

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on a white horse, holding a staff, set against a landscape with green hills and a volcano. Above the figure is a golden crown and a lion rampant. The seal is surrounded by the Latin motto "CETERAS REBUS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" in a circular border.

**EVALUACIÓN DE TRES FRACCIONAMIENTOS DE DÓISIS DE NITRÓGENO
APLICADO EN FERTIRRIEGO POR MINIASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE CAÑA DE
AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L) EN LA FINCA SANTA MÓNICA DEL INGENIO
MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.**

EDY ROBERTO TABIN LOPEZ

200811240

GUATEMALA, SEMPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE TRES FRACCIONAMIENTOS DE DÓSIS DE NITRÓGENO
APLICADO EN FERTIRRIEGO POR MINIASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE CAÑA DE
AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L) EN LA FINCA SANTA MÓNICA DEL INGENIO
MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

EDY ROBERTO TABIN LOPEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MA. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Electrónica. Carlos Waldemar León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

Guatemala, septiembre de 2018

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

Honorable miembros:

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

**EVALUACIÓN DE TRES FRACCIONAMIENTOS DE DÓISIS DE NITRÓGENO
APLICADO EN FERTIRRIEGO POR MINIASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE CAÑA DE
AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L) EN LA FINCA SANTA MÓNICA DEL INGENIO
MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.**

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

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

EDY ROBERTO TABIN LOPEZ

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por fortalecerme en cada momento de mi vida, con bendiciones y sabiduría en todos los momentos buenos o malos y siempre guiarme por el camino correcto.

A MIS PADRES

Roberto Tabín y Alicia de Tabín, por su amor, confianza, esfuerzo y apoyo incondicional en mi formación personal y académica. Gracias padre por ese ejemplo de un hombre trabajador, honesto y entregado a su familia, me enseñaste el valor del negocio y de estar pendiente a las oportunidades. Gracias madre por ser ese pilar en los momentos más difíciles, gracias por ser tan paciente y demostrarme ese amor de madre.

Gracias a los dos porque me enseñaron que las cosas buenas cuestan, pero con dedicación todo es posible. Este título es de ustedes. Los amo.

A MI HERMANA

Luisa Tabín, gracias por tus consejos y por haberme apoyado en todo momento. Te quiero.

A MI ESPOSA

Salomé Vilda, por darme alegría en todos los momentos que he vivido contigo. Te amo.

A MIS AMIGOS

Marvin Molina, Diego Toledo, Danilo Zuñiga, Wesly Ramírez, Kleibert von Quednow, Santiago Marroquín, Pablo Montepeque, Diego Salazar, Cesar Pacheco, Miguel Toledo, hermanos Arana, Asdrúbal Castillo, William García, David Monzón, Pablo Nájera, Sergio Soto, Pedro Pablo Menegazzo, Yuliana Vilda, Majo Vilda, Ingrid Reyes, Fabio Solís, José

Herrera, Pedro Pablo Pinto, Abner Sagastume, Mario Mejía, Raiza de Mejía, Jimena Palencia, María José Labín, Knche Valenzuela, Oliver Galindo, Julio Toledo, Mafer Toledo, Romeo Montepeque, Paolo Muralles, José Franco, Allan Folgar, Santiago Reyes, Gerson Barrios, Juan Manuel melgar, Mario Ramírez, Nancy de Ramírez y Oscar Tinti. por todos aquellos momentos inolvidables que muchos de ellos no pudiéramos plasmarlos en papel, y todo el cariño brindado durante mucho tiempo.

TRABAJO DE GRADUCACIÓN QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme la sabiduría en mi vida.

A GUATEMALA

Mi Patria, el país de la eterna primavera.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudio, alma mater.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por los conocimientos y formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A:

A MI ASESOR Y SUPERVISOR

Ingeniero Ezequiel López y al Ingeniero Luis Montes, por su valiosa asesoría y colaboración en la elaboración del presente documento y por esa amistad tan sincera.

AL INGENIO MAGDALENA

En especial al personal del Departamento de Investigación Agrícola, gracias por el apoyo brindado durante la realización del EPS.

A MIS AMIGOS

Werner Cruz, Fernando Ramos, Jose Luis Tuchan, Selvin Yovani Zuleta y Rafa Pacheco gracias por la amistad brindada.

ÍNDICE GENERAL

Página

ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
RESUMEN	VIII

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA S.A. LA DEMOCRACIA ESCUINTLA GUATEMALA C.A.

1.1. PRESENTACIÓN	1
1.2. MARCO REFERENCIAL	2
1.2.1. Historia	2
1.2.2. Ubicación Geográfica	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos	4
1.4. METODOLOGÍA	5
1.4.1. Fase de gabinete	5
1.4.2. Fase de Campo	5
1.4.3. Entrevistas	5
1.5. RESULTADOS	6
1.5.3. Describir la organización y el funcionamiento del Departamento Agrícola	6
1.5.4. Descripción de la región central norte	9
1.5.5. Problemática encontrada en la región central norte	10
1.5.6. Los principales problemas que existen en la región central norte del Ingenio Magdalena S.A.....	10
1.6. CONCLUSIONES.....	12

	Página
1.7. RECOMENDACIONES	13
1.8. BIBLIOGRAFÍA	14

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE TRES FRACCIONAMIENTOS DE DÓISIS DE NITRÓGENO APLICADO EN FERTIRRIEGO POR MINIASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L) EN LA FINCA SANTA MÓNICA DEL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.

2.1. INTRODUCCIÓN	15
2.2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.2.1. Marco Conceptual.....	17
2.2.2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	17
2.2.3. Morfología de la caña de azúcar.....	17
2.2.5. El riego en el cultivo de caña de azúcar	23
2.2.6. Sistema de riego mini aspersion	25
2.2.7. Manejo del nitrógeno en la caña de azúcar de la zona centro de Veracruz, México	27
2.3. Marco referencial	29
2.3.1. Ubicación geográfica de la finca	29
2.3.3. Suelos.....	30
4. OBJETIVOS	31
4.1. Objetivo General	31
4.2. Objetivos Específicos.....	31
5. HIPÓTESIS	31
6. METODOLOGÍA.....	32
6.1. Descripción del material experimental	32
6.1.1 Variedad CP 88-1165	32
6.1.2 Características morfológicas.....	32
6.1.3 Características agronómicas	32
6.2 Descripción del sistema de riego	33

	Página
6.2.1 Sistema de riego mini aspersión	33
6.3 Fuentes y dosis a aplicar	33
6.4 Modelos estadísticos.....	35
6.4.1 Diseño completamente al azar	35
6.4.2 Diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas	35
6.5 Tratamientos	36
6. 6 Unidad experimental	37
6.7. Variables a medir	38
6.7.1. Variables principales.....	38
6.7. 2 Variables secundarias.....	39
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
7.1 Toneladas de caña por hectárea (t/ha)	41
7.2 Toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).	42
7.3 Variables secundarias.....	44
7. 3.1 Población de tallos.....	44
7.3.2 Altura, diámetro y número de entrenudos	49
8. CONCLUSIONES.....	57
9. RECOMENDACIONES	58
10. BIBLIOGRAFÍA	59

CAPÍTULO III

SERVICIOS PRESTADOS AL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, S.A.

3.1 INTRODUCCIÓN	62
3.2 SERVICIO 1. EFECTO DE FECHAS DE APLICACIÓN INHIBIDOR DE FLOR EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> sp).	63
3.2.1 OBJETIVOS.....	63
3.2.2 METODOLOGÍA	63

	Página
3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.2.4 EVALUACIÓN.....	68
3.3 SERVICIO 2. CURVA DE MADURACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MADURANTES NO HERBICIDAS A LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp</i>)....	69
3.3.1 OBJETIVOS.....	69
3.3.2 METODOLOGÍA	69
3.3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
3.3.4 EVALUACION.....	75
3.4 SERVICIO 3. APLICACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA EL CONTROL DE GRAMINEAS Y HOJAS ANCHAS EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp</i>).....	76
3.4.1 OBJETIVOS.....	76
3.4.2 METODOLOGÍA	76
3.4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
3.4.4 EVALUACIÓN.....	83
3.5. BIBLIOGRAFÍA	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Ubicación del Ingenio Magdalena, S.A.....	3
Figura 2. Organigrama del Departamento Agrícola.....	8
Figura 3. Etapas fenológicas de crecimiento de la caña de azúcar.....	20
Figura 4. Requerimiento de fertilizante en las distintas fases de crecimiento de la caña de azúcar.....	21
Figura 5. Plano finca Santa Mónica.....	29
Figura 6. Mapa de zonas de vida.....	30
Figura 7. Sistema de Riego: A) Bomba de inyección "Eco-Fertic", B) Cuello de ganso, C) válvula de bola con acople mecánico.....	34
Figura 8. Unidad experimental.....	37
Figura 9. Croquis del experimento.....	38
Figura 10. Cantidad de toneladas de caña por hectárea en finca santa Mónica.....	41
Figura 11. Cantidad de toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).....	43
Figura 12. Comportamiento del tiempo en la población de tallo.....	45
Figura 13. Homogeneidad de variaciones e independencias de los residuos.....	46
Figura 14. Normalidad de los residuos.....	46
Figura 15. Altura promedio de los tallos de caña de azúcar.....	49
Figura 16. Diámetro promedio de los tallos.....	52
Figura 17. Número promedio de entrenudo de los tallos.....	55
Figura 18. Diseño de la evaluación.....	64
Figura 19. Aplicador aéreo.....	65
Figura 20. Medula de corcho.....	66
Figura 21. Tipo de corcho en la evaluación.....	67
Figura 22. Resultados del porcentaje de corcho de los tratamientos.....	67
Figura 23. Diseño de evaluación.....	72
Figura 24. Aplicador aéreo.....	74
Figura 25. Curva de madurantes.....	75
Figura 26. Diseño de la evaluación.....	79

Página

Figura 27. Porcentaje de 15 días control..... 81

Figura 28. Porcentaje de 30 días control después de la aplicación..... 82

Figura 29. Porcentaje de 45 días control después de la aplicación..... 82

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Priorización de problemas de la región central norte.....	11
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	17
Cuadro 3. Tratamientos a evaluar con el fraccionamiento de dosis a aplicar en la Investigación.....	34
Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación.	36
Cuadro 5. Lecturas de diámetro de entrenudos	40
Cuadro 6. Resumen de análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea (t/ha).	42
Cuadro 7. Resumen del análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).	43
Cuadro 8. Normalidad de los residuos Shapiro-Wilks (modificado).....	47
Cuadro 9. Resumen del análisis de la varianza sobre la población de tallos	47
Cuadro 10. Resumen del análisis de medias sobre la población de tallos	48
Cuadro 11. Resumen del análisis de la varianza de la altura promedio de los tallos	50
Cuadro 12. Resumen de la prueba de Tukey para la altura promedio de los tallos	51
Cuadro 13. Resumen del análisis de la varianza del diámetro promedio de tallo	53
Cuadro 14. Resumen de la prueba de Tukey para el diámetro promedio de los tallos	54
Cuadro 15. Análisis de la varianza del número de entrenudos promedio de tallo	55
Cuadro 16. Resumen de la prueba de Tukey para el número de entrenudos promedio de tallos	56
Cuadro 17. Descripción de tratamientos	64
Cuadro 18. Descripción de tratamiento	71
Cuadro 19. Descripción de tratamiento	78
Cuadro 20. Malezas encontradas en el muestreo después de la aplicación	81

RESUMEN

La agroindustria azucarera, se ha convertido en una de las principales fuentes de ingreso de divisas al país. En Guatemala existen aproximadamente 12 Ingenios azucareros en funcionamiento, distribuidos en cuatro departamentos de la Costa Sur.

En el Departamento de Escuintla, se encuentra ubicado el Ingenio Magdalena, con una extensión territorial de 57,000 ha, de caña de azúcar; siendo este uno de los ingenios más grandes del área. Así también, dicho ingenio es catalogado dentro de los más productivos de Centro América.

Para continuar mejorando, la extensa producción que tiene el Ingenio Magdalena, este ha creado su propia División de Investigación y Desarrollo Agrícola; el cual se divide en cuatro regiones (Central-Norte, Central-Sur, Occidente y Oriente). La División de Investigación y Desarrollo Agrícola, dentro de sus responsabilidades, tiene asignado la evaluación para mejoras en tecnologías que son implementadas, dentro del Ingenio, con fines de mantener y mejorar la alta producción. En la fase de diagnóstico, identificó como prioritaria la problemática de investigación respecto a la fertilización y asimilación de nutrientes de las plantaciones de caña de azúcar. Presentando como recomendación la continua investigación de tecnologías aplicadas respecto al fertirriego.

El Ingenio Magdalena, utiliza el sistema de mini aspersión, para irrigar las plantaciones de caña de azúcar, dicho sistema es utilizado para aumentar la producción y disminuir los costos de producción de caña de azúcar. Son irrigadas alrededor de 25,000 ha a través de sistemas de riego de mini aspersión. En la propuesta de investigación se planteó “la evaluación de tres fraccionamientos de dosis de nitrógeno, en forma de urea, aplicado en fertirriego por mini aspersión en el cultivo de caña de azúcar”; que fue realizado en cultivo de la tercera soca.

El fraccionamiento consistió en dividir la dosis de fertilizante dentro de la frecuencia de riego en dos, tres y cuatro partes igual y así medir su impacto en rendimiento TCH (Toneladas de Caña por Hectárea) y TAH (Toneladas de Azúcar por Hectárea). Respecto a dicha variable los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticas significativas, determinando

que el fraccionamiento de las aplicaciones fue a muy corto plazo, por lo que las plantaciones absorbieron similares cantidades de nitrógeno.

Como variables secundarias se realizaron mediciones de altura, diámetro, número de entrenudos y población de tallos.

Los resultados obtenidos respecto a la población de tallos por metro lineal no mostraron diferencia estadística significativa en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, en referencia a la altura de tallos y diámetro de la caña de azúcar, si existió una diferencia, con un valor de 2.71 cm, en promedio, respecto a la aplicación del tratamiento tres (3) (fraccionamiento de nitrógeno en cuatro (4) aplicaciones). Respecto al número de entrenudos por tratamiento fue significativamente mayor, con un valor de 21.84 de entrenudos en promedio por tallo, en el tratamiento dos (2) (fraccionamiento de nitrógeno en tres (3) aplicaciones).

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se realizaron tres servicios que se describen a continuación, a) La aplicación de un inhibidor de floración en la caña de azúcar teniendo como resultado que al aplicar el inhibidor no se presentó formación de corcho. b) La realización de una curva maduración con la aplicación de madurantes no herbicidas versus glifosato en la caña de azúcar dando como resultado que el glifosato tiene mayor concentración de azúcar que los madurantes no herbicidas. c) La aplicación de herbicidas pre emergentes para los días control, obteniendo como resultado 45 días control de la maleza.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA S.A. LA DEMOCRACIA ESCUINTLA
GUATEMALA C.A.**

1.1. PRESENTACIÓN

La finalidad de la fase de diagnóstico era conocer más, sobre el actual Departamento de Investigación y Desarrollo Agrícola del Ingenio Magdalena; con este fin se logró, a través de un proceso de diagnóstico -investigación y entrevistas-, recopilar información sobre el funcionamiento, las responsabilidades, los principales problemas y la priorización de estos, dentro de la región central-norte del departamento de investigación y desarrollo agrícola, del ingenio Magdalena.

Dentro del proceso de recolección de información se realizaron entrevistas al personal del área de investigación, se recopiló información de campo y bibliográfica obteniendo datos desde la fase de planificación, experimentación y recomendación que elabora el departamento de investigación, del ingenio para la evaluación de nuevas tecnologías, orientados a la mejora de producción en TAH (Toneladas de Azúcar por Hectárea) y TCH (Toneladas de Caña por Hectárea).

En términos generales, respecto a la función del departamento de investigación y desarrollo agrícola, identifica como prioritaria la problemática de aplicación de nuevas tendencias en la fertilización, mejorando la asimilación de los nutrientes. Por lo que la recomendación gira en torno a realizar investigación acerca de las tendencias que se están tomando en la fertilización.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Historia

El Departamento de Investigación nació como una iniciativa del gerente general del Ingenio Magdalena S.A. (ing. Jorge Leal). Como la medida de seguir mejorando índices de toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por ha (TAH).

En los años '90 se inició el Departamento de Investigación Agrícola como parte de la nueva estructura de campo quien maneja la producción de caña de azúcar del Ingenio Magdalena S.A.

En 1999 se fundó la nueva División de Investigación y Desarrollo Agrícola.

En 2001 se forma la división en 4 departamentos.

- BioMag (Bio-Producción de plantas)
- Variedades y semillas
- Departamento Administrativo.
- Departamento de investigación Agrícola.

1.2.2. Ubicación Geográfica

Las oficinas del Departamento de Investigación se encuentran localizadas en el km 99.5 carretera a Sipacate, en el Municipio de La Democracia, Escuintla, en el interior de la finca Buanvilia en las oficinas administrativas del Ingenio Magdalena, S.A. La finca está ubicada a 107 km aproximadamente de la ciudad de Guatemala. Colinda al Norte con finca Santa Marta y Los Amigos, al Sur con finca Santa Ricarda, al Este con Río Achíguate, y al Oeste con finca San Patricio.

En la figura 1, se presentan las coordenadas correspondientes a estas oficinas son: W 90°56'4.28" y N 14°7'14.37", (Paniagua, J. 2013).



Fuente: Paniagua, 2013.

Figura 1. Ubicación del Ingenio Magdalena

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Conocer la situación actual del Departamento de Investigación y Desarrollo Agrícola.

1.3.2. Específicos

1. Describir la organización y el funcionamiento del Departamento Agrícola.
2. Describir la región central norte del Ingenio Magdalena.
3. Identificar y priorizar los principales problemas que existen en la región central norte del Ingenio Magdalena S.A.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Fase de gabinete

Se recorrieron las áreas del ingenio (oficina y campo) en las cuales se encuentra el material, equipo y el personal con que cuenta a su disposición la región central norte.

Se completó la información primaria por medio de la secundaria, obteniéndola de trabajos de graduación de la FAUSAC y del Ingenio Magdalena.

1.4.2. Fase de Campo

Se realizó una entrevista al jefe de Departamento Agrícola de Investigación del Ingenio Magdalena, el objetivo de la entrevista era conocer el funcionamiento del Departamento así como sus programas de Investigación y como se encuentra estructurado el Departamento.

1.4.3. Entrevistas

Esta fase consistió en la realización de entrevistas a los jefes de cada una de las cuatro subdivisiones que conforman al Departamento de Ingeniería Agrícola con el fin de conocer sus funciones dentro de dicho Departamento.

Donde se hicieron mención de las principales fortalezas y debilidades competentes al Departamento, además de su estructura organizacional.

1.5. RESULTADOS

1.5.3. Describir la organización y el funcionamiento del departamento agrícola

La función del Departamento de Investigación es la generación y aplicación de alternativas tecnológicas para tener una mejora constante en la producción del cultivo de caña de azúcar y todos sus derivados. Para realizar este trabajo se realizan las siguientes actividades:

A. Diagnóstico

Existe una relación entre los investigadores con el personal de las diferentes áreas que trabajan en los procesos productivos de caña y sus derivados. Los investigadores por lo tanto observan, entrevistan y analizan tanto bases de datos como hechos ocurridos, para conocer las situaciones y tendencias actuales de cada área relacionada con la producción.

B. Planificación y coordinación

Los investigadores planifican las metodologías a realizar, para llevar a cabo investigaciones así como la coordinación de las personas implicadas y actividades a realizar durante cada proceso investigativo.

C. Experimentación

Esta se lleva a cabo cuando hay que solucionar un problema ó una nueva tecnología.

D. Evaluación

Si una nueva tecnología genera resultados satisfactorios, esta es evaluada en parcelas de prueba, para luego pasar a una prueba sami-comercial en estas parcelas la tecnología aún

se encuentra en evaluación debido a que se desea observar su comportamiento en un volumen productivo mayor al de una parcela experimental.

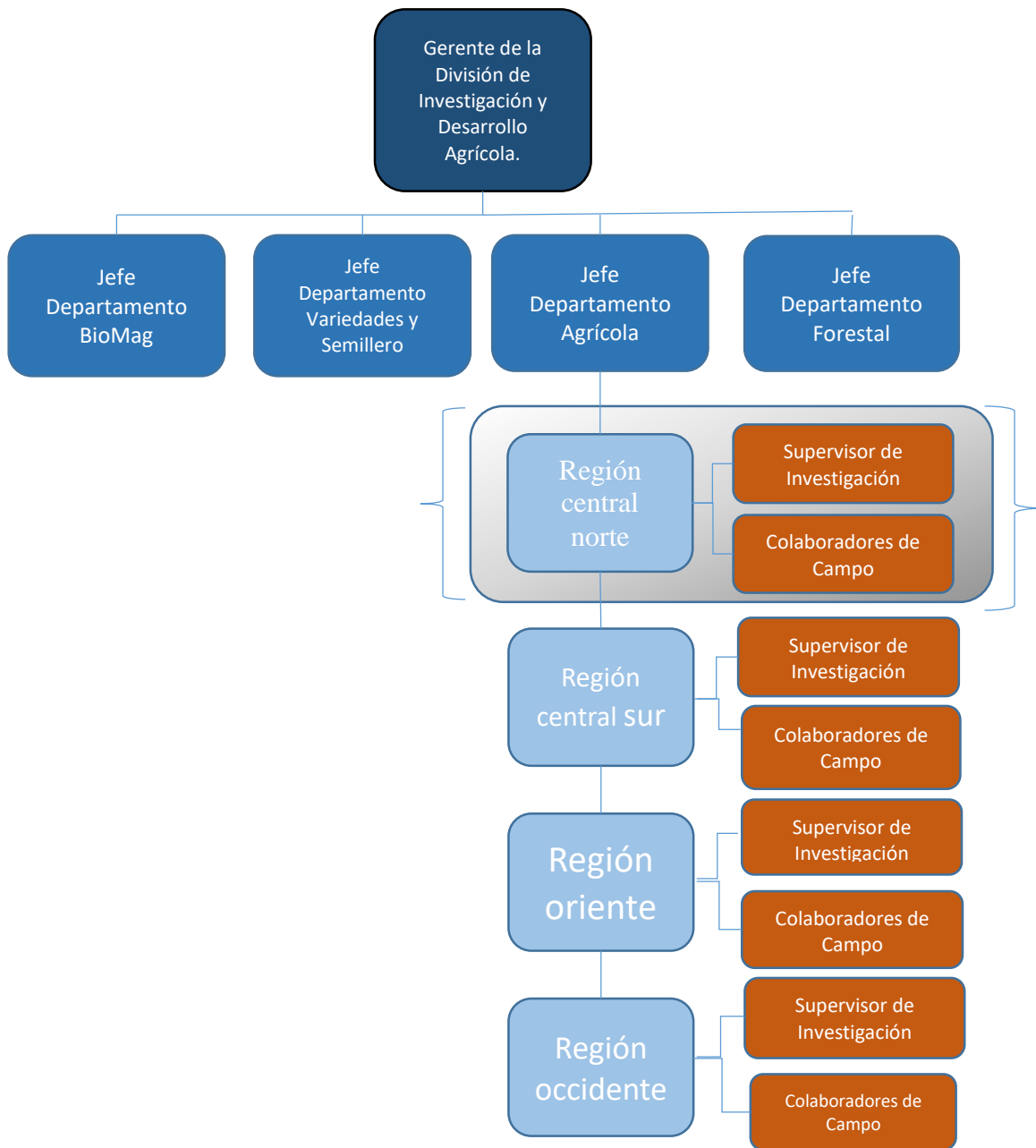
E. Recomendación

Cuando una tecnología evaluada presenta datos prometedores los investigadores integran los resultados, los cuales son presentados ante la gerencia y el personal de campo, cada tecnología es referenciada en su dominio de recomendación o las condiciones en las cuales debe ser aplicada.

F. Asesoría

Cuando una tecnología se empieza a utilizar el Departamento presta la asesoría a las personas que las estén realizando.

La División de Investigación y Desarrollo Agrícola cuenta con una organización de orden jerárquico la cual se muestra a continuación ver la Figura 2, Tuchán, 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 2. Organigrama del Departamento Agrícola

1.5.4. Descripción de la región central norte

La zona central norte cuenta con un investigador con experiencia en el manejo de malezas y labores de cultivo. Entre el manejo de malezas se encuentra el uso adecuado de los herbicidas por medio de parcelas experimental, así mismo de los muestreos realizados de las especies de malezas existentes en la región. El programa de labores de cultivo se encarga de todas las actividades que son fundamentales en el cultivo de caña para lograr llevar a cosecha. El investigador de la zona está es responsable de actividades como:

- Experimentación
- Ubicar las investigaciones aprobadas en campo
- Realizar muestreos de las investigaciones
- Llenar boletas de muestreos
- Digitalizar boletas de muestreos
- Realizar análisis y discusión de los resultados
- Dar recomendaciones de los resultados y así mismo divulgar a los departamentos interesados.

Según Cruz, W. (2015), la región central norte está establecida desde Santa Lucia Cotzumalguapa, hasta el ingenio magdalena ubicado en la democracia escuintla a su cargo están la administracion de buganvilia, Velásquez y Barranquilla esta última ubicada en el área de La Nueva Concepción.

1.5.5. Problemática encontrada en la región central norte

- La región central norte cuenta con una heterogeneidad con respecto al clima suelos y humedad.
- Las labores de cultivo son muy intensas es necesario llevar a la evaluación cada una de las labores realizadas por el programa.
- La fertilización del cultivo ha traído nuevas tendencias que van afines de mejorar la asimilación de nutrientes por ende mejorar el rendimiento.
- El uso de herbicidas dentro del cultivo implementando productos que no afecten al cultivo y al crecimiento de trazas en el producto final.
- En el Riego se busca la aplicación de riego con frecuencias menores por medio de lecturas de sensores.
- Productos finales (madurantes) se evalúan sustitutos al madurante Roundop debido a las trazas en productos finales.

1.5.6. los principales problemas que existen en la región central norte del ingenio Magdalena S.A.

Luego de conocer las distintas actividades que se realizan en la zona central norte se realizó una priorización tomando en cuenta la problemática y la relación de un problema con otro. Ver cuadro1.

Cuadro 1. Priorización de problemas de la región central norte

Nivel	Problema
A	<ul style="list-style-type: none"> • La fertilización del cultivo ha traído nuevas tendencias que van afines de mejorar la asimilación de nutrientes por ende mejorar el rendimiento. • La importancia de los muestreos de malezas para la decisión de mezclas de herbicidas aplicar. • En el Riego se busca la aplicación de riego con frecuencias menores por medio de lecturas de sensores.
B	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de herbicidas dentro del cultivo implementando productos que no afecten al cultivo y al crecimiento de trazas en el producto final. • Productos finales (madurantes) se evalúan sustitutos al madurante Roundop debido a las trazas en productos finales.
C	<ul style="list-style-type: none"> • El área de la región central norte y la heterogeneidad que presenta. • Debido al área es importante la evaluación de cada una de las labores realizadas en el ciclo del cultivo.

En el cuadro 1, se observa la priorización de los problemas, que se dividen en 3 bloques y se categorizan con las letras A, B y C. Para categorizar cada problema se utilizaron los criterios de la prioridad que la región central norte está realizando. Los problemas que pertenecen al bloque “A” son problemas que se desean atender en el corto plazo por lo que poseen el nivel jerárquico más alto. Como se puede observar en el cuadro 1 el literal A la fertilización ha traído nuevas tendencias con respecto a productos que mejoran la asimilación de los nutrientes, así como la disponibilidad de los mismos. Los problemas de categoría B son problemas que tienen influencia sobre la producción, pero ya se han realizado alguna investigación al respecto. Los problemas de categoría C son también de importancia, pero con el tiempo se irán resolviendo ya que son evaluaciones a largo plazo.

1.6. CONCLUSIONES

1. El Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio Magdalena cuenta con regiones las cuales se dividen en: región Central Norte, región Central Sur, región Oriente y región Occidente. Esta División ayuda al Departamento a ser más eficiente su finalidad.
2. La región Central Norte cuenta con un investigador el cual a su cargo tiene las evoluciones de las administraciones de Velásquez, Buganvilia y Barranquilla, del Ingenio Magdalena.
3. La principal problemática encontrada fue la aplicación de nuevas tendencias en la fertilización con el motivo de mejorar la asimilación de los nutrientes, así como la disponibilidad de muchos elementos los cuales son de suma importancia para el desarrollo del cultivo y poder llegar a tener buenos rendimientos.

1.7.RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones con respecto a las tendencias que se están tomando en la fertilización.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Cengicaña(2015),XIX simpisio Analisis de los resultados, zafra 2013-2014 (en línea), Guatemala CA. Consultado 11 Mar. 2015. Disponible en:
<http://www.cengicana.org/es/noticias/noticias-generales/179-simposio-campo-2014>
2. Asazgua(2015). Ingenios avtivos (en línea). Guatemala CA. Consultado 11 mar. 2015 disponible en: <http://www.azucar.com.gt/ingenios.html>
3. Tuchan, JS. 2015. Historia y funcionamiento de la división de investigación (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
4. Cruz, WE. 2015. Descripción región central norte (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena.
5. Panigua, JC. evaluación de eficiencia de opciones para el manejo de malezas de hoja ancha con enfoque preemergente en la finca santa Elisa, del ingenio magdalena, Guatemala, c.a. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. P 2,4



CAPITULO II

EVALUACIÓN DE TRES FRACCIONAMIENTOS DE DÓISIS DE NITRÓGENO APLICADO EN FERTIRRIEGO POR MINIASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L) EN LA FINCA SANTA MÓNICA DEL INGENIO MAGDALENA, GUATEMALA, C.A.

2.1. INTRODUCCIÓN

El Ingenio Magdalena tiene en funcionamiento, uno de los sistemas de riego más eficiente y modernos, para la irrigación de caña de azúcar, -el sistema de mini aspersion-; utilizado con el fin de disminuir costos de producción sin disminuir los índices de productibilidad de caña (t/ha) y de azúcar (t/ha). En el Ingenio Magdalena, se han realizaron aplicaciones de fertirriego fraccionando la dosis, encontrado resultados positivos en la producción, sin embargo, estas experiencias no se encuentran documentadas, lo que no permite el análisis y la construcción de conclusiones.

El Ingenio Magdalena cuenta con un área de producción de 57,092.41 ha (Paniagua, 2013) de las cuales, 47,160 ha cuentan con condiciones de riego. En el año 2006 se inició el uso del sistema de mini aspersion contando hasta la fecha con 25,730.02 ha. Este sistema, se encuentra dentro los más productivos de Centro América, con los mayores índices de productividad reportados para la zafra 2013-2014, siendo de 11.51 t/ha de azúcar y 118 t/ha de caña (CENGICAÑA, 2015).

Además, el sistema de riego por mini aspersion mejora la eficiencia de horas/día trabajados, aumenta el área regada por día; mejora la relación hectáreas regadas por hora de operación; es más uniforme; opera con baja intensidad de riego; mejora la distribución de la lámina de riego en el perfil del suelo, demanda menos potencia, por lo tanto, el consumo de combustible por hora disminuye y por último facilita la logística de la operación del riego (Pinto, 2011).

En el presente estudio se evaluó el fraccionamiento de la dosis a base de nitrógeno (N), en forma de urea, aplicada en el fertirriego por medio del sistema de mini aspersion en caña de azúcar de tercera soca (cuarto corte de la variedad CP 88-1165). El fraccionamiento consistió, en dividir la dosis de fertilizante dentro de la frecuencia de riego en dos, tres y cuatro partes iguales, y medir su impacto en el rendimiento de la caña de azúcar (t/ha) y de azúcar (t/ha) como variables principales. Además, se realizaron mediciones de altura, diámetro, número de entrenudos y población de tallos en un metro lineal como variables secundarias. Es importante mencionar que el mayor requerimiento de nitrógeno debe ser

aplicado antes de los 6 meses de iniciado el desarrollo, es decir durante la fase vegetativa. El ensayo fue desarrollado en la finca "Santa Mónica" del ingenio "Magdalena", en el lote 130210 durante el periodo de abril del 2015 a mayo del año 2016.

Los resultados obtenidos por medio de las evaluaciones agronómicas y estadísticas nos permitieron determinar que no existe diferencia significativa a la hora de fraccionar la dosis de fertilizantes químico.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco Conceptual

2.2.2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

En el cuadro 2 se presenta la clasificación taxonómica de la caña de azúcar citado por (Martínez, 2,007)

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

División	Magnoliopsida
Clase	Liliopsida
Sub-Clase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andronoponeae
Género	<i>Saccharum</i>

Fuente: Paniagua, 2014.

2.2.3. Morfología de la caña de azúcar

De acuerdo con lo citado por (Martínez, 2,007) la morfología de la caña de azúcar la podemos encontrar dividida en: sistema radicular, el tallo, las hojas y la inflorescencia.

A. Sistema radicular

Existen dos tipos de sistema radicular los primordios radicales que tienen un período de vida de 30 a 40 días, y las raíces perennes, que brotan de las macollas, que se forman a partir de los esquejes (Martínez, 2,007).

B. El tallo

Es la parte de la planta que en la industria presenta mayor valor económico, debido a que allí se almacena la sacarosa, el tallo está formado por una serie de nudos que es donde se localizan las yemas, separados por los entrenudos que pueden ser de 7 a 45 dependiendo la variedad (Martínez, 2,007).

C. Las hojas

El origen de las hojas parte de los nudos, generalmente están distribuidas de forma alterna en el tallo, la hoja sirve para proteger a la yema, la hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina, la unión de ambas se llama lígula. En los extremos existe una aurícula pubescente (Martínez, 2,007).

D. La inflorescencia

Es una espigada paniculada sedosa, constituida por un eje principal donde se insertan las espiguillas, dispuestas por pares en cada articulación, donde se encuentra la flor, la cual es hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas (Martínez, 2,007).

2.2.4. Fertilización

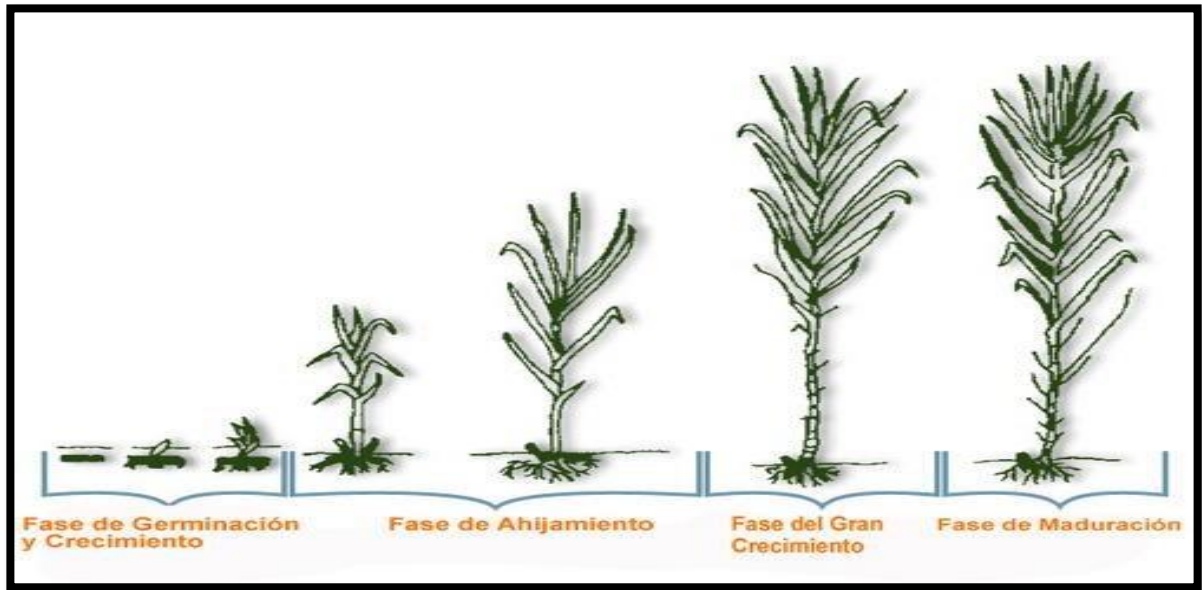
La caña de azúcar es una planta que posee un alto requerimiento nutricional debido a la alta capacidad de extracción de nutrientes del suelo. La utilización de este cultivo durante un periodo largo de tiempo llega a desgastar los suelos, para lo cual, es necesario un programa adecuado de fertilización, que restituya los nutrientes extraídos por la planta. (Perla, S.2009).

Es una labor en la cual se adicionan al suelo elementos que la planta extraerá y que por factores climáticos, físicos o químicos no se encuentren disponibles en el suelo para que la planta pueda consumirlos por lo tanto se requiere de adicionarlos para que la planta los pueda consumir dentro de su ciclo. La caña de azúcar es un cultivo con una alta capacidad de extracción de nutrientes estos pueden variar con forma a su etapa de desarrollo (Esquit, 2004).

En las fases iniciales los requerimientos son menores que cuando empieza la etapa de macollamiento y elongación es donde más exigencia de nutrientes existe. Entre los nutrientes mayormente absorbidos están el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. La extracción de los elementos que hace la caña de azúcar es para poder formar toneladas de azúcar (Esquit, 2004).

Para poder realizar esta labor es necesario realizar un análisis de suelo para poder determinar dosis de fertilizantes y estos adicionarlos de forma mecánica al suelo.

En la figura 3, se presentan las etapas fenológicas de la caña de azúcar las cuales son: fase de germinación, fase ahijamiento o macollamiento, fase de gran crecimiento o elongación y por último fase de maduración (Esquit, 2004).



Fuente: Esquit, 2004.

Figura 3. Etapas fenológicas de crecimiento de la caña de azúcar

A. Requerimiento de elementos mayores en la caña de azúcar

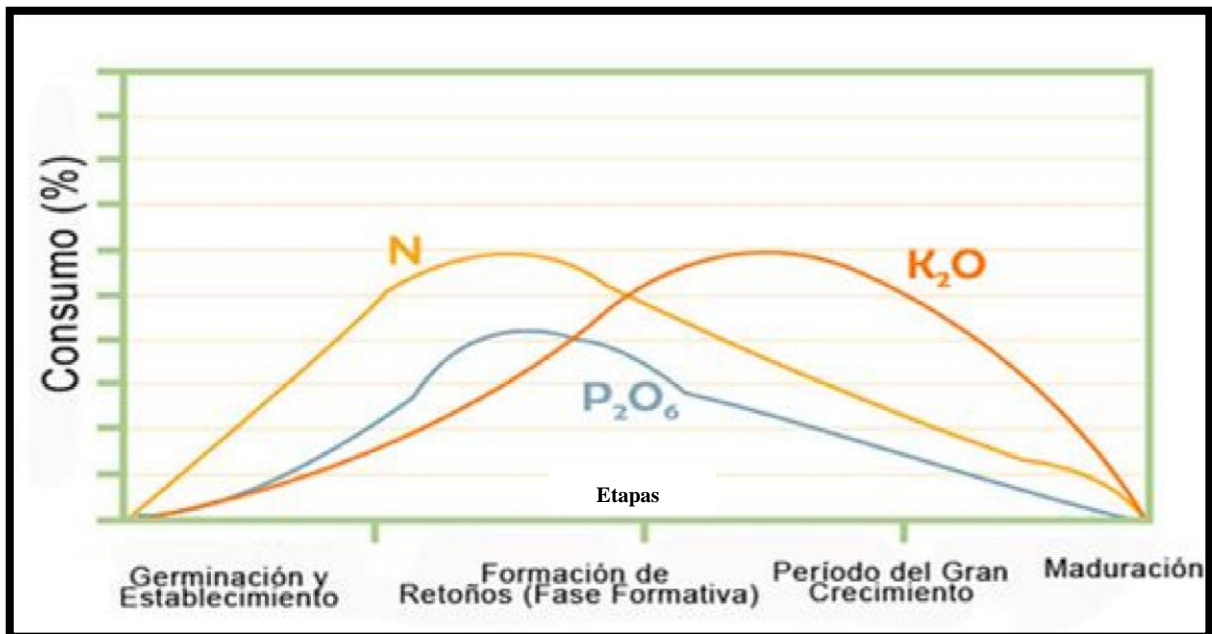
El requerimiento de N de la caña de azúcar es mayor durante la fase de formación de retoños (fase formativa), y es necesario para una producción adecuada de retoños y para el desarrollo de la vegetación. La fase de formación de retoños en un cultivo de caña de azúcar en el campo comienza alrededor de 30 a 45 días después de la plantación. Por lo tanto, un aporte adecuado de N puede estar disponible en el suelo para el cultivo desde el inicio de la fase de formación de retoños. El requerimiento de N del cultivo es aún mayor en el comienzo del período del gran Crecimiento, (Esquit, 2004).

El N estimula la formación de la caña, detiene la mortalidad de los retoños y estimula el crecimiento de la caña. La aplicación extra de N en la última fase del crecimiento activo del cultivo no solo promueve la formación tardía de retoños, sino que también afecta la recuperación del azúcar debido a un menor porcentaje de sacarosa en el jugo (% POL JUGO), mayor nivel de N soluble en el jugo, formación de chupones, además de atraer plagas y enfermedades, (Esquit, 2004).

La necesidad de P de la caña de azúcar es mayor durante la fase formativa del cultivo. De este modo, la época óptima para la aplicación del P es durante los estados iniciales de crecimiento del cultivo. Por lo tanto, un nivel suficiente P debe estar disponible en el suelo durante la fase formativa para su absorción por el cultivo, (Esquit, 2004).

Las aplicaciones de K son realizadas generalmente junto con la aplicación de N. Esto se debe a que hay una mejor utilización del N por el cultivo en presencia de K, por eso ambos nutrientes deben aplicarse juntos. Sin embargo, una aplicación tardía de K, alrededor de los 6 meses del cultivo, también produce una mejora en la recuperación de azúcar.

En general todo el fósforo debe ser aplicado antes de los 4 meses, el nitrógeno debe aplicarse antes de los 6 meses y el potasio antes de los 7 meses del cultivo. En la figura 4. Se presenta el requerimiento de NPK en las distintas fases de crecimiento de la caña de azúcar mostrando al nitrógeno como un elemento esencial al inicio del cultivo, (Esquit, 2004).



Fuente: Esquit, 2004

Figura 4. Requerimiento de fertilizante en las distintas fases de crecimiento de la caña de azúcar.

B. Nitrógeno (N)

Uno de los elementos de los cuales la caña de azúcar extrae para poder satisfacer sus necesidades nutricionales es el nitrógeno, es un componente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila y para el proceso enzimático. El nitrógeno es absorbido por las plantas en forma del ion amonio (NH_4) y en forma de ion nitrato (NO_3). La falta de nitrógeno se manifiesta por medio del desarrollo de la planta, así como la pérdida del color verde en las hojas viejas debido a la alta movilidad del mismo, (Netafim, 2015).

C. El nitrógeno (N) en el suelo

El nitrógeno se encuentra en el suelo en un 95% en su forma orgánica. Las formas orgánicas en las cuales se encuentra el nitrógeno en el suelo no son disponibles para las plantas por lo tanto deben ser convertidas a su forma inorgánica (NH_4 y NO_3). La mineralización del nitrógeno orgánico depende de las condiciones ambientales como: temperatura, humedad, aireación del suelo y por el tipo y cantidad de nitrógeno orgánico disponible, (Netafim, 2015).

D. Fuentes de nitrógeno

Entre las fuentes más utilizadas de nitrógeno dentro de la industria cañera se encuentra la Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) con una concentración de nitrógeno del 46 % en forma amida (NH_2). La urea debe de incorporarse al suelo debido a las pérdidas de volatilización que sufre al dejarla sin incorporar. Por otro lado, encontramos en nitrato de amonio (NH_4NO_3) cuenta con el 33.5 % de Nitrógeno con la mitad en forma de NH_4 y la otra mitad en forma de NO_3 -También en la industria se encuentra el sulfato de amonio con una concentración de 21 % de Nitrógeno y 24 % de azufre este fertilizante no tiene problemas con su manejo sin embargo la concentración de nitrógeno es baja en relación a las otras fuentes utilizadas en la industria, (Netafim, 2015).

2.2.5. El riego en el cultivo de caña de azúcar

En la zona cañera el riego es una actividad importante. En la de cada de 1990 los sistemas de riego más utilizados eran los sistemas de gravedad, tipo inundación, y aspersión por cañón. Esta actividad despegó en el año 2000 cuando solo el 61 % estaba bajo condiciones de riego en la zafra 2009-2010 llegó a ocupar el 80 % del área de la zona cañera. El objetivo principal de esta actividad es asegurar la población inicial de la caña de azúcar e incrementar el peso de los tallos al final del ciclo. En la actualidad para seleccionar el tipo de riego se utilizan parámetros como, (Smart, 2015).

- eficiencia en el uso de agua
- economía en la inversión y manejo en el sistema de riego,
- los cuales han permitido optimizar el uso del agua la cual proviene de diferentes fuentes como: ríos, norias, pozos profundos y pozos artesanales.

Los sistemas considerados innovadores son los de mini aspersión y los de baja presión mecanizados (pivote central, fijos), son los que más han crecido en desde el 2005 específicamente en el Ingenio Magdalena.

A. Calidad de agua para riego

La calidad del agua para irrigación está determinada por la cantidad y el tipo de sales que la constituyen. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos por lo tanto a la planta debe hacer mayor esfuerzo para poder absorber el agua.

Por medio de un análisis del agua con fines de riego en laboratorio se deben determinar los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, Cantidad de sales y la Relación de absorción de sodio (Pinto, 2011).

a. Salinidad

Esta se mide mediante los índices de conductividad eléctrica. Cuando se mide la cantidad de sales en el agua los valores pueden ser dados en mili equivalentes por litro (me L-1) o partes por millón (ppm), (Smart, 2015).

b. Conductividad eléctrica

Este parámetro se mide con un conductímetro y registra la presencia de sólidos disueltos. Mientras más registre contenidos de sólidos más alto será su valor, (Smart, 2015).

c. Relación de absorción de sodio (RAS)

Este parámetro indica la cantidad de sodio en el agua de riego con relación al calcio y magnesio. El alto nivel RAS podría causar un alto daño en la estructura del suelo y la infiltración, (Smart, 2015).

d. pH en el agua

Es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H) en el agua. Mientras mayor sea el contenido de iones de hidrógeno en el agua menor será el pH, (Smart, 2015).

Los iones de hidrógeno participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua. La concentración de iones de hidrógeno, así como el pH influyen en la solubilidad de los fertilizantes, las formas iónicas, la disponibilidad de los nutrientes a las plantas, etc. (Smart, 2015).

2.2.6. Sistema de riego mini aspersión

A. Riego por aspersión

El riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia, para obtener este resultado se hace pasar el agua de riego a través de pequeños orificios, necesitando para ello de considerables presiones, obtenidas por equipos de bombeo o por grandes desniveles (Pinto, 2011).

El objetivo principal de este riego es aportar a los cultivos el agua necesaria para cubrir sus necesidades, de la forma más uniforme y eficiente posible (Pinto, 2011).

B. Riego por mini aspersión

El sistema de mini aspersión mejora la eficiencia de horas/día trabajados. Aumenta el área regada por día; mejora la relación hectáreas regadas por hora de operación; es más uniforme; opera con baja intensidad de riego; mejora la distribución de la lámina de riego en el perfil del suelo, demanda menos potencia, por lo tanto, el consumo de combustible por hora disminuye y facilita la logística de la operación del riego (Pinto, 2011).

C. Fertirrigación

Esta técnica consiste en la aplicación del fertilizante al cultivo por medio del agua en el sistema de riego lo cual hace una distribución más uniforme para que cada gota contenga la misma cantidad de fertilizante. Por medio de la fertirrigación la planta recibe su alimento en las mejores condiciones y el aprovechamiento es inmediato, evitando así el tiempo que pase para disolverse en el suelo (Netafim, 2015).

No en todos los sistemas de riego es posible realizar esta técnica, solamente se puede realizar, en los que se garantice la uniformidad en la distribución como lo es en el sistema de mini aspersión o el riego por goteo, (Netafim, 2015).

D. Bases de la fertirrigación

El agua es el principal vehículo por lo tanto el principal alimento para la planta, es importante incorporar fertilizante cada vez que se riega para equilibrar la dosis hídrica y así compensar lo consumido, Según el estado fenológico así será la exigencia de la planta, (Netafim, 2015).

E. Ventajas de la fertirrigación

- a) La distribución de los nutrientes es más uniforme en la zona mojada donde se concentran las raíces, aumentado así la disponibilidad y la absorción de nutrientes y permitiendo mayores tasas de crecimiento del cultivo y mayores rendimientos de caña.
- b) El aporte de nutrientes aumenta a lo largo de la temporada de acuerdo con las fases de desarrollo del cultivo, para satisfacer los requerimientos nutricionales reales del cultivo.
- c) La aplicación de nutrientes al suelo puede ocurrir en condiciones de cultivo o de suelo que no permitirían la entrada al campo con el equipo convencional.
- d) Las pérdidas de nutrientes por volatilización se reducen.
- e) No se provocan daños al cultivo por poda de raíces, rompimiento o dobladura de hojas, como ocurre con los métodos y equipos convencionales de aplicación de fertilizantes.
- f) Generalmente se requiere menos mano de obra y equipos para la aplicación de fertilizantes y para supervisar la aplicación.
- g) Se evita la compactación del suelo porque no hay ingreso de maquinaria pesada al campo.

2.2.7. Manejo del nitrógeno en la caña de azúcar de la zona centro de Veracruz, México

Uno de los principales insumos que requiere la caña de azúcar para su buen desarrollo es el fertilizante nitrogenado. Por lo que este nutrimento debe aplicarse en las dosis requeridas por este cultivo, a fin de obtener rendimientos por unidad de superficie que resulten en mejores beneficios financieros para los productores (Segura, 2000; Smith, 2000, Weterings y Russell, 2004).

Además, la cantidad total de nitrógeno (N) que demanda el cultivo debe distribuirse de acuerdo a las necesidades que requiere la planta en sus fases de crecimiento y desarrollo (Gowda et al., 1988; Toledo et al., 2002).

El nitrógeno es un elemento muy móvil y está expuesto a pérdidas por lixiviación, volatilización y desnitrificación. Por lo que es importante incorporarlo al suelo fraccionado, para que esté disponible en las diversas etapas fenológicas del cultivo

Según Pacheco (1992) y Weier et al. (1996) Los resultados obtenidos de la investigación en el manejo de nitrógeno en caña de azúcar en Veracruz, Mexico; mostraron que al aplicar dosis de fertilización superiores a los 150 kg/ha de nitrógeno, no se garantiza mayores rendimientos. Sin embargo, el fraccionamiento generó mayores rendimientos en el cultivo. Fraccionamiento del fertilizante nitrogenado aumenta la eficiencia de absorción del cultivo.

- **Lixiviación de nitrógeno**

Se encontró que, al aplicar una dosis menor de nitrógeno, las pérdidas de este nutrimento por lixiviación son menores. Lo anterior debido a que cuando se aplica una dosis de 250 kg/ha de N, fraccionada en dos, tres y cuatro aplicaciones, se pierden de manera acumulada de 30.62 Kg hasta 40.86 Kg de nitrógeno por ha. Cuando se aplicó una dosis de 200 kg/ha de N, fraccionada en dos, tres y cuatro aplicaciones, se registró una pérdida acumulada que osciló de 21.82 Kg a 30.16 Kg de nitrógeno por ha, lo que representó una pérdida de hasta

el 15.0 %. Lo anterior coincide con lo reportado por Bergström y Johansson (1991), quienes reportaron pérdidas por lixiviación de N del orden de este porcentaje para la misma dosis. Al aplicar una dosis de 150 kg/ha de nitrógeno, fraccionándolo en dos, tres y cuatro aplicaciones, se observa que las pérdidas de N oscilan entre 15.40

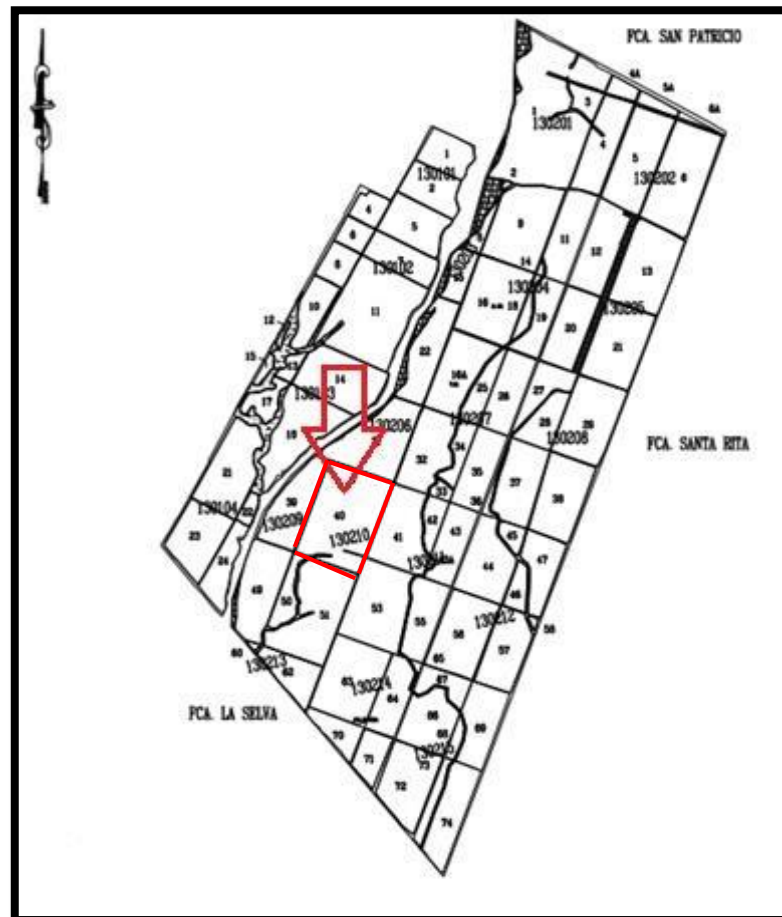
Se observa que el manejo del agua juega un papel muy importante en este proceso, ya que se registraron las mayores lixiviaciones en la época de riego, seguido por aquellas ocasionadas por las lluvias y las menores en épocas de seca. Sin embargo, en todas las épocas, las mayores dosis fueron las que registraron las mayores lixiviaciones de N.

2.3. Marco referencial

El estudio se llevó a cabo en el lote 130210 de la finca “Santa Mónica” ubicada en el Municipio de La Democracia, Escuintla a 10 km de las oficinas centrales de la finca Baganvilia. Colinda al norte con la finca San Patricio al oeste con la finca Santa Rita y al sur este con la finca La Selva.

2.3.1. Ubicación geográfica de la finca

La entrada a finca Santa Mónica se encuentra entre las coordenadas geográficas $14^{\circ}06'39.47''N$, $90^{\circ}57'50.93''O$. En la figura 5, se muestra el mapa de la finca Santa Mónica.



Fuente: Ingenio Magdalena, 2015.

Figura 5. Plano finca Santa Mónica

2.3.2. Zonas de vida

Según el mapa de zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (CENGICAÑA 2,015), la finca de Santa Mónica se encuentra dentro de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical (cálido). En la figura 6 se muestra el mapa de zonas de vida.



Fuente: CENGICAÑA, 2015

Figura 6. Mapa de zonas de vida.

2.3.3. Suelos

Según Paniagua, 2014, el análisis varietal del ingenio Magdalena (2015) la finca Santa Mónica donde se realizó el ensayo cuenta con un suelo del orden molisol. Los suelos molisoles ocupan el 40% del área cañera de Guatemala según Diplomado ingeniería cañera (2013), son suelos medianamente evolucionados de perfil ABC o AC, presentan un horizonte "A" color oscuro, profundos, friables con contenidos medio y altos de materia orgánica, El horizonte "C" es frecuentemente arenoso con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) alto y saturación de bases (SB) mayor al 50% en todos sus horizontes, su pH varía de ligeramente ácido a neutro (Paniagua, J 2014).

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar tres fraccionamientos de dosis de nitrógeno aplicado en fertirriego por mini aspersión en el cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp*) en la finca Santa Mónica del Ingenio Magdalena.

4.2. Objetivos específicos

1. Comparar los rendimientos de caña expresados en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH), obtenidos en la cosecha, al fraccionar la dosis de nitrógeno.
2. Evaluar el comportamiento de las variables población de tallos por metro lineal, altura, diámetro y número de entrenudos por el fraccionamiento de Nitrógeno

5. HIPÓTESIS

Al realizar aplicaciones fraccionadas de la dosis de nitrógeno se inducirá a una mayor absorción de este elemento, lo que se reflejará en un aumento del rendimiento de la caña de azúcar.

6. METODOLOGÍA

6.1. Descripción del material experimental

6.1.1 Variedad CP 88-1165

La variedad de caña de azúcar CP 88-1165 fue cruzada en Canal Point Florida en el año 1988 su número de correlativo es 1165, esta variedad es el resultado de las variedades CL 61-620 y CP 56-63 (Comparini, 2006).

6.1.2 Características morfológicas

Esta variedad es de regular deshoje natural su hábito de crecimiento es de tallos semirectos, de follaje escaso; con entrenudos de color rojizo. Su crecimiento en curvado en forma de zigzag, posee un canal en el lado de la yema a lo largo del entrenudo, todos los tallos tienden a rajarse, la yema es ovalada con alas, con anillo de crecimiento semi-liso; la aurícula tiene forma lanceolada larga y corta en la misma vaina su lígula es de crecimiento lineal; cuello es de color verde oscuro con superficie lisa, la mayoría de las vainas se concentran en un solo lado (Comparini. S, 2006).

6.1.3 Características agronómicas

Esta variedad se adecua para el estrato medio bajo, posee un 33 % de floración en el estrato medio y cero en el estrato bajo, su contenido de corcho es de 17 % para el estrato medio y 8 % para el estrato bajo tiene un contenido de fibra de 11.5 %; puede presentar síntomas de amarilla miento foliar. (Comparini. S, 2006).

6.2 Descripción del sistema de riego

6.2.1 Sistema de riego mini aspersión

El sistema de riego mini aspersión que se utilizó para la investigación está compuesto por laterales de aluminio de 63 mm de diámetro y 6 m de largo con un distanciamiento entre laterales de 18 m de longitud y entre aspersores 12 m los aspersores que utilizaron fueron NAAN DAN 5035 con boquilla de 4 mm, la cual permite distribuir un caudal de 4.4 gpm, a una operación de 45 PSI. La lámina de riego que utiliza el ingenio Magdalena es de 6 mm como lámina básica de riego por lo tanto el ingenio seleccionó un aspersor que aporta una lámina por riego de 55.5 mm (Pinto, 2011).

Con la utilización de una bomba de inyección “Eco-Fertic” (figura 7), se procedió a realizar la inyección de fertilizante al sistema. La bomba se acopla por medio de un cuello de ganso, a la válvula de riego y por ultimo al tonel de pre-mezcla por medio de las mangueras de succión e inyección que posee la bomba para poder realizar la inyección de la pre-mezcla de fertilizantes al sistema de riego. La bomba eco-fertic la cual trabaja por medio de la presión del sistema de riego o golpe de ariete, posee 4 mangueras las cuales tienen la función de succionar agua a la bomba para poder trabajar; así como succionar la solución e Inyectar la solución al sistema de riego y expulsar el excedente de agua de la bomba si expulsar la solución. Lo que permite la inyección al sistema de riego.

6.3 Fuentes y dosis a aplicar

La dosis recomendada para cada finca está dada por el Departamento de Investigación junto con el comité de investigación.

Como fuente principal de nitrógeno (N) se utilizó urea con el 46 % de nitrógeno y según el análisis varietal del ingenio Magdalena en la finca Santa Mónica solamente se utilizará nitrógeno (N) en una dosis de 103.03 Kg N/ha (cuadro 3).



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 7. Sistema de Riego: A) Bomba de inyección "Eco-Fertic", B) Cuello de ganso, C) Válvulas de bola con acople mecánico

Cuadro 3. Tratamientos a evaluar con el fraccionamiento de dosis a aplicar en la Investigación.

Tratamiento	No. Líneas	1er .riego (%)	2do. riego (%)	3er. riego (%)	4to. riego (%)
1	3	50	50	--	--
2	3	33	33	33	--
3	3	25	25	25	25

Fuente: Elaboración propia, 2015

6.4 Modelos estadísticos

A continuación, se presentan los modelos estadísticos utilizados en la investigación, así mismo el análisis de varianza para la comparación del grupo independiente.

6.4.1 Diseño completamente al azar

Este modelo estadístico fue utilizado para evaluar el rendimiento expresado Toneladas de caña por hectárea (t/ha) y toneladas de azúcar por hectárea (t/ha)

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

Siendo:

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

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto de i -ésimo tratamiento (nivel del factor) en variable dependiente

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

6.4.2 Diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas

Se realizó el análisis de varianza para la comparación de medias de K grupos independientes (tratamientos), cuyo modelo estadístico matemático es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + U_j(i) + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + E_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, 3, 4 \text{ fraccionamiento} \\ j = 1, 2, 3, 4 \text{ repeticiones} \\ k = 1, 2, 3, 4 \text{ lecturas} \end{cases}$$

Siendo:

Y_{ij} = variables de respuesta medidas en la ij – esima unidad experimental.

μ = media general de la variable de respuesta

α_i = efecto de i – ésimo nivel del factor A

ρ_k = efecto de la k – ésimo lectura

$(\alpha\beta)_{ik}$ = efecto debido a la interseccion del i – ésimo fraccionamiento con el K –ésimo lectura.

E_{ijk} = error experimental asociado a la parcela pequeña

En caso de encontrar diferencias significativas se realizó una prueba de comparación múltiple de medias, de acuerdo con el criterio de Tukey.

6.5 Tratamientos

La evaluación estuvo compuesta por 3 tratamientos de fertirriego con 5 repeticiones para cada tratamiento. Los cuales se describen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamientos	Fraccionamiento de la fertilización	Dosis (%)
T1	2 aplicaciones de fertirriego Urea	50
T2	3 aplicaciones de fertirriego Urea	33.33
T3	4 aplicaciones de fertirriego Urea	25

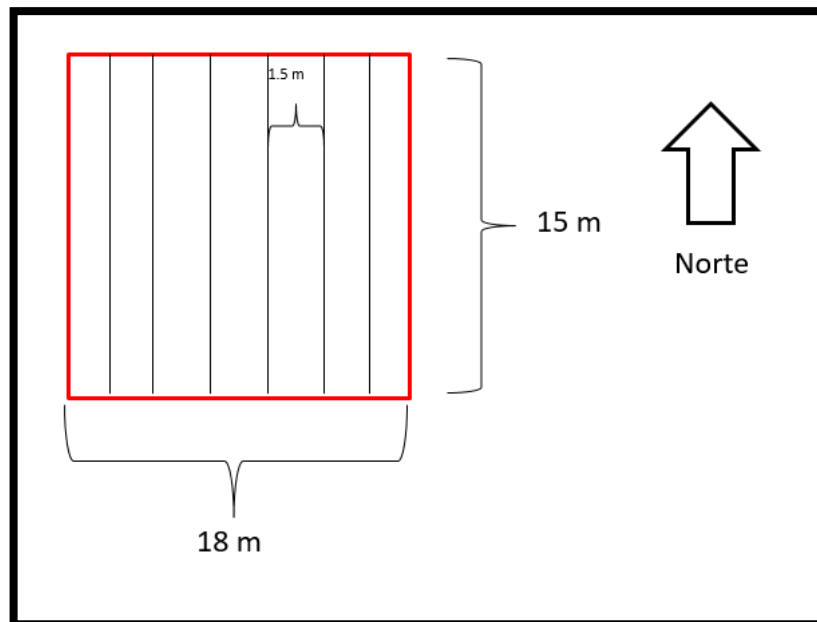
Fuente: Elaboración propia, 2015

La aplicación de fertirriego inició a los 45 días después del corte, con una frecuencia de 8 días con turnos de riego de 6 h.

La aplicación del fertilizante se realizó por medio de una pre-mezcla en toneles de 200 L agregando 1 kg de urea por litro de agua. La inyección del fertilizante se inició en la última hora de riego para evitar el lavado de la solución.

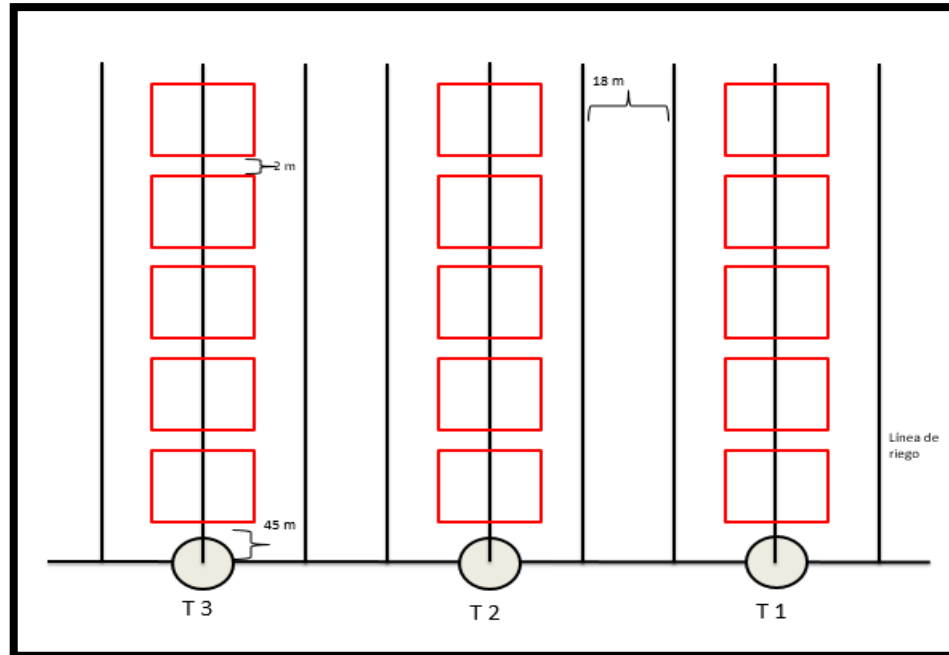
6. 6 Unidad experimental

Para cada tratamiento se establecieron parcelas de 12 surcos de distanciamiento simple (1.50 m), por 15 m de largo, es decir cada parcela tendrá un área de 270 m² por parcela bruta (0.027 ha) entre las parcelas se establecerá 2 metros para poder diferenciar una parcela de otra Figura 8.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Figura 8. Unidad experimental



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Figura 9. Croquis del experimento

6.7. Variables a medir

Entre las variables a medir se encuentran: toneladas de caña por hectárea (t/ha), toneladas de azúcar por hectárea (t/ha), altura de tallos, diámetro, número de entrenudos y población en un metro lineal; las cuales se describen detalladamente a continuación:

6.7.1. Variables principales

a) Toneladas de Caña por hectárea (t/ha)

Esta variable se obtuvo pesando la totalidad de tallos cosechados en la unidad experimental y luego expresándolos como toneladas por hectárea. La cosecha se realizó a los 12 meses después de iniciada la investigación.

b) Toneladas de Azúcar por hectárea (t/ha; TAH)

Se realizó un muestreo de caña al momento del corte del ensayo, la cual se envió al laboratorio de caña del ingenio Magdalena para poder obtener los datos necesarios para las TAH. Por medio de la siguiente ecuación se calcularon las toneladas de azúcar por hectárea:

$$TAH = 200x\left(\frac{\% \text{ jugo}}{100}\right)x\left(\frac{\text{Pol jugo}}{100}\right)x(RF)$$

RF= índice de rendimiento de la fabrica

6.7. 2 Variables secundarias

Biometría (altura de tallos, diámetro, número de entrenudos y población en un metro lineal) metodología tomada del ingenio Magdalena S.A.

Se realizaron 6 muestreos durante la investigación. Para realizar los muestreos se utilizará la metodología propuesta por el ingenio Magdalena, la cual consiste en medir quince tallos de cada parcela para obtener los datos de altura, diámetro y número de entrenudos.

a) Altura

Se midió de la base de la planta al último cuello visible que es la última hoja donde crece el último entrenudo.

b) Diámetro

Utilizando un vernier se midió el diámetro. Las lecturas se empiezan a realizar dependiendo de la edad de la caña y de los 3 sectores de la planta para la lectura que se divide en tres tercios. En el cuadro 5 se muestra el entrenudo medido por sector.

Cuadro 5. Lecturas de diámetro de entrenudos

Edad	Entrenudos a medir	Sector
4-5 meses	3-4 Entrenudo	1er. Tercio de caña
8-9 meses	14-15 entrenudo	2do. Tercio de caña
11-12 meses	25-30 Entrenudo	3er. Tercio de caña

Fuente: elaboración propia, 2015.

c) Los entrenudos

A los 45 días de edad de la planta, se contó el número de entrenudos desde la base del tallo (el primer entrenudo visible) hasta el último en la parte cercana al meristemo apical caulinar de la planta. Los valores obtenidos fueron promediados debido a que las lecturas se toman de 20 tallos de una repetición.

d) Metro lineal

Se marcó un metro lineal en el centro de la parcela para evitar efecto de borde por lo que se contó el número de tallos presentes es esa longitud.

Se tomaron lecturas antes de las aplicaciones de los tratamientos y luego se recopilaban datos cada 45 días después de la aplicación hasta cumplir con las 6 lecturas establecidas para obtener gráficos del comportamiento del cultivo a través del tiempo en los distintos tratamientos aplicados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Toneladas de caña por hectárea (t/ha)

Para obtener las toneladas de caña por hectárea se pesaron los tallos de parcelas de la investigación obteniendo los siguientes resultados: el tratamiento con mayor cantidad fue el 3 que consiste en fraccionamientos de nitrógeno en 4 partes con 106.18 t/ha de caña; seguido por el tratamiento 1 con fraccionamientos de nitrógeno en 2 partes con 102.18 t/ha de caña y por último el tratamiento 2 con fraccionamientos de nitrógeno en 3 partes con 97.40 t/ha de caña (figura 10). Esto nos muestra que el tratamiento 3 es el de mayor tonelaje con respecto a los otros, debido a lo anterior se realizó un análisis de varianza de los tratamientos para determinar si existe diferencia significativa cuadro 6.

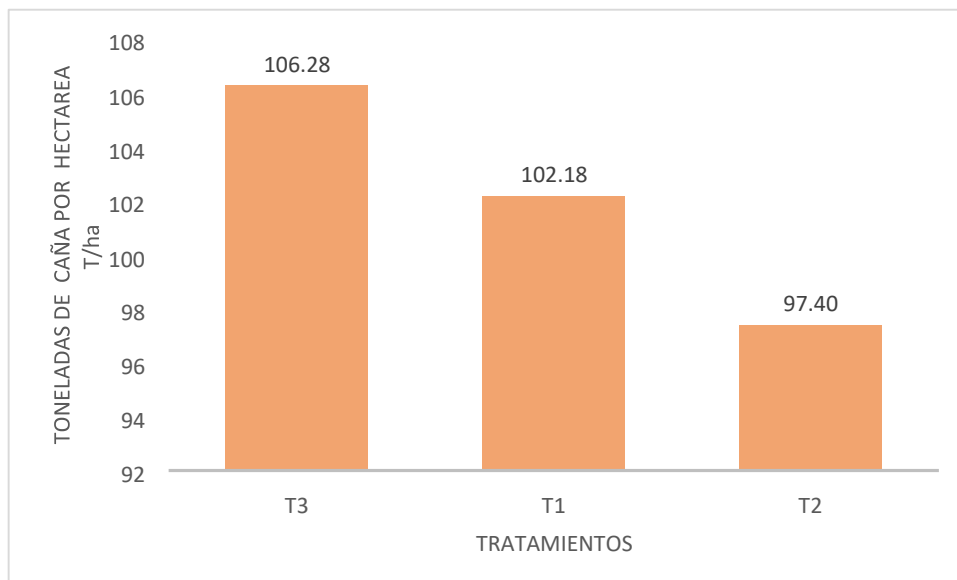


Figura 10. Cantidad de toneladas de caña por hectárea en finca santa Mónica.

Cuadro 6. Resumen de análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea (t/ha).

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
Repetición	353.67	4	88.42	0.99	0.4640
Tratamiento	197.78	2	98.89	1.11	0.3753
Error	712.28	8	89.04		
Total	1263.73	14			

Referencias:

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

Al realizar el análisis de varianza (cuadro 6) se observó que no existe diferencia estadística significativa del efecto de los fraccionamientos aplicados (valores de p mayores a 0.05). Por lo que, puede decirse que no existe influencia de los diferentes fraccionamientos de la dosis de nitrógeno (urea) en cuanto a la cantidad de toneladas de caña por hectárea, es decir que no importa si se realizó 2, 3 o 4 fraccionamientos no existirá diferencia significativa, debido a que la aplicación del fraccionamiento de las dosis fue a muy corto plazo por lo que la planta absorbió similares cantidades de nitrógeno en una transición corta (aplicación de fertirriego cada 8 días), según el estudio realizado en Veracruz, México en donde se evaluó el fraccionamiento del Nitrógeno en caña de azúcar donde si demostró que si existía diferencia estadística significativa donde se utilizó como parámetro la primera aplicación a los 5 días después del rebrote, y haciendo aplicaciones cada 30 días (Landeros Sánchez, C; Moreno-Seceña, J.C. et al, 2015).

7.2 Toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).

Al obtener los datos de laboratorio del muestreo que se realizó al momento de la cosecha se obtuvieron las toneladas de azúcar por hectárea utilizando la ecuación de t/ha que utiliza el ingenio Magdalena dando como resultado que el tratamiento con mayor cantidad fue el 3 que consiste en fraccionamientos de nitrógeno en 4 partes con 8.30 t/ha de azúcar; seguido

por el tratamiento 1 con fraccionamientos de nitrógeno en 2 partes con 8.27 t/ha de azúcar y por último el tratamiento 2 con fraccionamientos de nitrógeno en 3 partes con 8.21 t/ha de azúcar (figura 11). Esto nos muestra que el tratamiento 3 es el de mayor tonelaje con respecto a los otros fraccionamientos, debido a lo anterior se realizó un análisis de varianza de los tratamientos para determinar si existe diferencia significativa (cuadro 7).

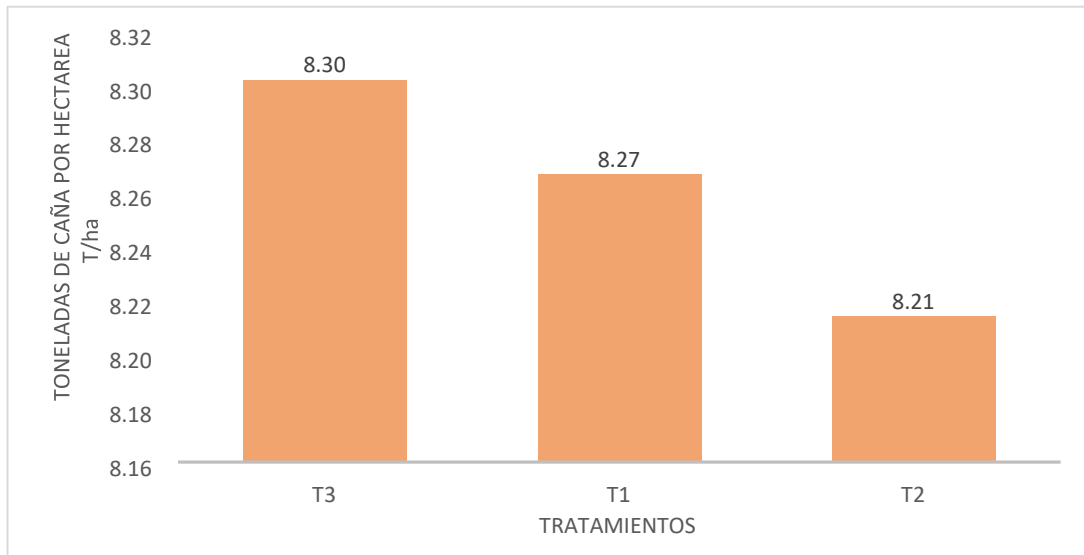


Figura 11. Cantidad de toneladas de azúcar por hectárea (t/ha)

Cuadro 7. Resumen del análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
Repetición	0.02	4	0.01	0.03	0.9950
Tratamiento	3.91	2	0.98	0.50	0.73093
Error	15.74	8	1.97		
Total	19.67	14			

Referencias:

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

Al realizar el análisis de varianza (cuadro 7) se observó que no existe diferencia estadística significativa del efecto de los fraccionamientos aplicados (valores de P mayores a 0.05). Por lo que, puede decirse que no existe influencia de los diferentes fraccionamientos de la dosis de nitrógeno (urea) en cuanto a la cantidad de toneladas de azúcar por hectárea,

La planta requiere mayor cantidad de nitrógeno al inicio de su crecimiento por lo que puede utilizarse cualquier fraccionamiento de la dosis de nitrógeno (urea) pero es importante recalcar que en el de menor fraccionamiento, se reducirán los costos en cuanto a la mano de obra.

7.3 Variables secundarias

Para las variables medidas en varias lecturas se utilizó un arreglo de parcelas divididas, similar a un diseño completamente al azar. En las parcelas grandes se ubicaron los tratamientos y en las parcelas pequeñas las lecturas.

7. 3.1 Población de tallos

La población de tallos se refiere al número total de tallos que se encuentran en un metro lineal ubicado en el surco central de la parcela evaluada.

En la figura 12, se puede observar el comportamiento de la población de tallos en las 5 lecturas realizadas durante la evaluación. Se observa la tendencia de disminución de población a través del tiempo. Por lo que según la Figura se puede identificar que en cuanto al número promedio de tallos por hectárea fue superior el tratamiento 3 el cual corresponde al fraccionamiento de la dosis de nitrógeno en 4 aplicaciones realizadas tanto en la primera, segunda, cuarta y quinta lectura; y en la tercera lectura fue mayor el tratamiento 1 con 2 aplicaciones de nitrógeno.

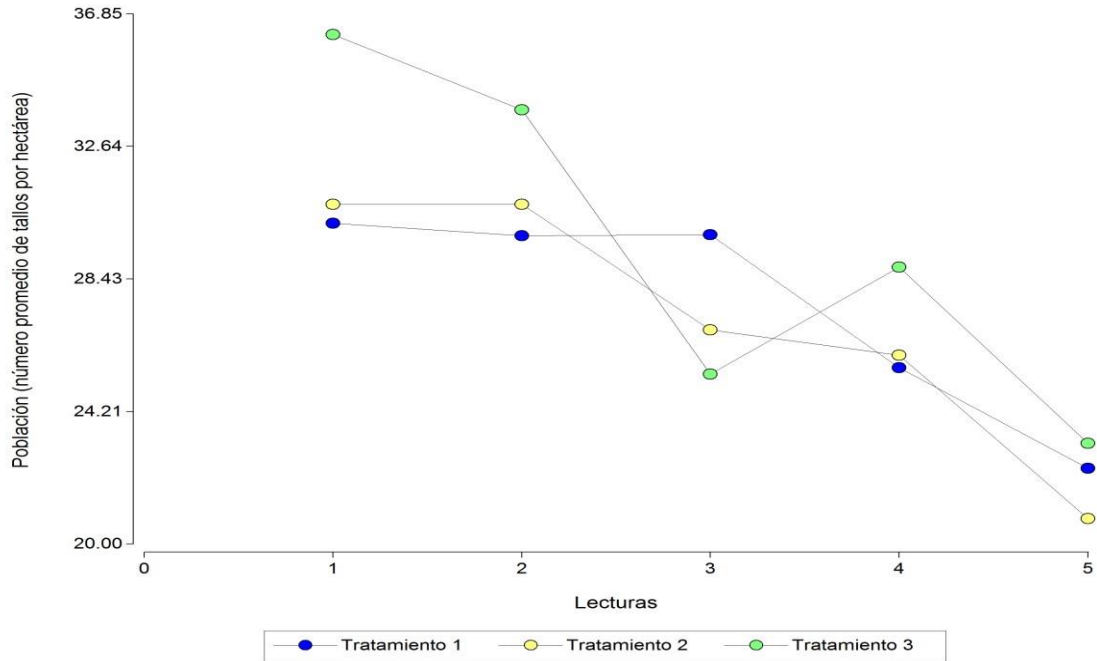


Figura 12. Comportamiento del tiempo en la población de tallo.

A. Revisión de los supuestos

a) Homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos

En la figura 13 se observa la gráfica de la prueba de homogeneidad de la varianza e independencia de los residuos, por lo que se logra identificar que se cumple con este supuesto debido a que los residuos estudentizados tienen comportamiento aleatorio.

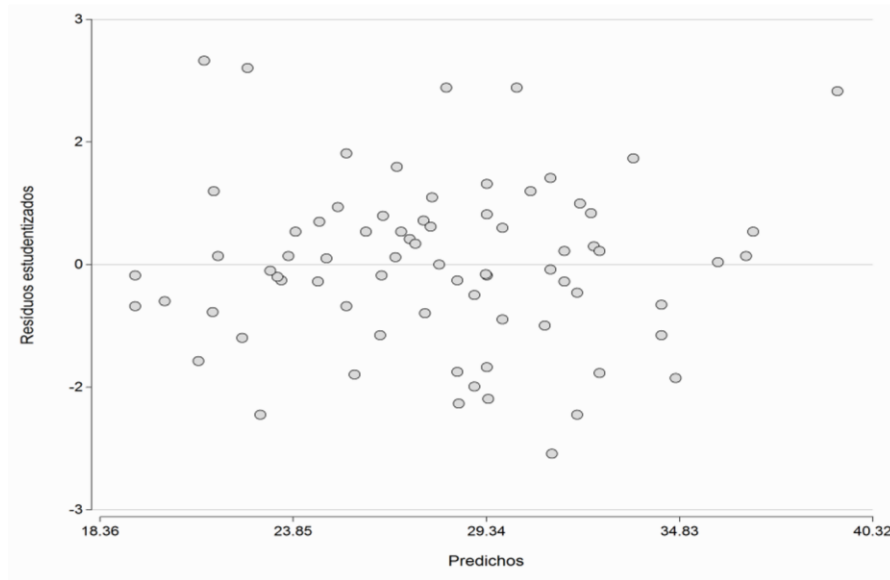


Figura 13. Homogeneidad de varianzas e independencias de los residuos.

b) Normalidad

En la figura 14 se observa la gráfica de la prueba de normalidad, y se logró identificar que se cumple el supuesto de normalidad de los residuos debido a que los datos se encuentran distribuidos cerca de la línea guía.

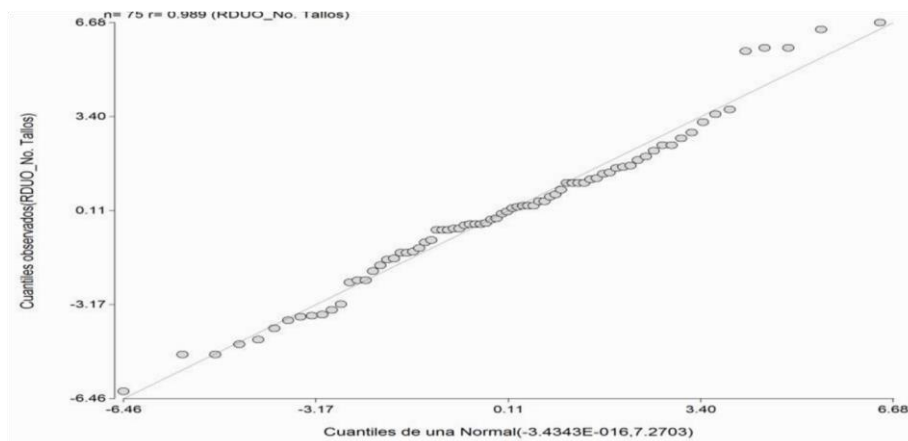


Figura 14. Normalidad de los residuos.

Para confirmar la normalidad de los residuos se realizó la prueba de Shapiro-Wilks (modificado), (cuadro 7) por lo que se puede identificar en el cuadro 8 que tiene un valor de 0.2448 por lo que cumple con el supuesto de normalidad de los residuos debido a que según Ezequiel (2014) es mayor que el nivel de significancia el cual es de 0.05.

Cuadro 8. Normalidad de los residuos Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_No. Tallos	75	0	2.7	0.97	0.2448

Debido a que se cumplió con los supuestos se realizó en análisis de varianza sobre la población de tallos, obteniendo lo siguiente:

Cuadro 9. Resumen del análisis de la varianza sobre la población de tallos

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
TRATAMIENTO	86.75	2	43.37	3	0.0879
Tratamiento-repetición	173.6	12	14.47	1.29	0.2549
Lectura	1021.55	4	255.39	22.79	<0.0001
Tratamiento*lectura	144.05	8	18.01	1.61	0.1479
Error	538	48	11.21		
Total	1963.95	74			

Referencias:

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

En el cuadro 9 se puede observar que realizando el análisis de varianza de las interacciones del análisis de parcelas divididas se obtuvo que el tiempo (lectura) tiene diferencia

estadística sobre las otras interacciones con un valor de $p < 0.0001$ siendo este valor menor a 0.05 por lo que se realizó la prueba de Tukey, (cuadro 10).

Cuadro 10. Resumen del análisis de medias sobre la población de tallos

Lectura	Medias	GRUPO
1	32.4	A
2	31.47	A
3	27.07	B
4	26.8	B
5	22.13	C

En el cuadro 10 se puede identificar que en cuanto a los tratamientos no hay diferencia significativa, y fue únicamente en cuanto al tiempo de lectura por lo que las primeras dos lectoras el número total de tallos en el metro lineal fue mayor lo que corresponde a 32.40 y 31.47 unidades, mientras que la última fue la menor con un valor promedio de 22.13 unidades por metro lineal.

Según Marroquín (2014) la caña de azúcar al terminar la fase de macollamiento auto regula su población, por la competencia de agua, luz y nutrientes que existe, hasta un 50 por ciento de tallos mueren durante el ciclo de cultivo. La edad idónea para este tipo de muestreo es de 8 meses de edad ya que a esa edad es considerado el número de tallos que llegan a la molienda.

Por tratamiento no existió ninguna diferencia estadística, lo cual se ve relacionado directamente con la producción de toneladas de caña por hectárea (t/ha) así como las toneladas de azúcar por hectárea (t/ha), según Acta Agronómica (2015), quienes realizaron una evaluación sobre las características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de caña por hectárea y sacarosa (% caña), donde una característica evaluada fue la población de tallos por metro (POB) contando la cantidad de tallos molederos en 10 metros expresado como tallos/m donde se indica que existe una alta correlación con la producción, es decir

que se requieren altas poblaciones de tallos por metro para lograr una alta producción de caña, lo que coincide con los hallazgos de Pagano et al. (2012), según Portela et al. (2013) la variable t/ha de caña y t/ha de azúcar está altamente asociada con el número de tallos tanto en plantilla como en soca. Debido a lo anterior se puede observar que no existe diferencia estadística significativa entre la población de tallos por lo que se observó que ningún fraccionamiento de la dosis de nitrógeno fue superior en cuanto a la producción de toneladas de caña por hectárea (t/ha) así como las toneladas de azúcar por hectárea (t/ha).

7.3.2 Altura, diámetro y número de entrenudos

A. Altura

Para la altura se realizaron 6 lecturas, en la figura 15 se presenta el comportamiento a través del tiempo de la altura promedio de los tallos de caña de azúcar, observando que en cuatro lecturas se identifica claramente que el tratamiento 1 que corresponde al fraccionamiento de nitrógeno en 2 partes fue superior en comparación a los otros fraccionamientos.

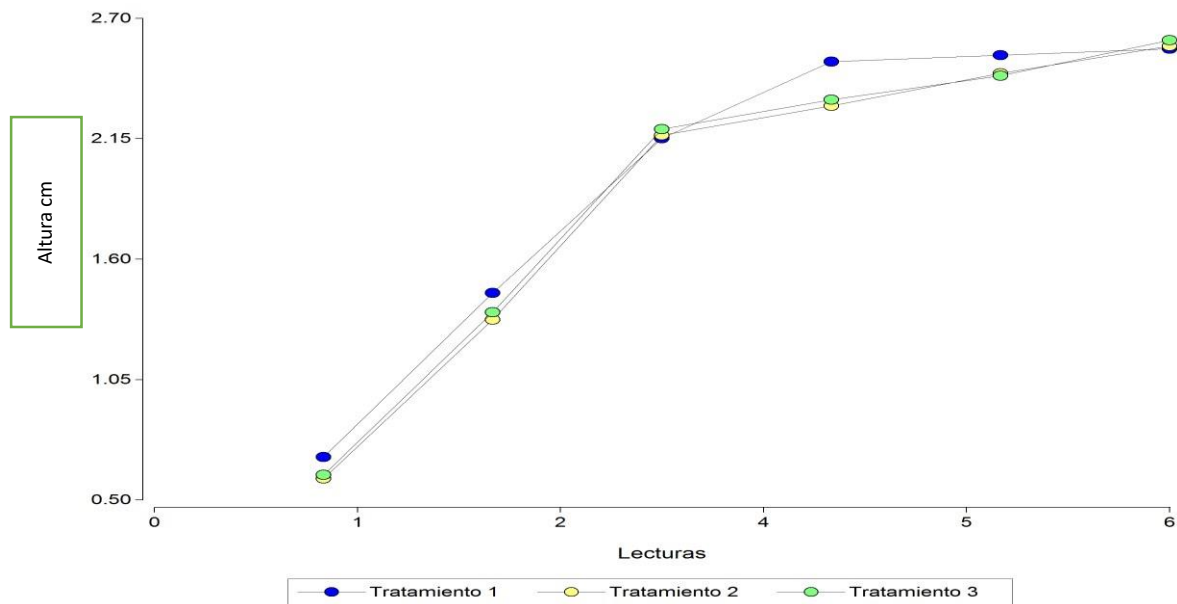


Figura 15. Altura promedio de los tallos de caña de azúcar

Al realizar el análisis de la varianza de los datos de altura (cuadro 11), se logró obtener un coeficiente de variación de 2.99 %.

Cuadro 11. Resumen del análisis de la varianza de la altura promedio de los tallos

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
TRATAMIENTO	0.1	2	0.05	14.9	0.0006
Error (a)	0.04	12	3.4	1.03	0.4343
Lectura	44.35	5	8.87	2653.62	<0.0001
Tratamiento*lectura	0.12	10	0.01	3.56	0.0009
Error (b)	0.2	60	3.3		
Total	44.82	89			

Referencias:

CV = 2.99 %

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

En el anterior, se puede observar que realizando el análisis de varianza de la altura promedio de los tallos se obtuvo que el tratamiento (valor de p 0.0006), el tiempo (lectura, con valor de p <0.0001) y la interacción entre el tratamiento y el tiempo (lectura, con el valor de p 0.0009) siendo estos P-valores menores a 0.05; se realizó únicamente la prueba de Tukey para la interacción de tratamiento y tiempo (cuadro 12).

Cuadro 12. Resumen de la prueba de Tukey para la altura promedio de los tallos

Tratamiento	Lectura	Medias	TUKEY
3	6	2.6	A
2	6	2.57	A B
1	6	2.56	A B C
1	5	2.53	A B C
1	4	2.5	A B C
2	5	2.45	B C D
3	5	2.44	C D
3	4	2.33	D E
2	4	2.3	E F
3	3	2.19	F G
2	3	2.17	G
1	3	2.15	G
1	2	1.44	H
3	2	1.36	H
2	2	1.32	H
1	1	0.69	I
3	1	0.61	I
2	1	0.6	I

En el cuadro 12 se logró identificar que en la última lectura se observaron las mayores alturas del tallo siendo el mejor el tratamiento 3 que corresponde al fraccionamiento de la dosis de nitrógeno en 4 partes realizadas con 2.6 cm de altura promedio, seguida del tratamiento 2 que corresponde a 3 partes con 2.57 cm y por último el tratamiento 1 con 2 partes con 2.56 cm de altura en promedio, por lo que a mayor fraccionamiento del nitrógeno existirá mayor altura de la planta.

B. Diámetro

Para el diámetro se realizaron 5 lecturas, en la Figura 16 se presenta el comportamiento a través del tiempo de el diámetro promedio de los tallos, observando que en el tratamiento 1 (2 fraccionamientos de nitrógeno) y en el tratamiento 3 (4 fraccionamientos de nitrógeno) tienen ambas 2 lecturas superiores.

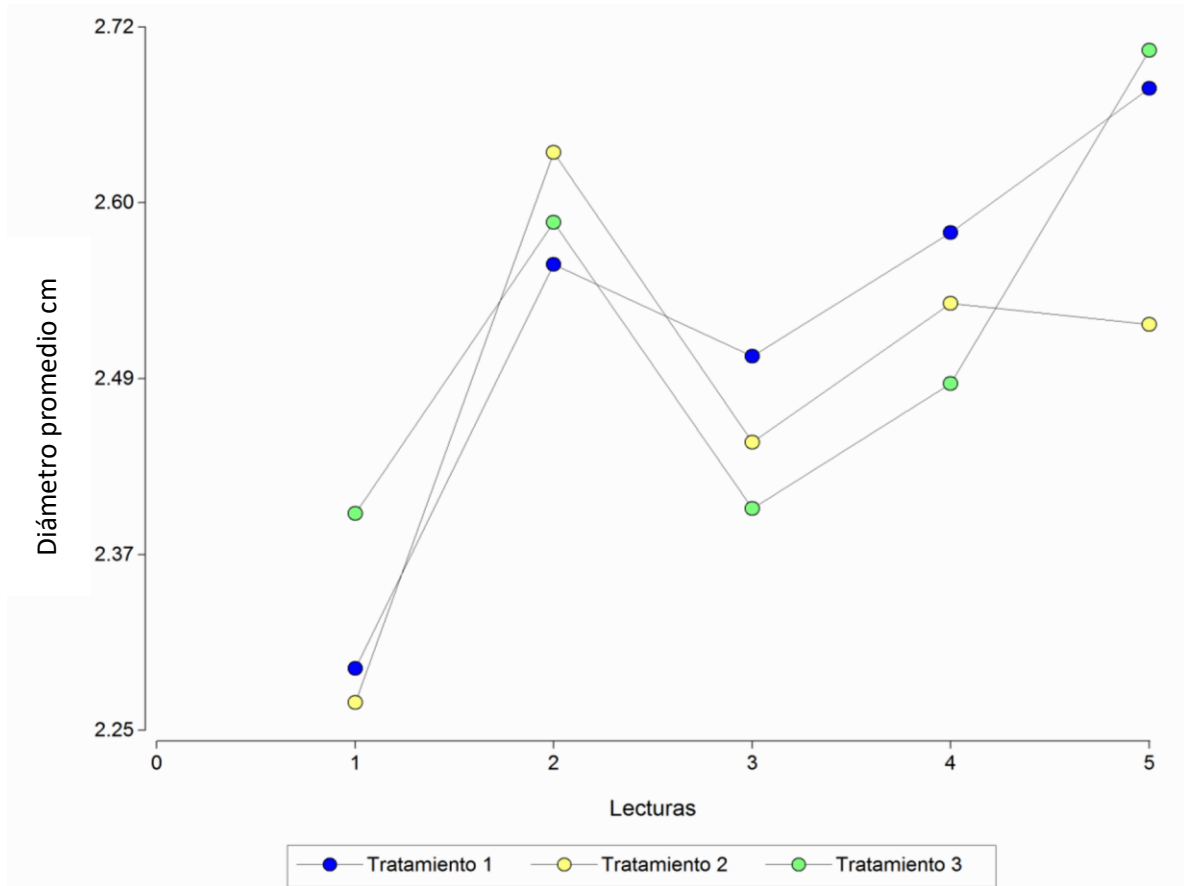


Figura 16. Diámetro promedio de los tallos.

Se realizó el análisis de varianzas para identificar si existe diferencia significativa del diámetro promedio de los tallos, lo que se logra identificar en el cuadro 13.

Cuadro 13. Resumen del análisis de la varianza del diámetro promedio de tallo

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
TRATAMIENTO	0.02	2	0.01	1.52	0.2585
Error (a)	0.1	12	0.01	1	0.4625
Lectura	0.96	4	0.24	29.83	<0.0001
Tratamiento*lectura	0.18	8	0.02	2.84	0.0115
Error (b)	0.38	48	0.01		
Total	1.64	74			

Referencias:

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

Al realizar el análisis de la varianza de los datos del diámetro promedio de tallos se logró obtener un coeficiente de variación de 3.57 %.

En el cuadro 13 se puede observar que realizando el resumen del análisis de varianza del diámetro promedio de tallo se obtuvo que el tiempo (lectura, con el valor de $p < 0.0001$) y la interacción entre el tratamiento y el tiempo (lectura, con el valor de p de 0.0115) siendo estos el valor de p menores a 0.05; se realizó únicamente la prueba de Tukey para la interacción de tratamiento y tiempo (lectura) debido a que se quiere conocer en que tratamiento se presentará un mayor promedio de diámetro del tallo de caña de azúcar (cuadro 14).

Cuadro 14. Resumen de la prueba de Tukey para el diámetro promedio de los tallos

Tratamiento	Lecturas	Medias	GRUPO
3	5	2.71	A
1	5	2.68	A B
2	2	2.64	A B C
3	2	2.59	A B C D
1	4	2.58	A B C D
1	2	2.56	A B C D
2	4	2.54	A B C D
2	5	2.52	A B C D
1	3	2.5	B C D
3	4	2.48	B C D E
2	3	2.44	C D E F
3	3	2.4	D E F
3	1	2.4	D E F
1	1	2.29	E F
2	1	2.27	F

En el cuadro 14 se logró identificar que en la última lectura se observaron los mayores diámetros del tallo siendo el mejor el tratamiento 3 que corresponde al fraccionamiento de la dosis de nitrógeno en 4 aplicaciones con un promedio de 2.71 cm en promedio.

C. Número de entrenudos de los tallos

Para el número de entrenudos de los tallos se realizaron 5 lecturas, en la figura 17, se presenta el comportamiento del número de entrenudos, observando que el tratamiento 2 que corresponde a 3 fraccionamientos de nitrógeno fue superior en las últimas lecturas que los otros 2 tratamientos.

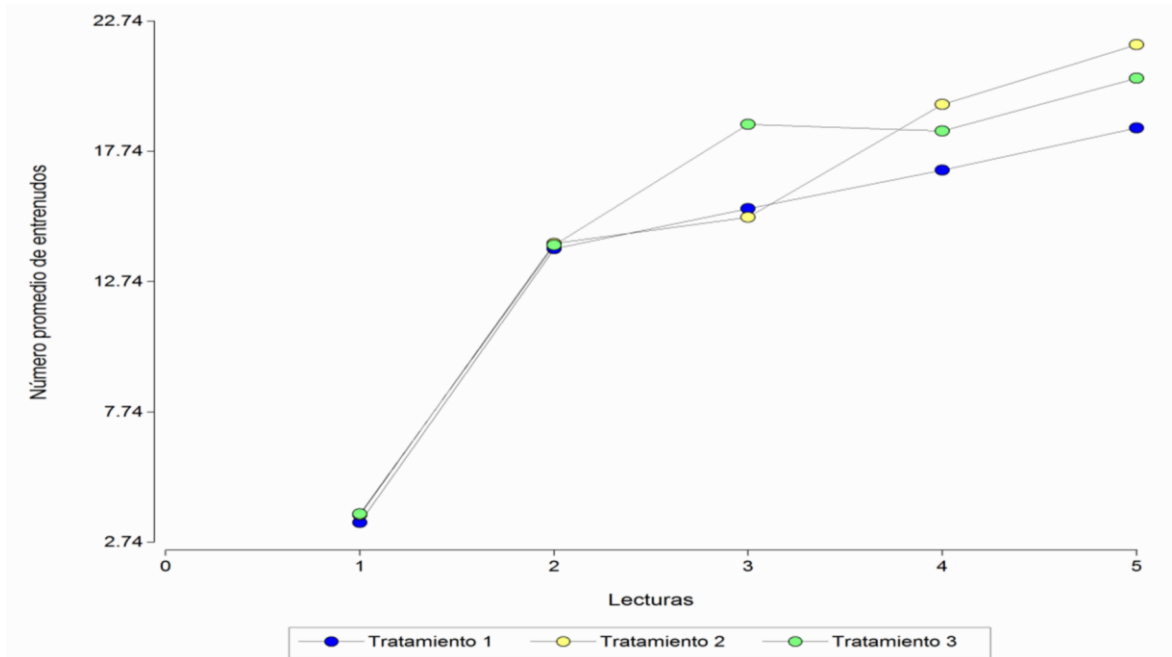


Figura 17. Numero promedio de entrenudo de los tallos.

Se realizó el análisis de varianzas para identificar si existe diferencia estadística significativa del número de entrenudos promedio de los tallos (cuadro 15), se logró obtener un coeficiente de variación de 4.72 %.

Cuadro 15. Análisis de la varianza del número de entrenudos promedio de tallo

F.V	SC	GL	CM	F	Valor de p
Tratamiento	29.1	2	14.55	33.99	<0.0001
Error (a)	5.14	12	0.43	0.9	0.5522
Lectura	2549.38	4	637.34	1342.03	<0.0001
Tratamiento*lectura	52.86	8	6.61	13.91	<0.0001
Error (b)	22.8	48	0.47		
Total	2659.27	74			

Referencias:

FV: Fuente de variación

SC: Suma de cuadrados

GL: Grados de libertad

CM: Cuadrado medio

En el cuadro 15 se puede observar que realizando el resumen del análisis de varianza del número de entrenudos promedio de tallo, el tratamiento, el tiempo (lecturas), así como la interacción de tratamiento y tiempo (lecturas) con un P-valor <0.0001 , se realizó la prueba de Tukey para la interacción de tratamiento y tiempo (lectura).

Cuadro 16. Resumen de la prueba de Tukey para el número de entrenudos promedio de tallos

Tratamiento	Lecturas	Medias	TUKEY
2	5	21.84	A
3	5	20.55	A B
2	4	19.54	B C
3	3	18.81	C
1	5	18.64	C
3	4	18.53	C D
1	4	17.03	D E
1	3	15.54	E F
2	3	15.21	F
2	2	14.2	F
3	2	14.15	F
1	2	14	F
3	1	3.81	G
2	1	3.79	G
1	1	3.49	G

En el cuadro 16 se logró identificar que en la última lectura se observaron los mayores datos del número de entrenudos del tallo siendo el mejor el tratamiento 2 que corresponde al fraccionamiento de la dosis de nitrógeno en 3 aplicaciones realizadas con un valor de 21.84 entrenudos en promedio por tallo.

8. CONCLUSIONES

1. Al comparar los rendimientos de caña de azúcar expresado en toneladas de caña por hectárea (t/ha de caña) y toneladas de azúcar por hectárea (t/ha de azúcar), obtenido en la cosecha, no se observó ninguna diferencia estadística significativa al fraccionar la dosis de nitrógeno.
2. El comportamiento de la población de tallos por metro lineal no se observó ninguna diferencia estadística significativa, en la altura de los tallos y el diámetro de caña de azúcar fue superiores en el tratamiento 3 que consiste en el fraccionamiento de nitrógeno en 4 parte, y el número de entrenudos por tratamiento fue mayor en el tratamiento 2 que corresponde al fraccionamiento de nitrógeno en 3 partes.

9. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones del fraccionamiento de nitrógeno con diferentes intervalos de aplicación tomando en cuenta la primera aplicación a los 5 días de rebrote y las siguientes cada 30 días después de la aplicación anterior para mejorar la asimilación de nitrógeno.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. ATAGUA (Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala, Guatemala). 2011. Análisis de la operación del riego por aspersión (en línea). Guatemala. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en <http://www.atagua.org.gt/web/wpcontent/uploads/2011/08/116-Analisis-de-la-operacion-del-riego-poraspersion.pdf?f021bb>
2. Bertsch, F. 2015. El análisis de suelo (en línea). Costa Rica, ACCS, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Consultado 31 mar. 2015. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/av0713_analisis_suelo.pdf
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2015. Mapa de zonas de vida de la zona cañera de la costa sur de Guatemala (en línea). Escuintla, Guatemala. Consultado 06 abr. 2015. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Generales/Zonas-de-Vida/>
4. Comparini, S. 2006. Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 2.
5. Foragro, Costa Rica. 2015. Fertirrigación (en línea). Costa Rica. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/Fertirrigaci%C3%B3n.pdf>
6. Marroquín López, OS. 2014. Uso de siete densidades de siembra de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), variedad CP 88-1165, en finca Marinalá, diagnóstico y servicios, realizados en Ingenio La Unión, S.A. Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 38-52.
7. Martínez Fuentes, JC. 2007. Contribución a la eficiencia en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), en la zona 6 del Ingenio Madre Tierra, de febrero de 2004 a noviembre de 2004, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 63.
8. Melgar, M. 2012a. Cultivo de la caña en Guatemala: el riego en el cultivo de caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. p. 130-145.
9. _____. 2012b. Cultivo de la caña en Guatemala: la meteorología en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. p. 20-21.
10. _____. 2012c. Cultivo de la caña en Guatemala: nutrición y fertilización. Guatemala, CENGICAÑA. p. 149-175.

11. Netafim. 2015. Fertirrigación (en línea). Consultado 6 abr. 2015. Disponible en http://www.sugarcane crops.com/s/agronomic_practices/fertigation/
12. _____. 2016. Fases del ciclo del cultivo (en línea). Consultado 06 jul. 2016. Disponible en http://www.sugarcane crops.com/s/crop_growth_phases/
13. Pavón Chocano, AB. 2003. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz, Castilla. Proyecto fin de carrera. Castilla, España, Universidad de Castilla. p. 19.
14. Pegano, ED; Pertinelli, LA; Méndez, De Paulall, TO, Periera, BM. 2012. Análise de trilha usando valores fenológicos y fenotípicos para componentes de rendimiento sector de la familia de la caña. *Ciencia Rural* 42:38-44.
15. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por miniaspersión para caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la finca San Nicolás del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. p. 30-33,73.
16. Portela Brasileiro, B; Peternelli, LA; Pereira Barbosa, MH. 2013. Consistency of the results of path analysis among sugarcane experiments. *Crop. Breed.* 13(2):119.
17. SIPOVE (Sistema Potosino de Vigilancia Epidemiológica, México). 2015. Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar (en línea). México. Consultado 6 abr. 2015. Disponible en http://www.sipove.gob.mx/Doc_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT_Cana_de_Azucar.pdf
18. Smart, IL. 2015a. El pH del agua (en línea). Israel. Consultado 06 abr. 2015. Disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/pH-del-agua>
19. _____. 2015b. La calidad del agua de riego (en línea). Israel. Consultado 06 abr. 2015. Disponible en https://www.google.com.gt/search?q=abrebiacion+de+israel&oq=abrebiacion+de+israel&aqs=chrome..69i57j0l18832j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF8#q=abrebiaci%C3%B3n+de+israel&spell=1
20. Viveros Valens, CA; Baena García, D; Salazar Villareal, FA; López, LO; Victoria, JI. 2014. Características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de caña por hectárea y sacarosa (porcentaje de caña) (en línea). *Acta Agronómica* 64(3):268-272. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/44494



CAPITULO III

**SERVICIOS PRESTADOS AL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL
INGENIO MAGDALENA S.A.**

3.1. INTRODUCCIÓN

Los servicios que se describen a continuación tuvieron una serie de actividades dentro del Ingenio Magdalena S.A. durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de febrero a noviembre del 2015, los cuales fueron realizados en el Departamento de Investigación y Desarrollo Agrícola.

El primer servicio fue realizar una aplicación de inhibidor de floración en caña de azúcar en diferentes fechas con el objetivo de observar el porcentaje de formación de corcho y el porcentaje de floración de la caña de azúcar y como resultado del servicio se observó que el porcentaje obtenido no presento formación de corcho.

El segundo servicio consistió en realizar una curva de maduración con la aplicación de madurantes no herbicidas vrs Glifosato en la caña de azúcar, Obteniendo así la curva de maduración de 7 semanas después su aplicación teniendo como resultado que el glifosato tiene una mayor porcentaje de maduración que los madurantes no herbicidas.

El tercer servicio consistió en la aplicación de herbicidas preemergentes para los días control de gramíneas en hojas anchas en caña de azúcar donde el producto tubo 45 días control en la maleja

3.2. SERVICIO 1. EFECTO DE FECHAS DE APLICACIÓN INHIBIDOR DE FLOR EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum sp*)

3.2.1. OBJETIVOS

1. Determinar la fecha de aplicación del inhibidor de floración.
2. Evaluar el efecto del inhibidor en porcentaje de corcho, porcentaje de floración de los diferentes tratamientos.

3.2.2. METODOLOGÍA

Se seleccionó el lote 0104 de la finca Velásquez perteneciente al Ingenio Magdalena S.A., ubicada en el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, con la variedad CP 72-2086 de tercer corte

También se utilizó el producto para la evaluación Prep 72 SL, donde se evaluaron 4 fechas de aplicación con 1 testigo sin aplicación

A. Prep 72 SL

El Prep 72 SL (ingrediente activo ethephon.) es un regulador de crecimiento vegetal más utilizado en la realidad el etileno, un no de los productos de hidrólisis del ethephon, el compuesto orgánico activo ejerce las funciones de regulador, el cual acelera la maduración de sarmientos y yemas, mejora la coloración de la bayas y hace aumentar los rendimientos y la calidad, Se aplica en el follaje, no se mezcla con otros productos

B. Tratamientos

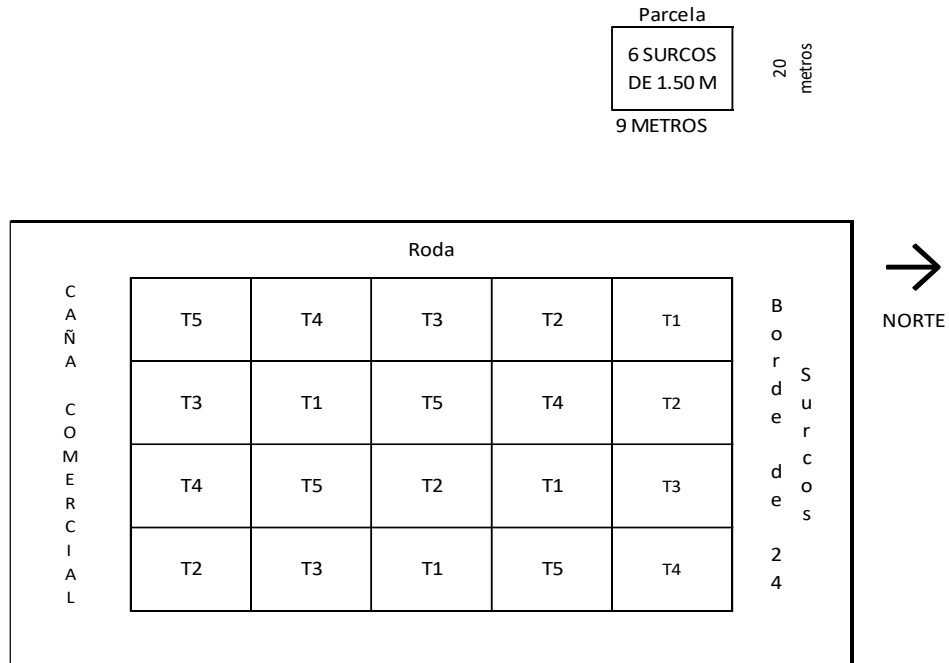
Cuadro 17. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Fecha	Descripción del producto	Dosis
1	3/08/2015	Prep 72 SL (Etephon)	1 L/ ha
2	10/08/2015	Prep 72 SL (Etephon)	1 L/ ha
3	17/08/2015	Prep 72 SL (Etephon)	1 L/ ha
4	24/08/2015	Prep 72 SL (Etephon)	1 L/ ha
5	3/08/2015	Testigo	

Fuente: Elaboración propia, 2015

C. Diseño

Se realizaron parcelas de 20 m de largo y 9 m de ancho, lo que corresponde a 0.018 ha, con 4 repeticiones cada uno.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 18. Diseño de la evaluación

D. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron utilizando un simulador de vuelo el cual simula la aplicación aérea del producto. Las aplicaciones se empezaron a realizar en la segunda semana del mes de agosto para terminar la última aplicación en el mes de septiembre.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 19. Aplicador aéreo

E. muestreos para porcentaje de corcho

Para la realización de los muestreos de flor se midieron 10 m sobre el surco del medio para luego contar todos los tallos presentes en los 10 m lineales, tomando en cuenta las siguientes características.

a. Tallo moledero

tallo que se encuentra en condiciones para la molienda.

b. Brotes molederos

Tallos que se encuentran en condiciones para la molienda, pero no son tallos principales.

c. Brotes no molederos

Tallos que no se encuentran en condiciones para la molienda.

Se toman en cuenta los tallos que este floreado a la fecha del muestreo.

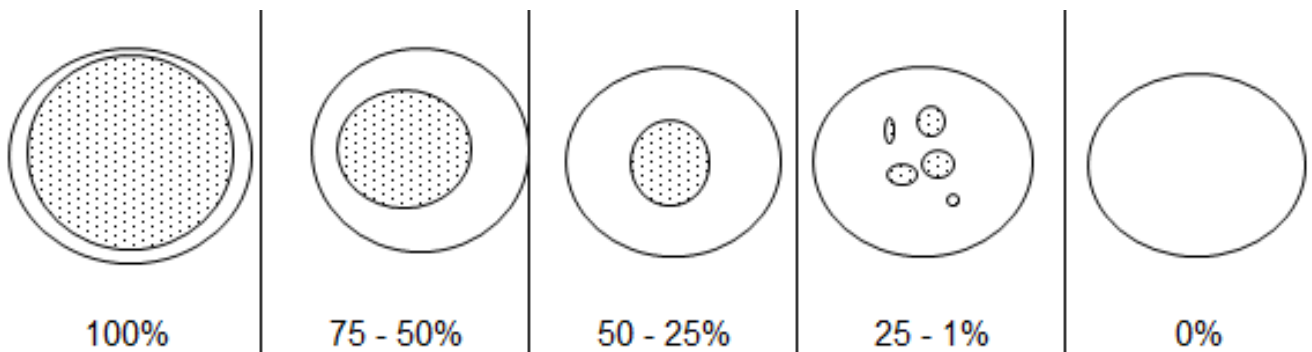
Con la siguiente formula se calcula el porcentaje de flor

$$\text{Porcentaje de Flor} = \frac{\text{Tallos con flor}}{\text{Tallos molederos y brotes molederos}}$$

F. Variables a evaluar

a. Porcentaje de corcho

se considera como corcho cuando la medula corchosa rebasa el 25% del área del entrenudo según figura. Esta medula corchosa merma el tonelaje debido a la falta de azúcar que presenta (M.Umul,2000)



Fuente Elaboración propia, 2015.

Figura 20. Medula de corcho

3.2.3. RESULTADOS

Se obtuvo el porcentaje de corcho de los tratamientos aplicados dando como resultado que la semana de aplicación (3.5%) es el tratamiento con más presencia de corcho mientras el testigo fue el tratamiento con menos corcho (0.47%) ver Figura 21.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 21. Tipo de corcho en la evaluación

En la Figura 22, se presenta el porcentaje de corcho que los tratamientos presentaron después de la aplicación de Prep 72 SL (ingrediente activo ethephon)

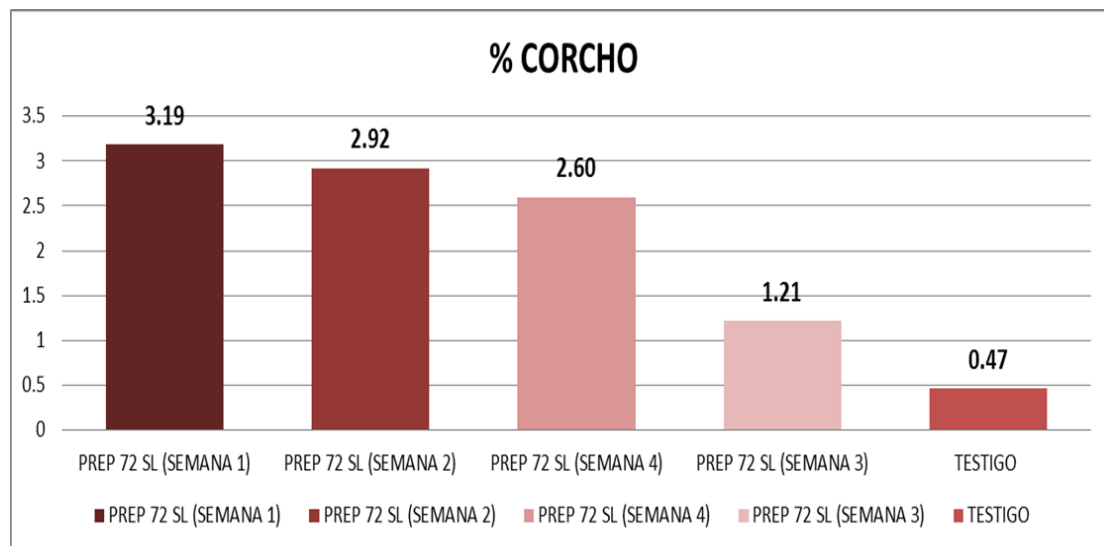


Figura 22. Resultados del porcentaje de corcho de los tratamientos

En la Figura anterior se observa el porcentaje obtenido en cada una de las aplicaciones que se realizó dando como resultado que la primera aplicación (semana 1) dio como resultado 3.19 % de corcho, donde ninguno de los tratamientos presento un porcentaje alto de formación de corcho.

3.2.4. EVALUACIÓN

En la evaluación no se obtuvo un porcentaje arriba de 25 % de corcho, lo cual nos indica que no afectara la merma del tonelaje. La merma del tonelaje de caña se empieza a observar cuando se obtiene un porcentaje arriba del 25 %.

3.3. SERVICIO 2. CURVA DE MADURACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MADURANTES NO HERBICIDA VRS GLIFOSATO A LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*)

3.3.1. Objetivos

1. Obtener la curva de maduración de la caña de azúcar.
2. Determinar el tratamiento con más rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña.

3.3.2. METODOLOGÍA

Lote 0103 de la finca Villa Laura, ubicada municipio de la democracia escuintla, que contiene el material evaluado variedad CP 72-2086 de segundo corte.

A. Características morfológicas de la variedad CP 72-2086

Es de habito de crecimiento de tallos semirrecto, presenta poco deshoje; entrenudos color verde amarillento con manchas negras, la forma de crecimiento es cilíndrico y ligeramente curvado: Yema redonda con alas de base angosta; la vaina posee un desprendimiento rosado; la aurícula presenta una forma transicional y la lígula es detoile en rombo. Presenta buena germinación, con buen macollamiento.

B. Tipos de madurantes no herbecida

a. Atrion K y P

Fertilizante foliar a base de fosforo y potasio.

b. Balancer

Es un fertilizante líquido que regula el crecimiento vegetativo y mejora las reservas de las plantas. Está compuesto por Boro y Molibdeno e inductores hormonales.

c. Cloruro de mepiquat

Es un regulador de crecimiento el cual retarda la elongación de los tallos en cultivos como son la caña, el algodón, la papaya, y el tomate. Esto permite una mayor concentración de azúcares en los tallos o frutos del cultivo.

d. Potenz K

Fertilizante potásico libre de cloro, azufre y nitrógeno. Funciona como vehículo en el transporte de los nutrientes dentro de la planta.

e. Trinexapac-etil

Es un regulador de crecimiento sistémico que inhibe el crecimiento de la parte aérea provocando una distancia menor entre los entrenudos y haciéndolos más gruesos.

f. Glifosato

Es un herbicida no selectivo de amplio espectro, desarrollado para la eliminación de malas hierbas. Es absorbido por las hojas y no por la raíz.

C. factores a evaluar

Se evaluaron 6 productos no herbicidas, comparados con el programa tradicional el cual es un madurante herbicida y un testigo sin aplicar analizando en cada uno de los tratamientos la curva de maduración a las 7 semanas después de la aplicación ver el cuadro 18.

Cuadro 18. Descripción de tratamiento

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	DOSIS
T1	Fosforo y Potasio	2 L/ha
T2	Boro y Molibdeno	9 L/ha
T3	Cloruro de Mepiquat	2 L/ha
T4	Potasio	7 L /ha
T5	Trinexapac - Etil	1.5 L /ha
T6	Glifosato	0.8 L /ha
T7	Testigo	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

D. Diseño

Se realizaron parcelas de 20 m de largo y 9 m de ancho, lo que corresponde a 0.018 ha, con 4 repeticiones cada uno. Se seleccionó el lote 0103 de la finca Villa Laura con variedad CP 72-2086.

E. Trazo de la evaluación

Al tener el área seleccionada se procedió a trazar las parcelas dentro del terreno.

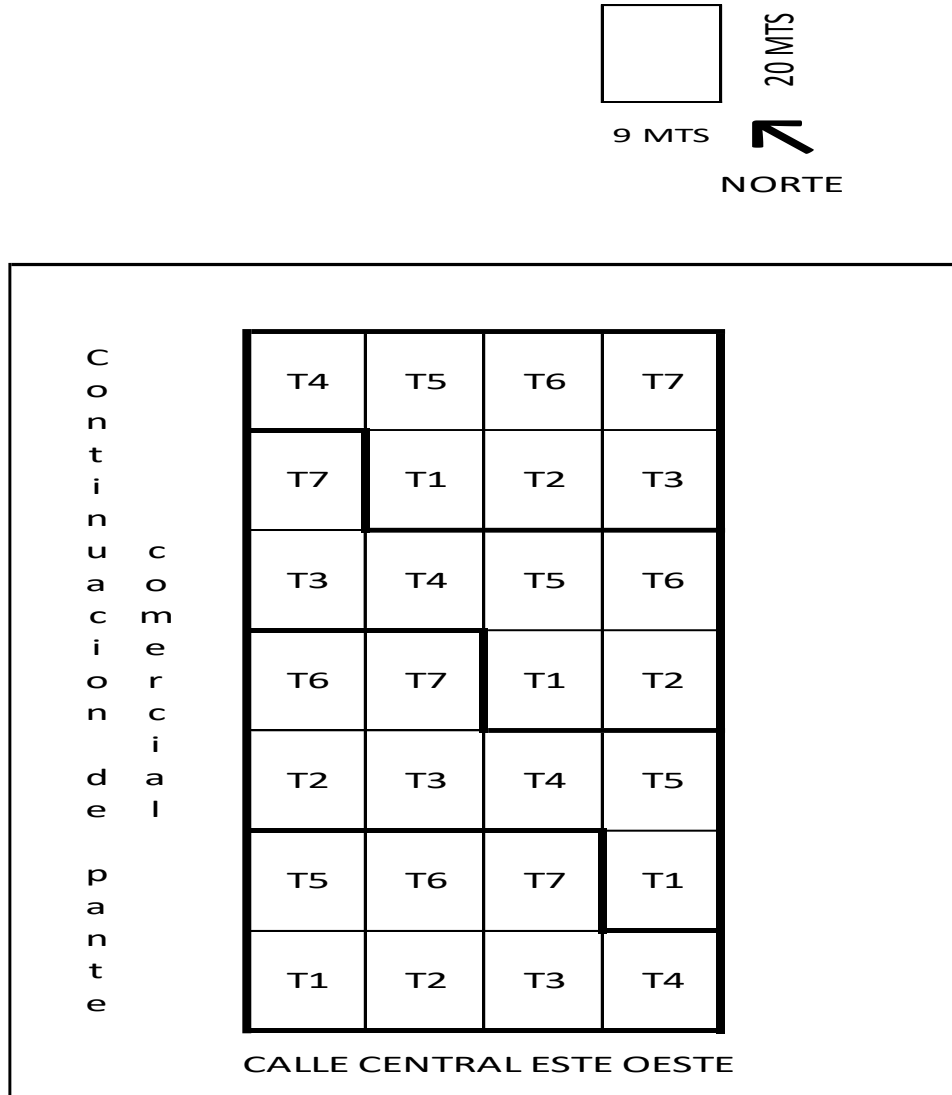


Figura 23. Diseño de evaluación

F. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó en el mes de noviembre correspondiente al 1/3 de zafra. La aplicación se realizó con un simulador de vuelo. El simulador de vuelo simula la aplicación aérea de los madurantes.

G. Muestreos precosecha

El muestreo de pre cosecha se realizó durante cada semana hasta la séptima semana después de la aplicación. Seleccionando 5 tallos de cada uno de los tratamientos aplicados de aproximadamente la misma altura y mismo número de entrenudos para no tener variabilidad en las muestras. Al obtener las 5 muestras se procedió a realizar paquetes de 30 cm de largo y amararlos con pita y luego etiquetarlos por número de tratamiento y repetición.

Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio semana a semana para obtener el análisis correspondiente análisis de jugo (porcentaje de pol, grados Brix, pureza de jugo).

H. Variables de respuesta

a. Curva de maduración

Mediante este grafico podemos determinar las semanas ideales a la concentración de azúcar de cada uno de los tratamientos aplicados. El grafico lo obtenemos por medio de la obtención de la pre cosecha la cual se obtuvo para cada uno de los tratamientos obteniendo los 5 tallos de aproximadamente la misma altura y mismo número de entrenudos. Las muestras son llevadas al laboratorio para obtener el análisis de jugo (% Pol, grados Brix, pureza de jugo), con dichos datos obtenemos el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña.

3.3.3. RESULTADOS

Finalizada la fase de campo se procede a recolectar los datos de cada uno de los muestreos realizados obtenidos por el laboratorio de caña del Ingenio Magdalena de la aplicación de madurantes no herbicidas a la caña de azúcar ubicada en finca Villa Laura perteneciente a la región central norte Municipio de la Democracia Escuintla. Obteniendo así la curva de maduración de 7 semanas después de la aplicación de los madurantes no herbicidas.

A. Libras de azúcar por tonelada de caña



Figura 24. Aplicador aéreo

En la figura 25 se muestra los resultados de la curva de maduración.

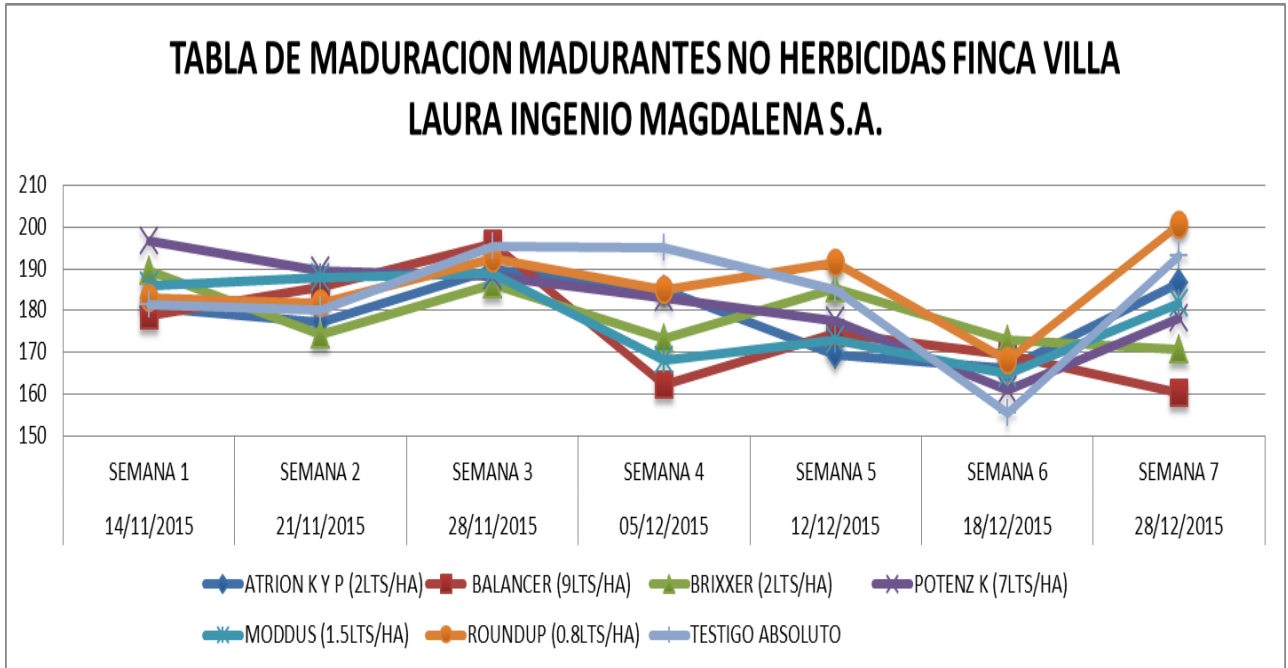


Figura 25. Curva de madurantes

En la figura 25 se puede mostrar la curva obtenida de cada uno de los tratamientos aplicados con madurantes no herbicidas dando como mayor % de rendimiento. El tratamiento que presenta mayor % de rendimiento es el T6 (Glifosato) con 200.56 L/ton caña el testigo comercial con (193.17) L/ton caña dejando como último al fertilizante a base de boro y molibdeno como el rendimiento más bajo de la evaluación 160.24 L/ton de caña.

3.3.4. EVALUACION

El tratamiento con mayor rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña es el tratamiento con Glifosato (200.57 L) seguido por el tratamiento sin aplicación (193.17 L) y con el más bajo rendimiento en azúcar el tratamiento del fertilizante a base de boro y molibdeno (160.24 L).

3.4.SERVICIO 3. APLICACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA EL CONTROL DE GRAMINEAS y HOJAS ANCHAS EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*)

3.4.1. OBJETIVOS

1. Determinar el porcentaje (%) de control a los 15, 30 y 45 días de la aplicación de los herbicidas preemergentes
2. Obtener la mezcla con el mejor porcentaje de control para la zona de interés.

3.4.2. METODOLOGÍA

La evaluación se realizó en el Municipio de la Democracia Escuintla ubicado a 90 km de la ciudad capital. En la finca Bugarvilia del Ingenio Magdallena S.A. Variedad CP 72-2086 variedad con habito de crecimiento semirecto, con poco deshoje y entrenudos verde amarillento con manchas negras. Esta variedad presenta buena germinación, con buen macollamiento.

A. Moléculas a Evaluar en preemergencia

a. Acetoclor

Herbicida selectivo sistemático de pre emergencia, se utiliza para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas, los síntomas que se observan en las gramíneas es un enrollamiento foliar lo cual impide el poder despegarse y en las malezas de hojas anchas se observa un arrugamiento en las hojas. El herbicida cuenta con una persistencia de hasta 60 días.

b. Ametrina

Herbicida sistémico eficaz en el control de gramíneas y hojas anchas, es selectivo para la caña de azúcar, es eficiente cuando las malezas no superan las primeras 3 o 4 hojas en post emergencia, actúa principalmente como inhibidor de fotosistema I y II. El principal síntoma en las malezas es una clorosis y muerte del tejido vegetal.

c. Indaziflan

Herbicida pre emergente y post emergente utilizado para el manejo de gramíneas y hojas anchas, con efecto residual de hasta 90 días. Principalmente es absorbido por vía raíz, dentro de la planta interfiere en la formación de meristemas y en las semillas los embriones son afectados causando inhibición de la capacidad germinativa. Inhibe directamente la biosíntesis de la celulosa.

d. Flumioxazin

Herbicida pre emergente y post emergente para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas, su principal síntoma son necrosis foliares debido a que inhibe el protoporfirinogeno-IX-oxidasa (PPO) enzima esencial para la producción de clorofila. Se debe evitar las aplicaciones en suelos con menos del 1 % de materia orgánica y en suelos arenosos y franco arenosos.

e. Metribuzin

Herbicida sistémico pre emergente y post emergente para el control de malezas de hojas anchas y gramíneas. Se translocación por el xilema y se concentra en raíces tallos y hojas.

Interfiere en el fotosistema II impidiendo la reacción de Hill. Tiene persistencia en el suelo de hasta 90 días.

B. Factores a evaluar

a. Porcentaje de control de malezas

Es el porcentaje que representa la supresión de malezas en determinados días después de la aplicación. Para conocer dicho porcentaje es necesario realizar muestreos con una frecuencia de tiempo entre muestreos. Los porcentajes arriba del 80 % representan un óptimo control e la aplicación ver en el cuadro 19.

Cuadro 19. Descripción de tratamiento

Tratamiento	Descripción del tratamiento	Ingrediente Activo	Dosis	Aplicación
T1	Mezcla 1	Indaziflan + Flumioxazin	0.11 L/ha + 150 gr/ha	Pre emergente
T2	Mezcla 2	Indaziflan + Metribuzin	0.11 L/ha + 2 L/ha	Pre emergente
T3	Testigo	Acetoclor + Ametrica	3 L/ha + 2 L/ha	Pre emergente

Fuente: Elaboración propia, 2015.

C. Diseño

Se realizaron fajas a lo largo del surco, 150 m de longitud con un ancho de 27 m para un total de 18 surcos aplicados por tratamiento. Área por tratamiento de 0.40 ha.

D. Trazo de la evaluación

Al tener el área seleccionada se procedió a marcar los surcos tratados por cada tratamiento.

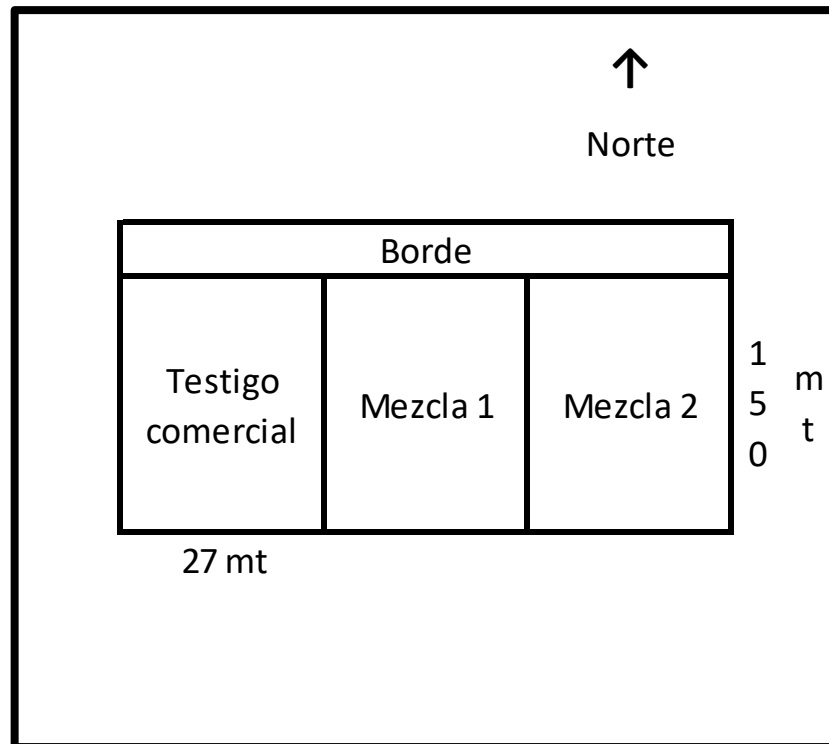


Figura 26. Diseño de la evaluación

E. Aplicación de los tratamientos

La aplicación se realizó 10 días después de la siembra, se utilizaron bombas de presión constante, las cuales permiten manejar un volumen de aplicación de 200 L/ha. Se utilizó una boquilla TQ-150-05 VS, recomendada para la aplicación de herbicidas por el ángulo de 150° con el que cuenta, cubriendo mayor área al paso del aplicador.

F. Malezas

Se realizaron muestreo de población de maleza para poder observar el control de cada uno de los tratamientos sobre las especies de gramíneas y hojas anchas. Para realizar este

muestreo se colocaron 2 puntos fijos dentro de cada tratamiento dichos puntos se marcaron con GPS.

Los muestreos se realizaron a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA). El método utilizado para la realización de los muestreos fue la utilización de un marco de PVC de 1 m²

3.4.3. RESULTADOS

Población de malezas encontradas en los pantes de la evaluación en los muestreos realizados después de la aplicación de los tratamientos ver cuadro 20.

Cuadro 20. Malezas encontradas en el muestreo después de la aplicación

Especies de Malezas
<i>Rottboellia sp</i>
<i>Bermuda</i>
<i>Anagalis</i>
<i>ipomoea sp</i>
<i>Momordica Charantia</i>
<i>Phylantus niruri</i>
<i>Euphoria Irta</i>
<i>Leptochloa</i>
<i>Molluga verticilata sp</i>

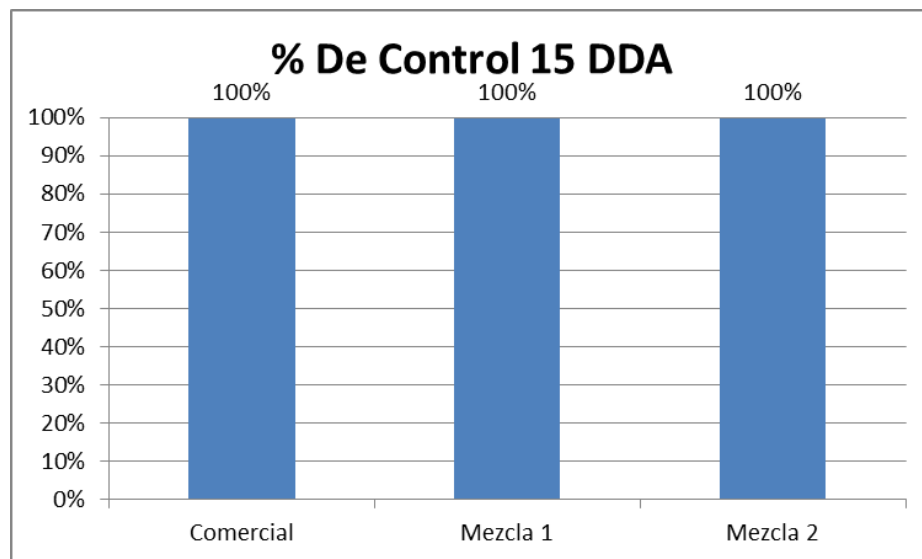


Figura 27. Porcentaje de 15 días control

En la Figura 27, se puede observar que todos los tratamientos a los 15 días después de la aplican todos presentan el 100% de control en todas las especies

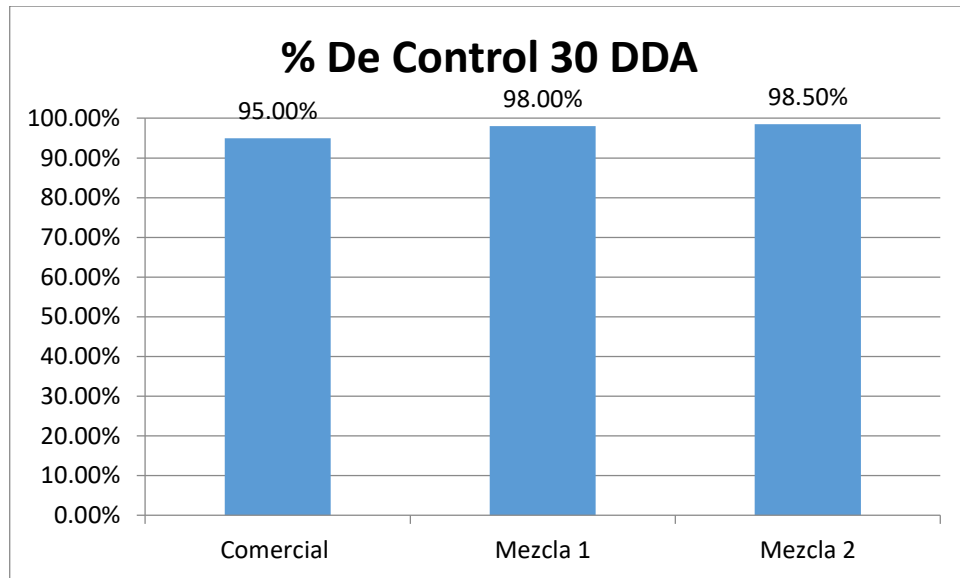


Figura 28. Porcentaje de 30 días control después de la aplicación

En la Figura 28, se observa que a los 30 días Tratamiento 2 o mezcla 2 (Indaziflan + Metribuzin) presentó el mayor control con 98.50 %, el tratamiento 1 con la mezcla (Indaziflan + Flumioxazin) se obtuvo un 98% de control y por último el testigo se obtuvo el 95 de días control siendo menos efectivo el tratamiento.

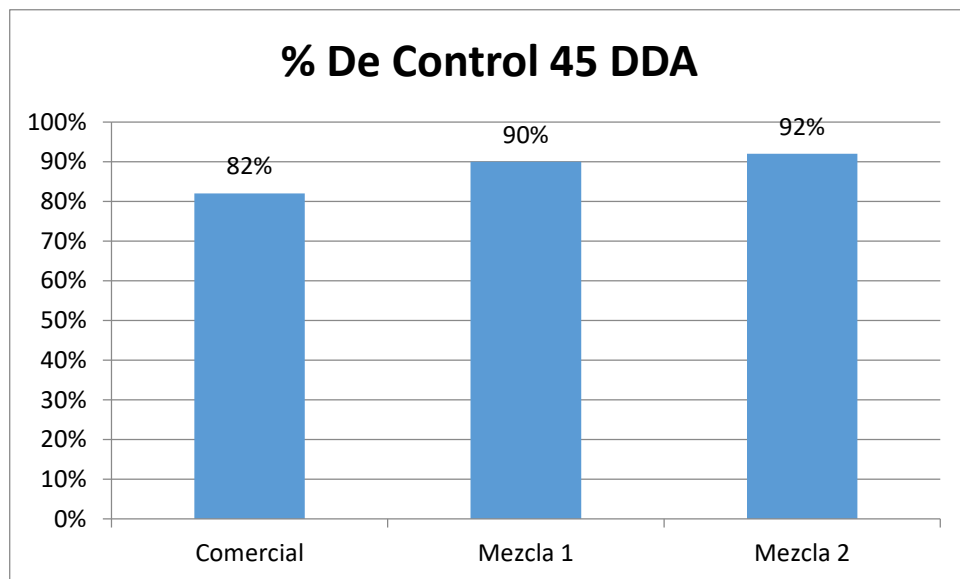


Figura 29. Porcentaje de 45 días control después de la aplicación

En la Figura 29, se observa que a los 30 días Tratamiento 2 o mezcla 2 (Indaziflan + Metribuzin) presento el mayor control con 92.00 %, el tratamiento 1 con la mezcla (Indaziflan + Flumioxazin) se obtuvo un 90% de control y por último el testigo se obtuvo el 82 de días control siendo menos efectivo el tratamiento.

3.4.4. EVALUACIÓN

Las lecturas del porcentaje de control de los tratamientos a los 15, 30 y 45 días después de aplicación nos muestra que las mezclas utilizadas fueron optimas en su control ya que se establece que después de un 80 % de porcentaje de control la mezcla no cumple con los parámetros de control

3.5. BIBLIOGRAFÍA

1. Bayer CrpScience. 2018. Prep 72 SL (2016) (en línea). Consultado el 23 jul. 2018. Disponible en <https://www.bayercropscience-ca.com/Productos/Otros/Prep.aspx>
2. Bejarano Fernández, J. 2012. Uso de DP 98 como nueva alternativa no herbicida como madurante en caña de azúcar (en línea). Costa Rica, Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2521&d=8952>
3. CarvalCorp-Sembro, Colombia. 2014. Ametrina 80 WG (en línea). Consultado 23 jul. 2018. Disponible en http://www.carvalcorp.com/wpcontent/imagenes/agricola/herbicidas/ametrina_folieto_tecnico.pdf
4. Comparini Aguirre, SD. 2006. Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en el Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2285.pdf
5. Conejo, A; Morera S, E. 2011. Experiencias de campo en el uso de madurantes, enfoque de productos no herbicidas (en línea). Costa Rica, Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2521&d=9038>
6. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H, Pérez, O; Espinoza, R. 2015. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis-Edinter. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
7. Terralia, España. 2018. Metribuzina (en línea). Consultado 23 jul. 2018. Disponible en https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_composition?book_id=1&composition_id=858&crop_id=86
8. Villegas T, F.; Arcila, JA. 2009. Uso de madurantes (en línea). In Melgar, M; Meneses, A; otros. Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. p. 315-335. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en http://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p315-335.pdf