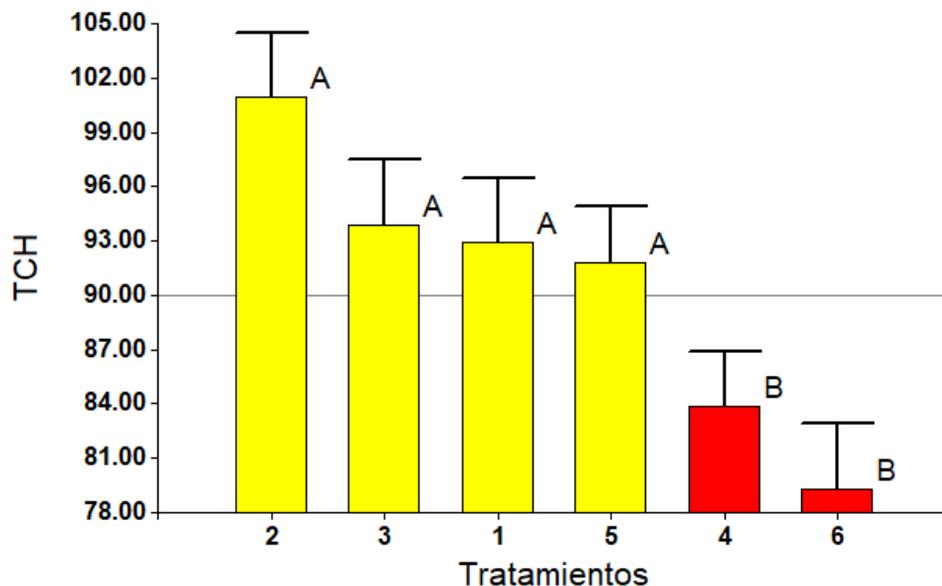
El resultado obtenido en la prueba de hipótesis demuestra que existe una diferencia significativa entre tratamientos para la variable TCH por lo que se rechaza la hipótesis nula, identificando que uno o más tratamientos son diferentes entre sí. Para encontrar las diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de medias DGC con un nivel de significación $\alpha = 0.05$.

Cuadro 3. Prueba de medias DGC para la variable TCH.

Tratamientos	Medias	E.E.	
Complexato de potasio® 3 Lt/Ha	100.93	3.57	A
Complexato de potasio® 4 Lt/Ha	93.89	3.57	A
Complexato de potasio® 2 Lt/Ha	92.89	3.57	A
Roundup 35.6 SL® 1.20 Lt/Ha	91.78	3.09	A
Moddus 25 EC® 1.50 Lt/Ha	83.83	3.09	B
Testigo absoluto	79.33	3.57	B

Como resultado la prueba formó dos grupos estadísticamente similares, el resultado de este análisis demuestra que hay similitud entre los tratamientos Complexato de Potasio® tres litros (2), Complexato de Potasio® dos litros (1), Complexato de Potasio® cuatro litros (3) y Roundup 35.6 SL® (5), a diferencia de los tratamientos Moddus 25 EC® (4) y testigo absoluto (6) que muestran ser estadísticamente diferentes con rendimientos más bajo a los tratamientos del grupo A.

En la figura 4, se representan cada uno de los tratamientos de acuerdo a su valor de importancia en cuanto al rendimiento de TCH.

**Figura 4.** Rendimiento TCH.

6.1.2 Toneladas de azúcar por hectárea

Para la obtención de las toneladas de caña por hectárea se realizó un muestreo de 10 tallos de cañas maduras con características similares (misma atura, diámetro y número de entrenudos) tomados al azar, por cada unidad experimental, llevando las muestras al laboratorio para el análisis de jugos, obteniendo el porcentaje de pol, para determinar los kilogramos de azúcar por tonelada de caña, este rendimiento se obtiene de los datos de porcentaje pol y la pureza del jugo.

En la Figura 5, se muestran los kilogramos de azúcar por tonelada de caña para los muestreos de precosecha de la semana cero al momento de establecer la evaluación a la semana nueve momento de la cosecha de la evaluación.

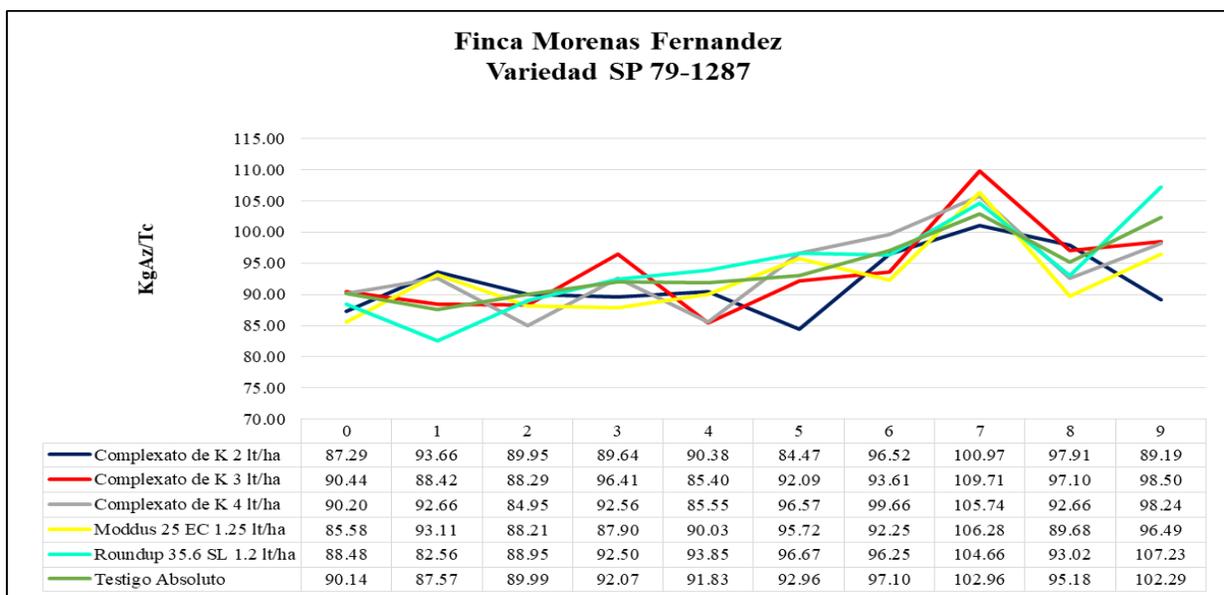


Figura 5. Rendimiento KgAz/Tc de muestreos semanales.

Como resultado de los muestreos realizados, se observa que algunos tratamientos muestran una tendencia a ser más estables en el comportamiento del azúcar a pesar que en la octava semana hubo una baja de todos los tratamientos. Es importante determinar cuál es el la semana de mayor concentración de azúcar para realizar la cosecha en el momento idóneo.

En las TAH en el cuadro 4, se observa los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis para la variable.

Cuadro 4. Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable TAH.

Fuente	Grados Libertad Tratamientos	Grados Libertad Error	F-valor	p-valor
Tratamientos	5	13	3.25	0.0402

El resultado obtenido en la prueba de hipótesis, demuestra que existe una diferencia significativa entre tratamientos para la variable TAH por lo que se rechaza la hipótesis nula, identificando que uno o más tratamientos son diferentes entre sí. Para encontrar las diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de medias DGC (Di Rienzo, Gonzales, Casanoves) con un nivel de significación $\alpha = 0.05$.

Cuadro 5. Prueba de medias DGC para la variable TAH.

Tratamientos	Medias	E.E.	
Complexato de potasio® 3 Lt/Ha	10.03	0.51	A
Roundup 35.6 SL® 1.20 Lt/Ha	9.82	0.42	A
Complexato de potasio® 4 Lt/Ha	9.12	0.33	B
Testigo absoluto	8.85	0.79	B
Complexato de potasio® 2 Lt/Ha	8.58	0.53	B
Moddus 25 EC® 1.50 Lt/Ha	8.10	0.36	B

Como resultado, la prueba formó dos grupos estadísticamente similares, el resultado de este análisis demuestra que hay similitud entre los tratamientos Complexato de Potasio® tres litros (2), y Roundup 35.6 SL® (5), a diferencia de los tratamientos Complexato de Potasio® cuatro litros (3), testigo absoluto (6) Complexato de Potasio® dos litros (1) y

Moddus 25 EC® (4) que muestran ser estadísticamente diferentes con rendimientos más bajo a los tratamientos del grupo A.

En la figura 5, se presentan cada uno de los tratamientos de acuerdo a su valor de importancia en cuanto al rendimiento de TAH.

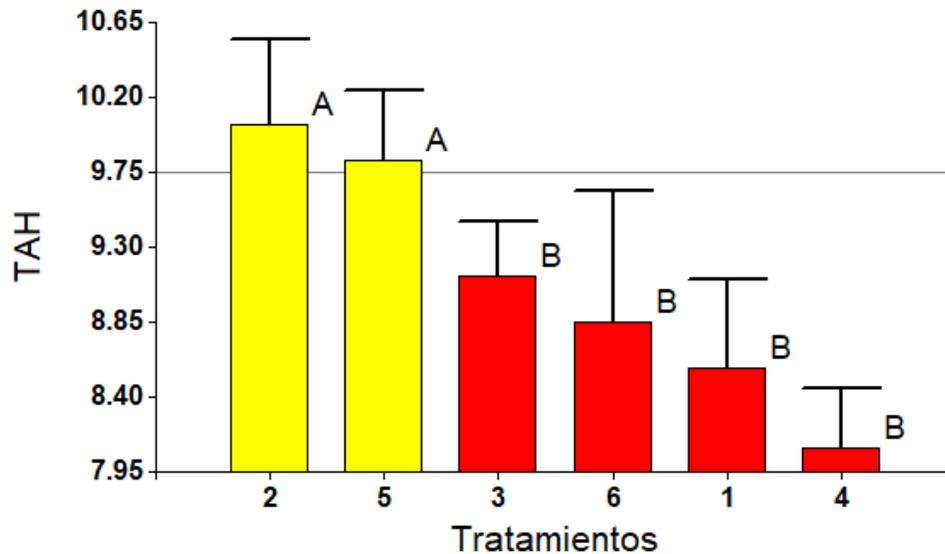


Figura 6. Rendimiento TAH.

6.2 Espacios vacíos

El análisis se realizó mediante modelos lineales mixtos y generales para la variable porcentaje de espacios vacíos (%EV). En el análisis se encontró diferencia significativa para los tratamientos, por lo que el valor probabilidad calculado fue menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Cuadro 6. Análisis de modelos lineales mixtos y generales para la variable %EV.

Fuente	Grados Libertad Tratamientos	Grados Libertad Error	F-valor	p-valor
Tratamientos	5	15	4.94	0.0072

El resultado obtenido en la prueba de hipótesis, demuestra que existe una diferencia significativa entre tratamientos para la variable %EV por lo que se rechaza la hipótesis nula, identificando que uno o más tratamientos son diferentes entre sí. Para encontrar las diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de medias DGC con un nivel de significación $\alpha = 0.05$.

Cuadro 7. Prueba de medias DGC para la variable %EV.

Tratamiento	Medias (%)	E.E.	
Testigo absoluto	13.97	1.59	A
Moddus 25 EC® 1.50 Lt/Ha	17.00	3.25	A
Complexato de potasio® 2 Lt/Ha	17.06	1.66	A
Complexato de potasio® 4 Lt/Ha	19.28	2.95	A
Complexato de potasio® 3 Lt/Ha	20.34	1.12	A
Roundup 35.6 SL® 1.20 Lt/Ha	24.19	1.52	B

Como resultado la prueba, se formaron dos grupos estadísticamente iguales, demostrando que utilizando aplicaciones de Roundup 35.6 SL® (5) tiene un mayor efecto en el porcentaje de espacios vacíos (24.19%), lo que se traduce en un mayor número de plantas muertas por efecto de la aplicación del tratamiento. El Complexato de Potasio® tres litros (2), Complexato de Potasio® cuatro litros (3), Complexato de Potasio® dos litros (1) y Moddus 25 EC® (4), tienen un comportamiento igual al del testigo absoluto (6),

ya que estos tratamientos se encuentran unidos dentro del mismo grupo estadístico. Importante mencionar que por factores externos, siempre se dan los espacios vacíos cuando se cosecha el cultivo y se deja el rebrote, pero en este ensayo al comparar los tratamientos con el testigo absoluto se evidencia de que el porcentaje de espacios vacíos se incrementa al utilizar Roundup 35.6 SL® (5).

En la figura 6, se presentan cada uno de los tratamientos de acuerdo a su valor de importancia en cuanto a espacios vacíos.

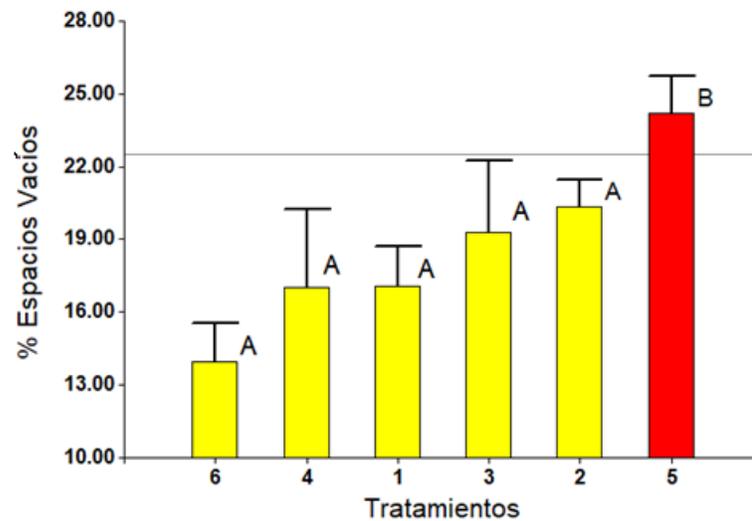


Figura 7. Porcentaje de espacios vacíos.

6.3 Análisis económico

En los análisis de varianza realizados para los rendimientos de TCH y TAH, los tratamientos dos y cinco, mostraron los mejores resultados, por lo que en el análisis económico solo fueron tomados ambos tratamientos.

En el análisis económico se utilizó la metodología de presupuestos parciales propuesta por CIMMYT en el año 1998.

6.3.1 Costos variables

Para la estimación de este cálculo se sumaron todos los gastos que incurren las aplicaciones de los tratamientos dos y cinco, siendo el precio y cantidad de insumos utilizados la variación entre los costos de ambos tratamientos.

Cuadro 8. Cálculo de los costos variables de los tratamientos.

Tratamiento 2		Tratamiento 5	
Mano de obra	Q 295.02	Mano de obra	Q 295.02
Complexato de Potasio® 3 L/Ha	Q 110.43	Roundup 35.6 SL® 1.20 L/Ha	Q 28.37
Inex-A0.04 L/Ha	Q 1.13	Bivert® 0.04 L/Ha	Q 2.84
Equipo Aplicación	Q 2,956.26	Inex-A0.04 L/Ha	Q 1.13
		Equipo Aplicación	Q 2,956.26
Total	Q 3,362.84	Total	Q 3,283.62

6.3.2 Beneficio bruto agrícola

Para el cálculo del beneficio bruto agrícola se necesitó ajustar los rendimientos de TAH obtenidos utilizando un ajuste del 0.8 debido al tamaño de la unidad experimental, uso de fórmula para cálculo del rendimiento y por manejo de la parcela. El precio de venta utilizado fue de Q4,500.00 por tonelada de azúcar refinada.

Cuadro 9. Rendimientos ajustados y beneficio bruto agrícola.

	Tratamiento	Rendimiento (TAH)	Rendimiento ajustado (TAH)	Beneficio bruto agrícola (TAH)
2	Complexato de Potasio® 3 L/Ha	10.03	8.024	Q 36,108.00
5	Roundup 35.6 SL® 1.20 L/Ha	9.82	7.856	Q 35,352.00

6.3.3 Análisis de dominancia

Para el análisis de dominancia se efectuó, primero, un ordenamiento de los tratamientos de menores a mayores totales de costos variables. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Cuadro 10. Análisis de dominancia entre tratamientos.

	Tratamiento	Costos variables / Ha	Beneficios brutos /Ha	Dominancia
5	Roundup 35.6 SL® 1.20 L/Ha	Q 3,283.62	Q 35,352.00	D
2	Complexato de Potasio® 3 L/Ha	Q 3,362.82	Q 36,108.00	ND

* ND= No dominado D= Dominado

3.3.4 Tasa marginal de retorno

La tasa marginal de retorno se calculó dividiendo la diferencia de los costos variables de ambos tratamientos entre la diferencia de los beneficios brutos obtenidos por la venta de TAH de ambos tratamientos.

Cuadro 11. Cálculo de la tasa marginal de retorno.

	Tratamiento	Beneficios brutos	Beneficios marginales (5 - 2)	Costos	Costo marginal (5 - 2)	Tasa marginal de retorno
5	Roundup 35.6 SL® 1.20 L/Ha	Q 35,352.00		Q 3,283.62		
2	Complexato de Potasio® 3 L/Ha	Q 36,108.00	Q 756.00	Q 3,362.84	79.22	954%

De acuerdo a los resultados obtenidos, utilizar el tratamiento 2 sobre el tratamiento 5, optimizan los ingresos en Q1,800.00, monto con lo cual se obtiene una tasa de retorno marginal de 954%, valor que al ser comparado con las recomendaciones dadas por CIMMYT en 1998, donde dice que para elegir entre una tecnología por otra la tasa marginal de retorno mínima aceptable debe de ser del 50%, por lo que se concluye que económicamente es más rentable utilizar el tratamiento 2 sobre el tratamiento 5.

VII. CONCLUSIONES

1. Complexato de Potasio®, es un fertilizante foliar utilizado como madurante no herbicida en el cultivo de caña de azúcar que evita problemas de derivas, efectos de inversión térmica o traslapes, deficiencias en el cultivo al momento del rebrote y la contaminación al medio ambiente es menor.
2. Para las condiciones específicas de la finca Morenas Fernández, las aplicaciones de Complexato de Potasio® tres litros/ha (2), Complexato de Potasio® dos litros/ha (1), Complexato de Potasio® cuatro litros/ha (3) y Roundup 35.6 SL® (5), no mostraron significancia entre ellos en la variable toneladas de caña por hectárea, superando al testigo absoluto.
3. Para la variable toneladas de azúcar por hectárea la aplicación de Complexato de Potasio® tres litros/ha (2), y Roundup 35.6 SL® (5), no mostraron significancia entre ellos. Aunque la tendencia indicó que el tratamiento de mayor TAH fue el aplicado con Complexato de Potasio® que supera al testigo absoluto sin aplicar.
4. Para la variable porcentaje de espacios vacíos, el tratamiento Roundup 35.6 SL® (5) mostró diferencia significativa al resto de los tratamientos, por lo que se demuestra que tiene un efecto negativo sobre el rebrote del cultivo.
5. Económicamente la aplicación de Complexato de Potasio®, tres litros/ha (2), es la más rentable, con una tasa marginal de retorno que supera el mínimo aceptable para optar por el cambio de tecnología.
6. El tratamiento Complexato de Potasio® tres litros/ha (2), fue el tratamiento con mayor rendimiento en TCH y TAH, no tiene efecto negativo en el rebrote de caña, no mostró diferencia significativa con el testigo absoluto y económicamente es el más rentable con una tasa marginal de retorno mayor que los otros tratamientos.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar Complexato de Potasio® a dosis de tres litros por hectárea, como una alternativa viable para sustituir a Roundup 35.6 SL® como madurante, tiene un mayor rendimiento en TCH y TAH, minimiza el impacto del madurante en el cultivo de caña y la tasa de retorno marginal es de 954% con un ingreso aproximado de 34,200.00 quetzales por hectárea.
2. Continuar evaluando Complexato de Potasio® en otras áreas de la zona cañera de Guatemala al igual que en variedades de caña en expansión y de interés económico para el ingenio en los tres tercios de zafra.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Almeida, JCV; Sanomya, R; Leite, CF; Cassinelli, NF. 2003. Eficiência agronômica de sulfometuron-methyl como maturador na cultura da cana-de-açúcar. Revista STAB 21(3):36-37.
- Buenaventura, C. 1986. Control de la maduración de la caña de azúcar en el cultivo de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Técnicaña. p. 299-307.
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar). 2000. Variedades en expansión y promisorias de caña de azúcar para la agroindustria azucarera Guatemalteca (documento en PDF). Guatemala. p. 20.
- DEQUISA (Desarrollos químicos y agrícolas S.A.). s.f. Hoja de seguridad producto Complexato de potasio (documento en PDF). Guatemala. p. 2.
- Dávila, C; Torres, J; Echeverria; C. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Valle del Cauca, Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 412.
- Deuber, R. 1998. Maturação da cana-de-açúcar na região sudeste do brasil. *In* Seminário de tecnologia agronômica (4, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Anais. Piracicaba, São Paulo, Brasil, Copersucar. p. 33-40.
- Espinoza, G. 2012. Maduración de la caña de azúcar (en línea). *In* El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R (eds.). Guatemala, CENGICAÑA. p. 260-281. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
- Espinoza, JG; Corado, M. 2011. Evaluación de madurantes no herbicidas en caña de azúcar, finca Santa Isabel, ingenio Madre Tierra. Guatemala, CENGICAÑA. p. 6.

- Espinoza, JG; Corado, M; López, MM; Martínez, M; Echeverría, C; Pineda, JC. 2011. Efecto de madurantes no herbicidas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CP88-1165. *In Memoria: presentación de resultados de investigación; zafra 2010-2011*. Guatemala, CENGICAÑA. p. 261-266. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170105143817803.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 Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 79. Consultado 15 ago. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7956/>
- Lazcano-Ferrat, I. 2000. El potasio esencial para un buen rendimiento en caña de azúcar (en línea). México, INOFOS. p. 5. Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://www.engormix.com/agricultura/articulos/potasio-en-cana-de-azucar-t26420.htm>
- Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala (en línea). CENGICAÑA, Guatemala. p. 512. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
- Monsanto Company. 1999. Ficha técnica herbicida Roundup 35.6 SL (en línea). Saint. Louis, Missouri, Estados Unidos de América. p. 7. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en http://www.duwest.com/user_files/uploads/images/Roundup_35.6_SL1.pdf
- Orozco, H; Rosales LF; Catalán, M. 2011. Censo de variedades de caña de azúcar en Guatemala de la zafra 2011-2012 y proyecciones al 2015 (en línea). *In Memoria: presentación de resultados de investigación zafra 2010-11*. Guatemala, CENGICAÑA. p. 11. Consultado 25 oct. 2016 Disponible en <https://cengicana.org/files/20170105140051447.pdf>

Pérez, O. 2008. Manual de clasificación de suelos para la producción de caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. p. 215.

Robles, E. 2012. El azúcar en Guatemala, su producción y exportación (en línea). Guatemala. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/El-azucar-en-guatemala-su-produccion-y-exportacion.shtml>

Saravia, R. 1990. Cultivos tradicionales de exportación. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. p. 244.

SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial). Consejo municipal de desarrollo del municipio de La Democracia. 2010. Plan de desarrollo municipio de La Gomera (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 103 p. Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/file/119-pdm-la-gomera?tmpl=component>

Subiros, F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica, EUNED. p. 441.

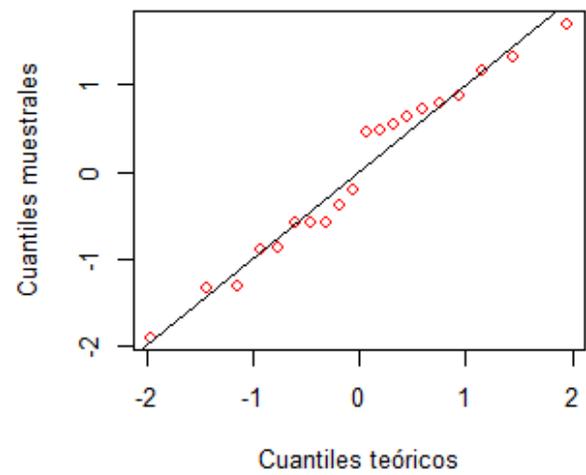
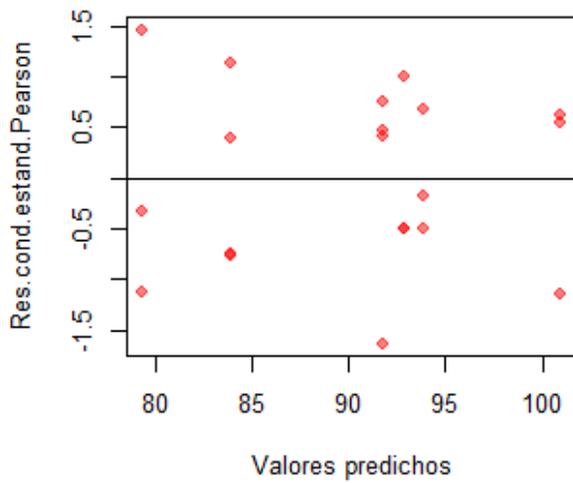
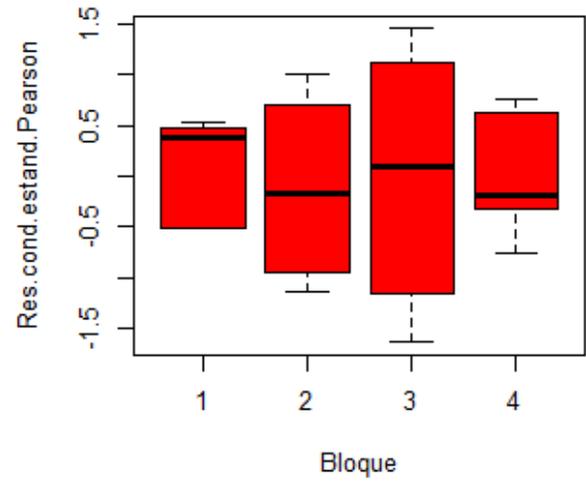
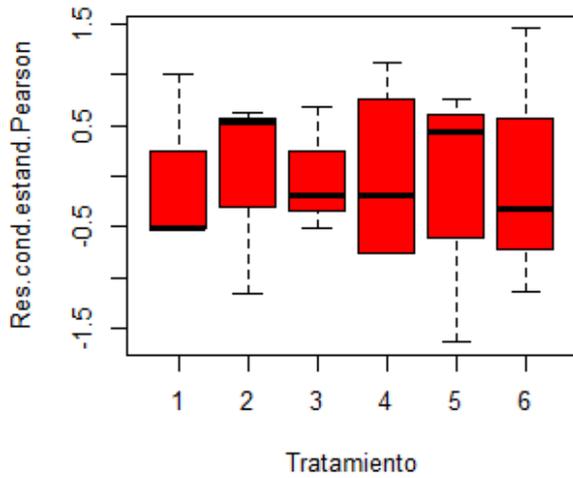
Syngenta. 2017. Hoja de datos de seguridad (HDS) herbicida Moddus 25 EC (en línea). Santiago de Chile, Chile. p. 12. Consultado 25 ago. 2017. Disponible en https://www.syngenta.cl/sites/g/files/zhg471/f/hdsmoddus_ago2017.pdf?token=1511172489

Villegas, F; Arcila A, J. 2003. Maduradores de caña de azúcar. Cali, Colombia, CENICAÑA. p. 66. (Serie técnica no. 32).

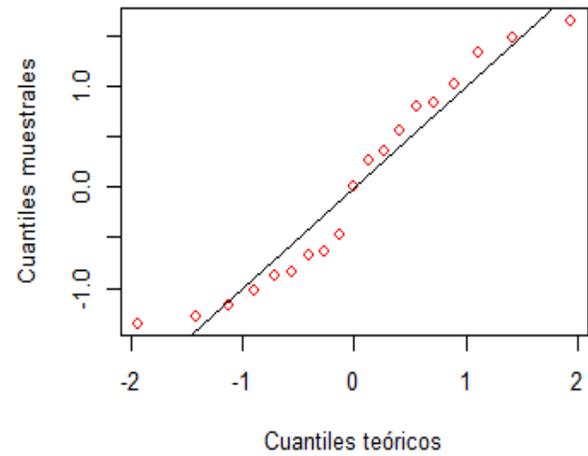
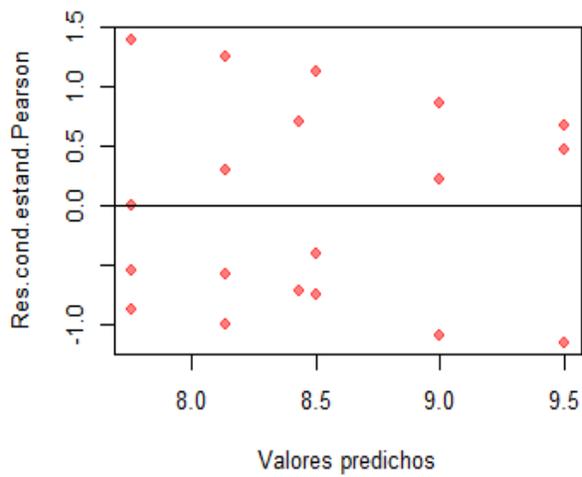
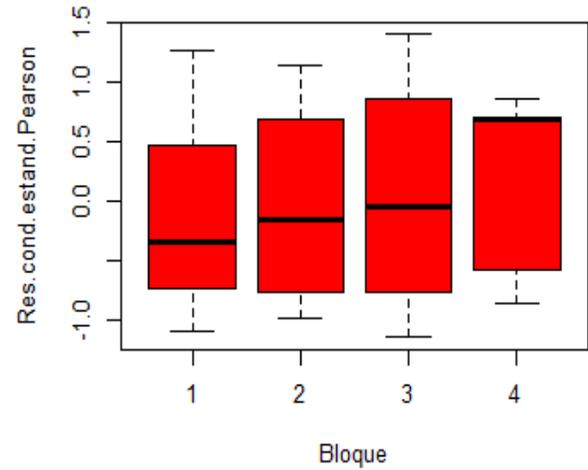
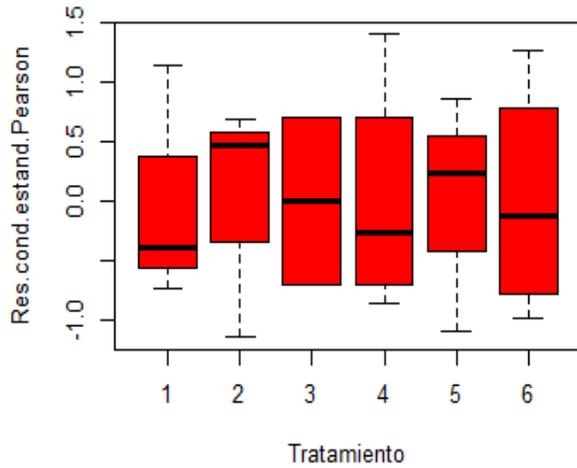


ANEXOS

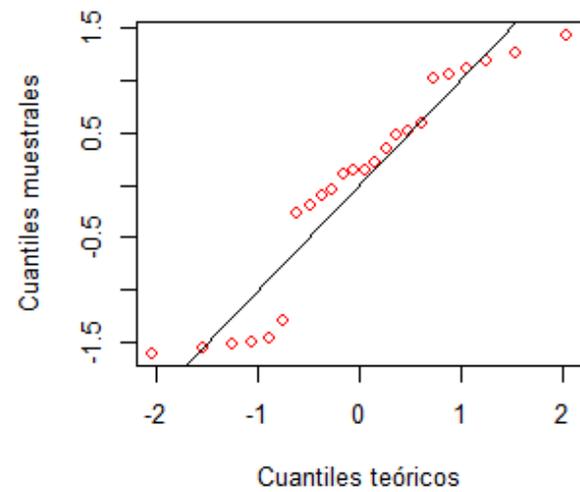
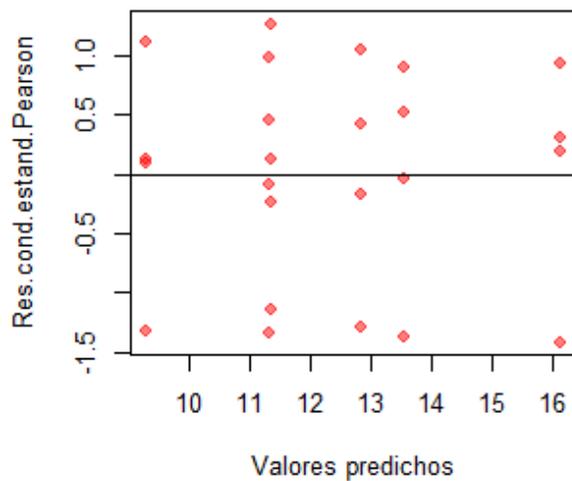
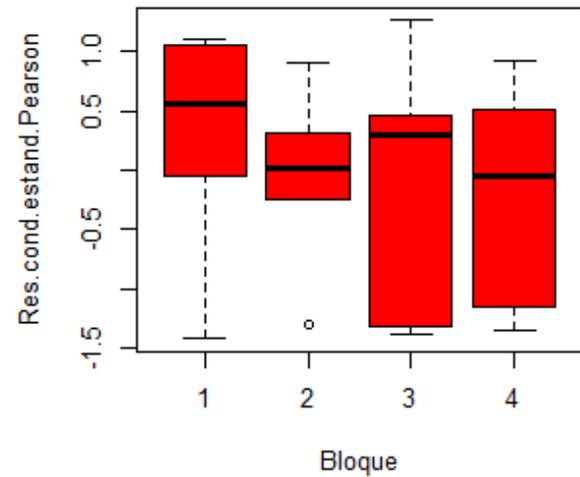
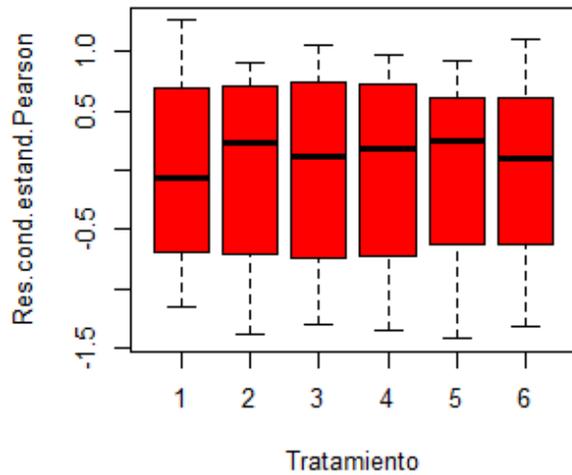
Anexo 1. Supuestos de la varianza (homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos) del análisis realizado para la variable TCH



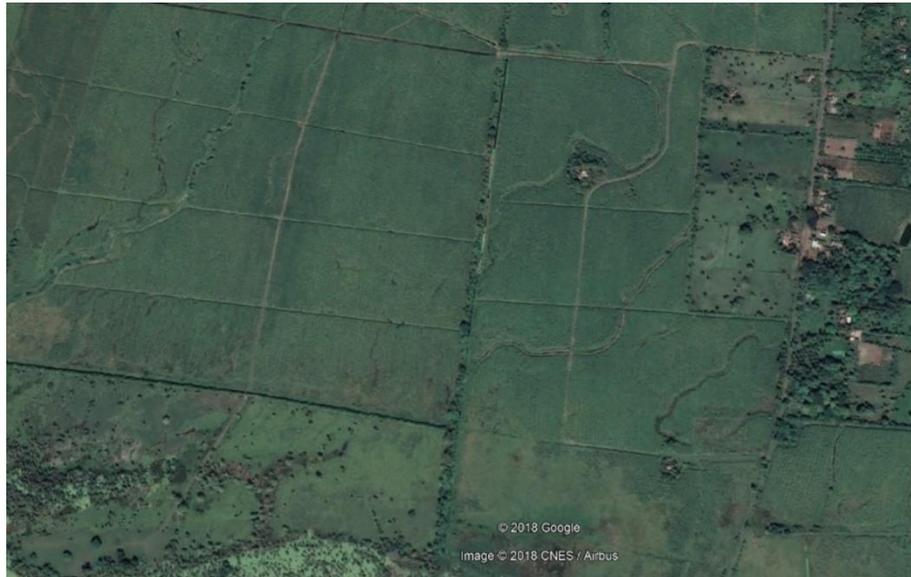
Anexo 2. Supuestos de la varianza (homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos) del análisis realizado para la variable TAH



Anexo 3. Supuestos de la varianza (homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos) del análisis realizado para la variable % de espacios vacíos.

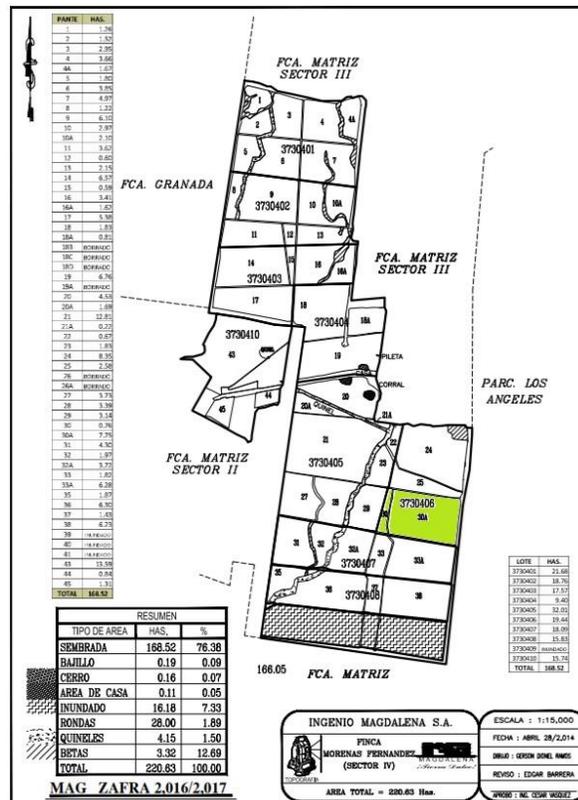


Anexo 4. Ubicación de la finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla.



Fuente: Google Earth. 2018.

Anexo 5. Mapa de la finca Morenas Fernández y ubicación de la evaluación tres dosis de Complejato de Potasio como madurante no herbicida, La Gomera, Escuintla.



Fuente: Ingenio Magdalena, S.A

Anexo 6. Calibración equipo de aplicación y simulación aérea finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla, 2017.



Anexo 7. Calibración equipo de aplicación y simulación aérea finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla, 2017.



Anexo 8. Aplicación de productos finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla, 2017.



Anexo 9. Muestreo precosecha finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla, 2017.



Anexo 10. Cosecha y pesado finca Morenas Fernández, La Gomera, Escuintla, 2017.

