

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE TRES SULFONILUREAS SOLAS Y CON  
GLIFOSATO, COMO INHÍBIDORAS DE FLOR Y SU EFECTO EN EL  
RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN  
ESCUINTLA, GUATEMALA**

**TESIS**

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

**POR**

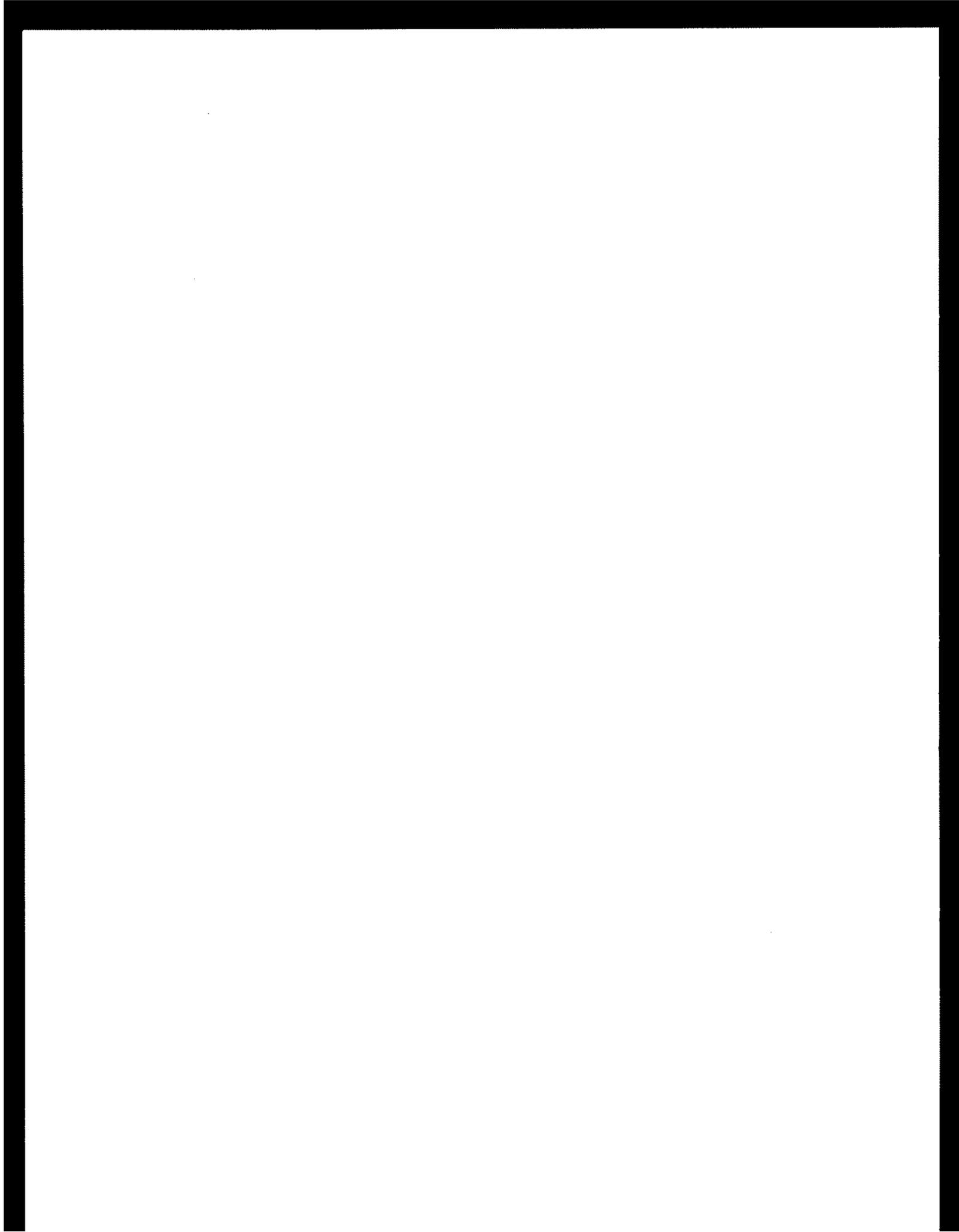
**NERY ALBERTO PORTILLO FOLGAR**

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

**EN**

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

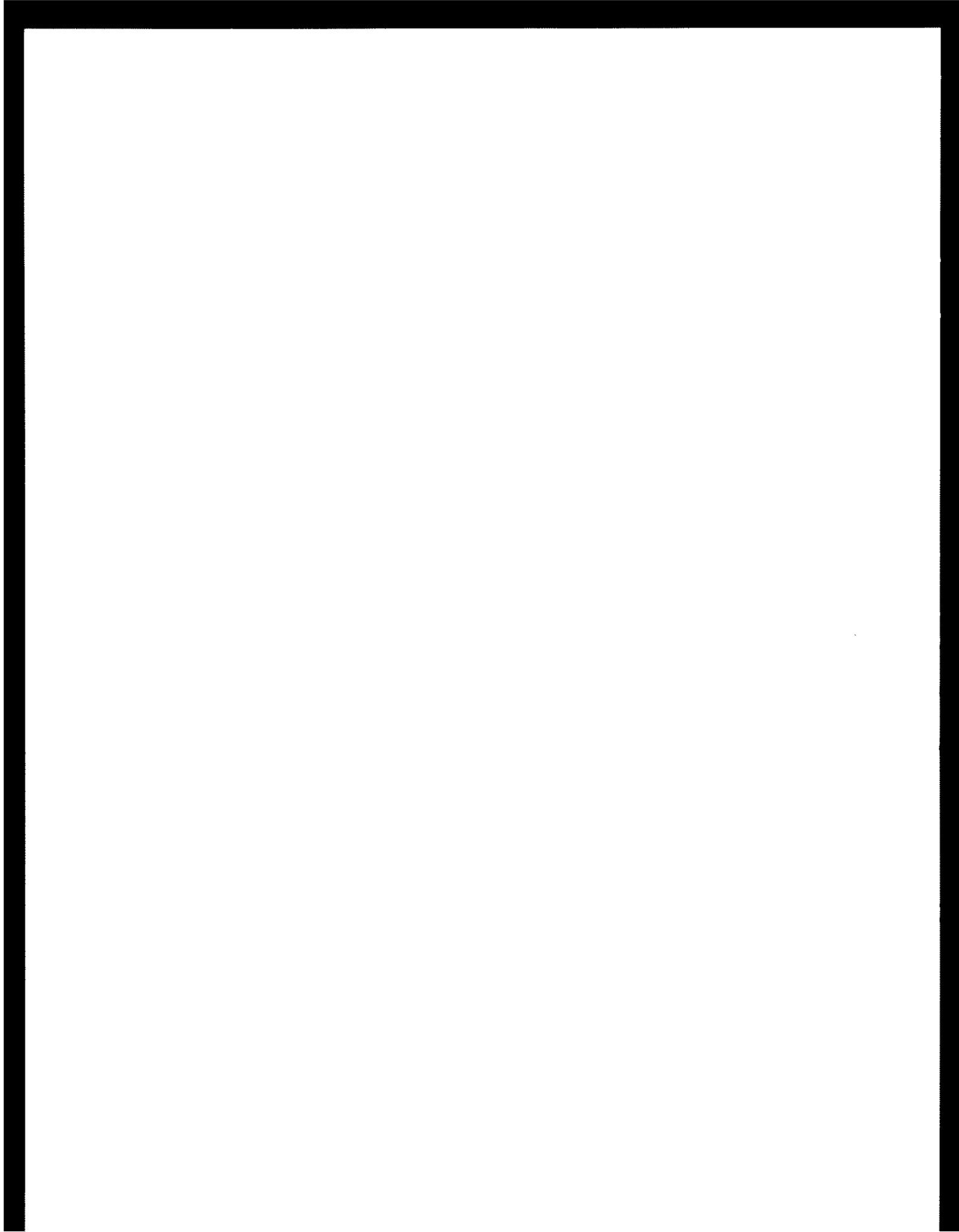
**Guatemala, agosto de 1999.**



#### NOTA DE ADVERTENCIA

Los resultados obtenidos con la presente tesis son puntuales y no han tomado en cuenta los efectos que a mediano y largo plazo pueden tener los herbicidas glifosato y sulfonilureas en los suelos y en la capacidad de los mismos para producir caña de azúcar u otros cultivos, por el uso constante de herbicidas.

En el estudio tampoco se hicieron evaluaciones para medir el impacto ambiental que los herbicidas estudiados pueden tener, por lo tanto, la Facultad de Agronomía no se responsabiliza por los efectos de la utilización de dichos herbicidas en el mediano y largo plazo.



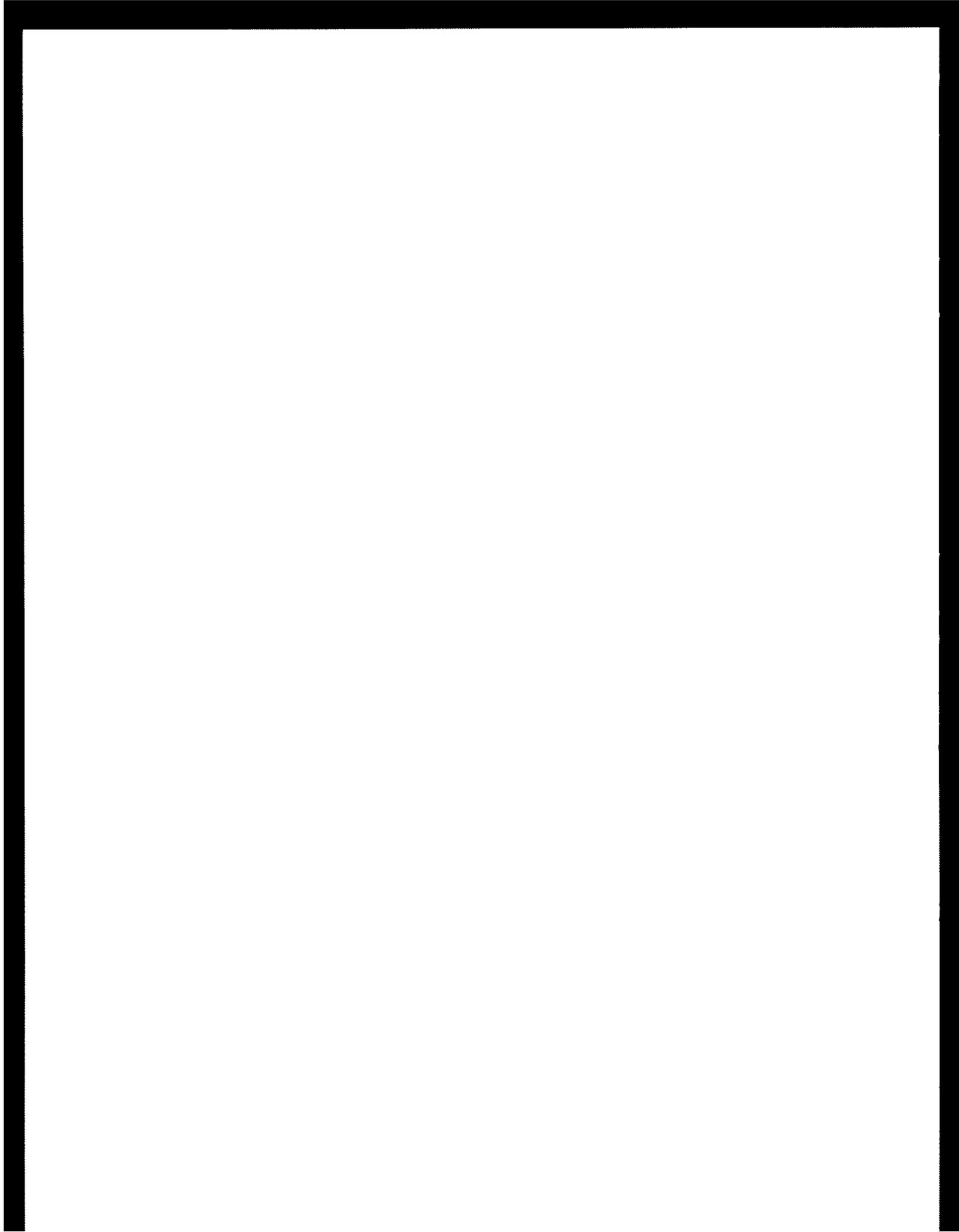
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

ING. AGR. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Br. Oscar Javier Guevara Pineda
VOCAL QUINTO	Br. José Domingo Mendoza Cipriano
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada



Guatemala, agosto de 1999

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

Señores representantes:

De acuerdo 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 tesis titulado:

EVALUACION DE TRES SULFONILUREAS SOLAS Y CON GLIFOSATO COMO INHIBIDORAS DE  
FLOR Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp L*) EN  
ESCUINTLA, GUATEMALA

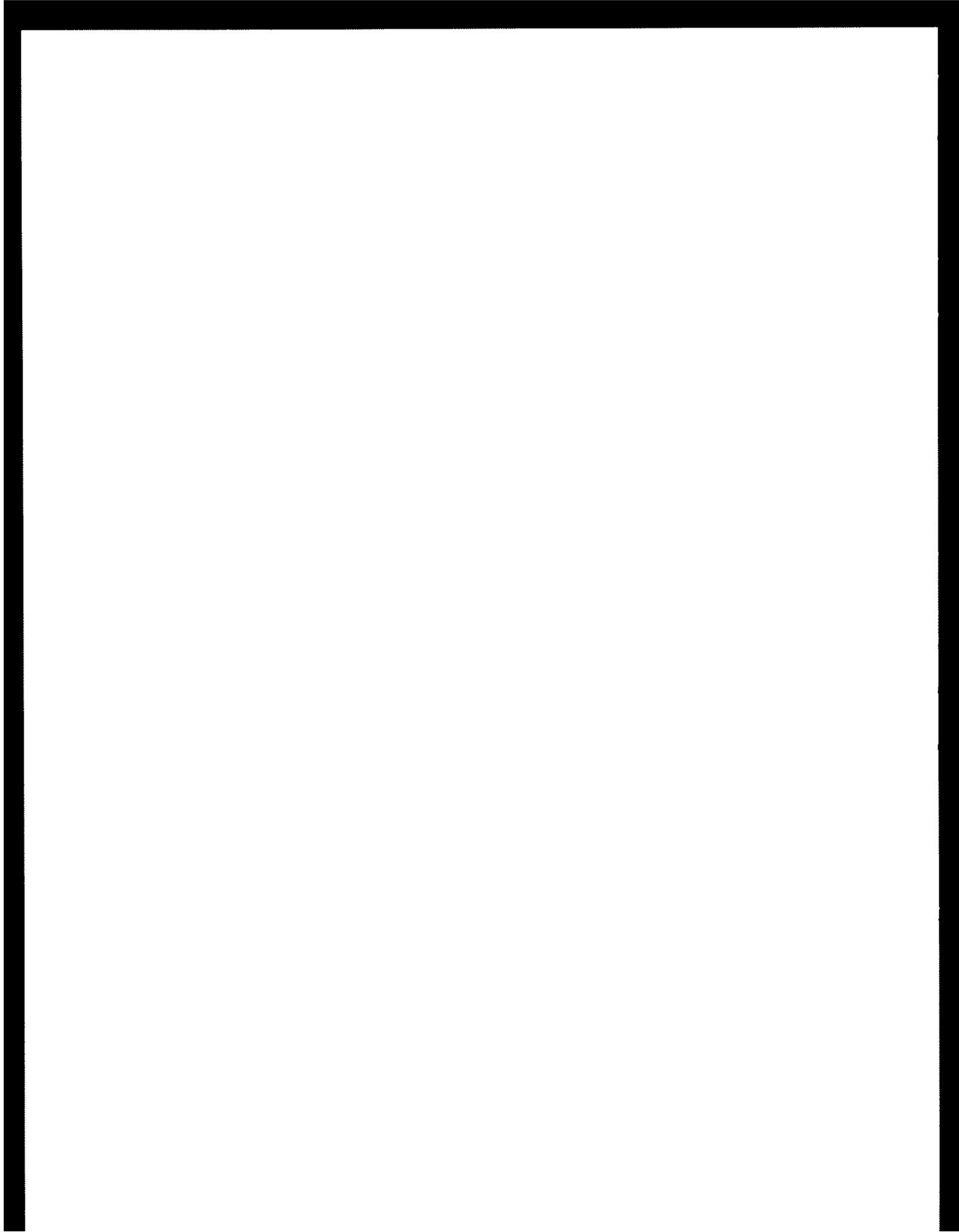
Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

En espera de que el presente trabajo llene los requisitos para su aprobación, agradezco su amable atención a la presente.

Atentamente,



Nery Alberto Portillo Folgar



## ACTO QUE DEDICO

A Dios todo poderoso, por bendecirme en mis años de estudio y darme sabiduría para poder salir adelante.

A MIS PADRES  
Marco Tulio Portillo Hernández  
Mirtala Esperanza Folgar de Portillo  
Como muestra de su amor y gratitud y que sus sacrificios y desvelos sean compensados en parte por este triunfo.

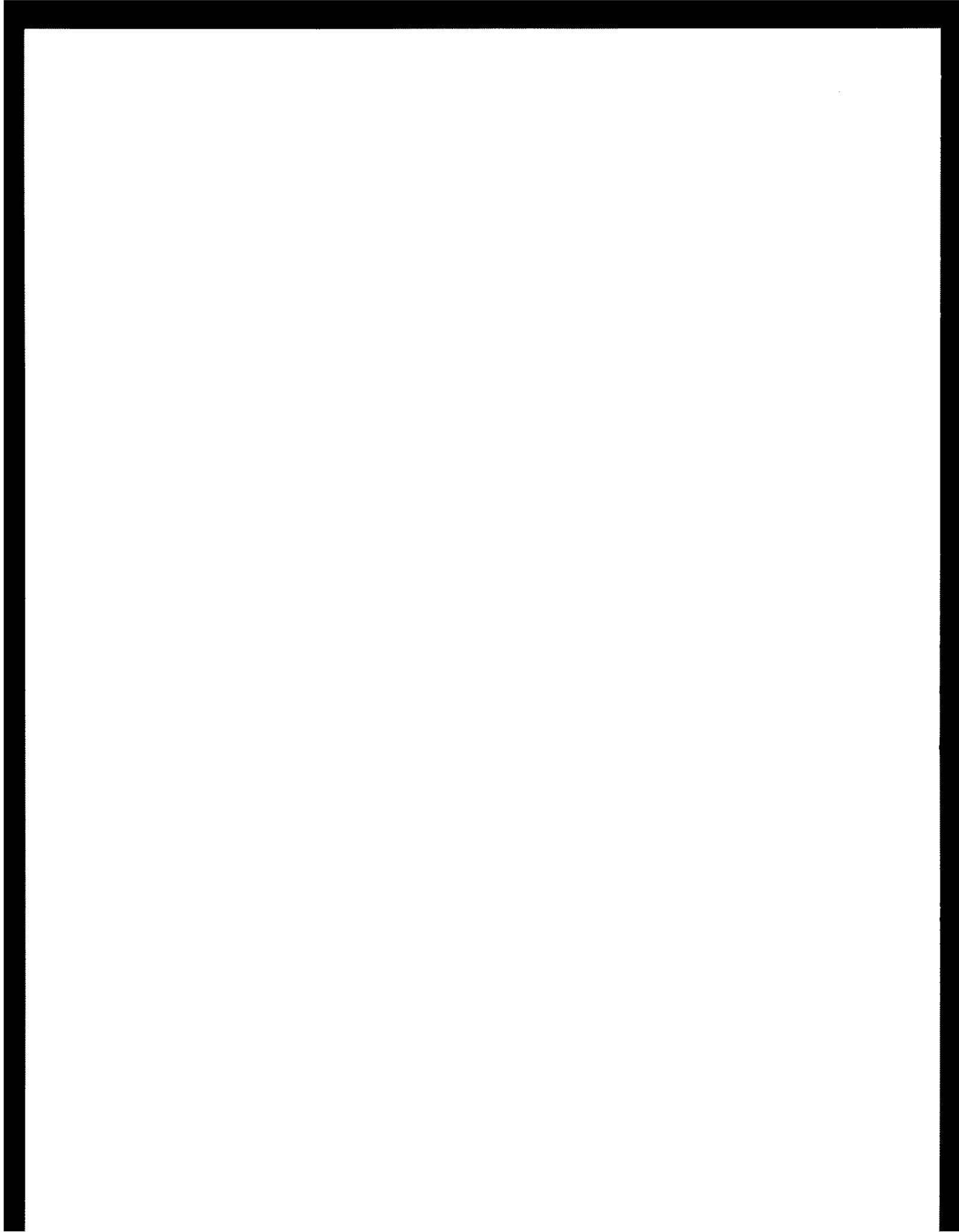
A MIS HERMANOS  
Melvin Omar, Celia Albertina, José Leonardo, Rúben Benjamin y Mirta María de la Asunción.  
Por su amor, y para que este triunfo sea un ejemplo a seguir.

A MI NOVIA  
Sindy Aleyda Ramos Ortiz.  
Con todo el amor de siempre.

A LAS FAMILIAS  
Ramos Ortiz y Alvarado Ramos.  
Por el apoyo incondicional que me han brindado de una u otra manera.

A MIS AMIGOS  
Carney, Cesar      Fajardo, Fco      Leonardo, Henry  
López, Edy      López, Ramiro      Morán, Alvaro  
Marín, Cristian      Mejía, Luis      Morales, Oscar  
Orellana, Selvin      Ortiz, Fco      Rodríguez, Nestor  
Sandoval, Angel      Tellez, Rafael      Teo, Orellana  
Toledo, Claudia      Vásquez, Roberto      Vásquez, Victor H  
Xía, Marvin

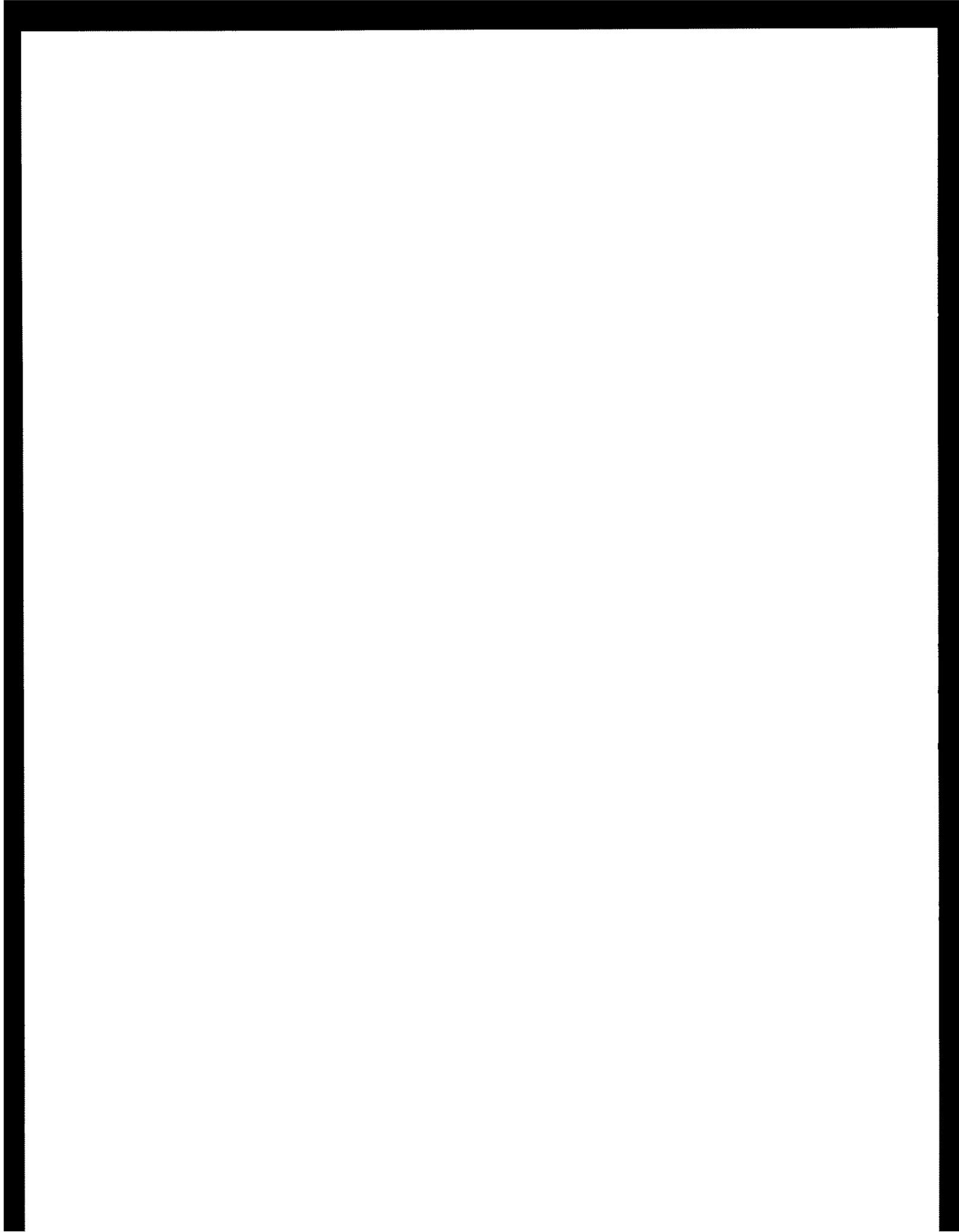
A MIS CENTROS DE ESTUDIO  
Escuela Nacional Central de Agricultura. ENCA.  
Centro Universitario de Sur-oriente, CUNSORORI  
Facultad de Agronomía, USAC  
Ya que al pasar por ellos se formaron los principios básicos de mi vida profesional.



## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

- Ing. Agr. Edgar Franco e Ing. Agr. Manuel Martínez, por su asesoría en la ejecución de la presente investigación.
- Ing. Agr. Alvaro Leonardo, ya que sin ser asesor nombrado me ayudó en la realización del trabajo de campo y también en la redacción del documento.
- Agr. Ramiro López, ya que él también puso su granito de arena en la elaboración de la presente y también en la toma de datos en el campo.
- Dr. Marco Arévalo, por su apoyo en la realización de la investigación
- A la empresa DUWEST GUATEMALA S.A., por permitirme la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado, y al mismo tiempo la realización de la presente investigación.
- A CENGICAÑA, asesoría para la realización de la presente investigación.
- Al personal de campo de CENGICAÑA, por su ayuda en la toma de datos, especialmente a Eswin y Gerson.
- A Sr. Manuel Corado del ingenio Madre Tierra, por ceder el área de caña utilizada en la investigación.
- Todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que la presente investigación se realizara de la mejor manera.



## INDICE GENERAL

TITULO	pág.	
1	Introducción	01
2	Definición del problema	02
3	Justificación de la investigación	03
4	Marco teórico	04
4.1	Marco conceptual	04
4.1.1	Origen geográfico e histórico de la caña de azúcar	04
4.1.2	Maduración de la caña de azúcar	04
4.1.2.1	Potencial de las variedades de caña para acumular azúcar	05
4.1.2.2	Mecanismos de traslocación y acumulación de sacarosa en la planta	05
4.1.2.3	Maduración en función de humedad, cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio	06
4.1.3	Factores que afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar	06
4.1.3.1	Manejo del cultivo antes de la cosecha	06
4.1.3.2	Condiciones climáticas	07
4.1.4	La curva de madurez	07
4.1.5	Maduración química de la caña de azúcar	08
4.1.6	Sistemas para controlar la maduración de la caña de azúcar	09
4.1.7	Efecto de la floración sobre la maduración en la caña de azúcar	10
4.1.8	Beneficios obtenidos con el uso de madurante	11
4.1.9	Efectos visibles del madurante	12
4.1.10	Efecto de la época de aplicación de madurante	12
4.1.11	Efectos del madurante en el crecimiento de la caña de azúcar	13
4.1.12	Efecto del madurante en la producción	13
4.1.13	Altura de corte	13
4.1.14	Control de la maduración y rendimientos	14
4.2	Marco referencial	16
4.2.1	Ubicación y condiciones del experimento	16
4.2.1.1	Localización y descripción del área experimental	16
4.2.1.2	Condiciones climáticas	16
4.2.1.3	Condiciones del suelo	16
4.2.2	Sal isopropil amina de glifosato	18
4.2.2.1	Características	18
4.2.2.2	Propiedades del glifosato	19
4.2.2.3	Modo de acción	20
4.2.2.4	Usos de la sal isopropil amina de glifosato como madurante químico en la caña de azúcar	20
4.2.3	Las sulfonilureas	21
4.2.3.1	Actividad herbicida	21

4.2.3.2	Características físico-químicas	21
4.2.3.3	Toxicología	21
4.2.3.4	Modo de acción	21
4.2.3.5	Toma y traslocación	22
4.2.3.6	Factores ambientales que afectan a las sulfonilureas	22
4.2.3.7	Degradación en las planas	22
4.2.3.8	Degradación y actividad de las sulfonilureas en el suelo y agua	23
4.2.4	Inhibidores de aminoácidos ramificados	25
4.2.5	Nombres comerciales de algunos herbicidas a base de sulfonilureas	25
4.2.5.1	Nicosulfuron	25
4.2.5.2	Tyfensulfuron metil	25
4.2.5.3	Rimsulfuron	26
4.2.6	Salud y ambiente con glifosato y sulfonilureas	26
4.2.7	Variedad de caña de azúcar utilizada en el ensayo	28
4.2.7.1	Características agronómicas	28
4.2.7.2	Patología	28
4.2.7.3	Madurez	28
4.2.4.4	Rendimiento	28
4.2.7.5	Producción de fibra	28
5	Objetivos	29
6	Hipótesis	29
7	Metodología	30
7.1	Material experimental	30
7.1.1	Material vegetal	30
7.1.2	Productos evaluados	30
7.2	Diseño experimental	30
7.3	Descripción de los tratamientos	30
7.4	Características de la unidad experimental	31
7.4.1	Parcela bruta	31
7.4.2	Parcela neta	31
7.5	Manejo del experimento	31
7.5.1	Desbasurado y requema	32
7.5.2	Riegos	32
7.5.3	Control de malezas y fertilización	32
7.5.4	Selección de las parcelas experimentales	32
7.5.5	Aplicación de los productos	32
7.5.6	Muestras para análisis de jugos	33
7.5.7	Cosecha de la caña	33
7.6	Variables respuesta	33

7.6.1	Porcentaje de floración	33
7.6.2	Kilogramos de azúcar por tonelada de caña	33
7.6.3	Rendimiento en toneladas de caña por hectárea	34
7.6.4	Variables relacionadas	34
7.6.4.1	Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea	34
7.6.4.2	Crecimiento de tallos	34
7.6.4.3	Curva de madurez	34
7.6.4.4	Biomasa de brotes laterales (lals) por tallo	34
7.6.4.5	Evaluación del rebrote	34
7.6.4.5.1	Evaluación de la población de rebrote	35
7.6.4.5.2	Evaluación del crecimiento de rebrote	35
7.7	Análisis de la información	35
7.7.1	Análisis de varianza	35
7.7.2	Prueba de medias	35
7.7.3	Análisis económico financiero	35
8	Resultados y discusión	37
8.1	Porcentaje de floración	37
8.2	Kilogramos de azúcar por tonelada de caña	38
8.3	Toneladas de caña por hectárea	40
8.4	Toneladas de azúcar por hectárea	41
8.5	Biomasa de brotes laterales	42
8.6	Crecimiento de tallos	44
8.7	Curva de madurez	45
8.8	Evaluación de rebrote	46
8.9	Análisis económico	48
9	Conclusiones	50
10	Recomendaciones	51
11	Bibliografía	52
12	Apéndice	55

## INDICE DE CUADROS

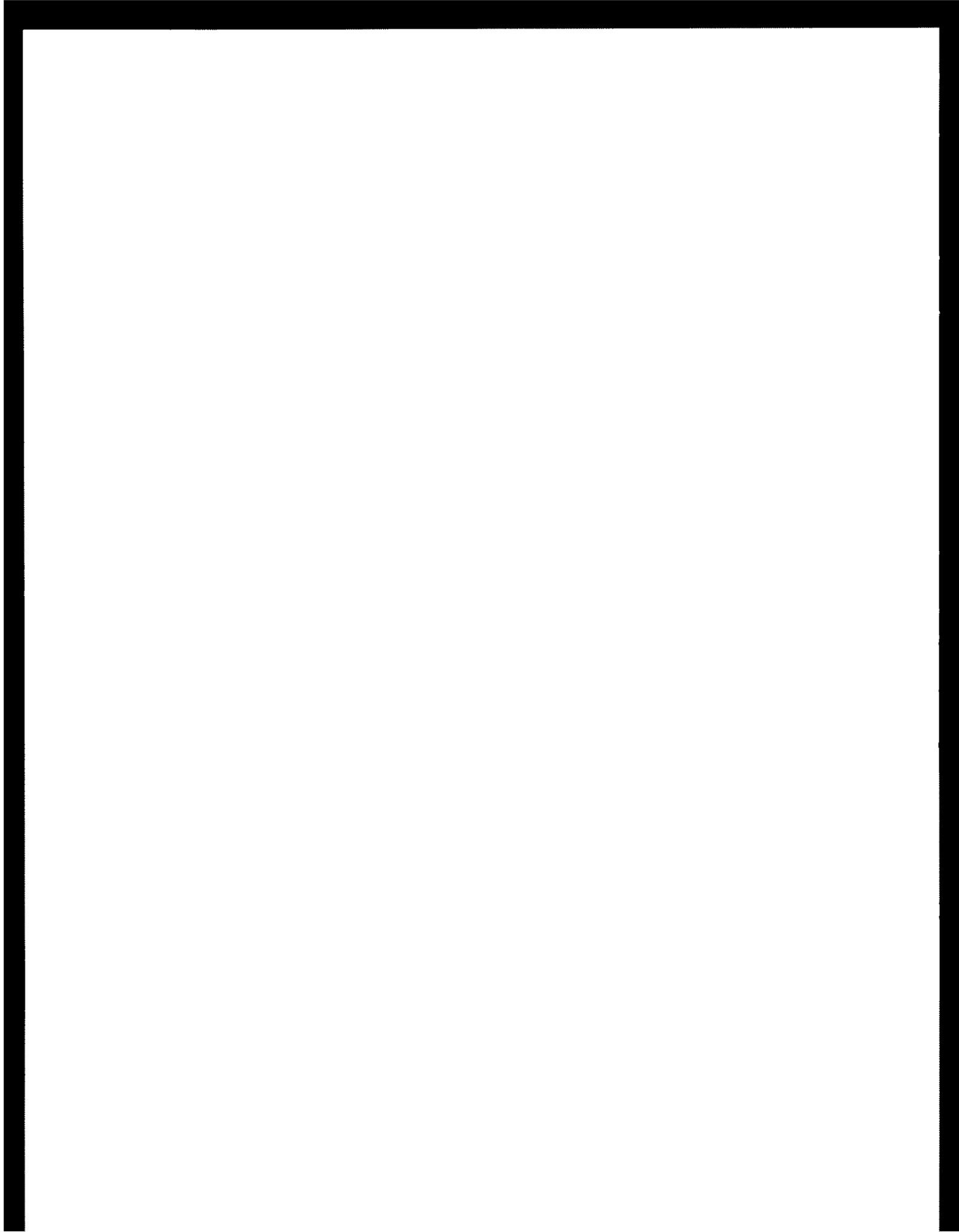
Cuadro 1	Promedio de vida de las sulfonilureas en soluciones acuosas, la cual es afectada por la temperatura y el pH	24
Cuadro 2	Toxicidad oral de algunos productos. Datos de laboratorio	27
Cuadro 3	Descripción de tratamientos	31
Cuadro 4	Análisis económico, Tasa Marginal de Retorno para el ensayo de inhibición de flor en caña de azúcar	49

Cuadro 5A	ANDEVA para la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña	55
Cuadro 6A	ANDEVA para la variable toneladas de caña por hectárea caña	55
Cuadro 7A	ANDEVA para la variable toneladas de azúcar por hectárea	55
Cuadro 8A	ANDEVA para la variable crecimiento de tallos de caña	56
Cuadro 9A	ANDEVA para la variable biomasa de brotes laterales por tallo	56
Cuadro 10A	ANDEVA para la variable porcentaje de floración	56
Cuadro 11A	ANDEVA para la variable número de rebrotes de caña por metro lineal	56
Cuadro 12A	ANDEVA para la variable altura de rebrotes de caña	56
Cuadro 13A	ANDEVA para la variable número de brotes laterales por tallo	56
Cuadro 14A	Medias de DUNCAN para la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña	57
Cuadro 15A	Medias de DUNCAN para la variable toneladas de caña por hectárea	57
Cuadro 16A	Medias de DUNCAN para la variable toneladas de azúcar por hectárea	57
Cuadro 17A	Medias de DUNCAN para la variable crecimiento de tallos de caña	58
Cuadro 18A	Medias de DUNCAN para la variable biomasa de brotes laterales por tallo de caña	58
Cuadro 19A	Medias de DUNCAN para la variable porcentaje de floración	58
Cuadro 20A	Medias de DUNCAN para la variable altura de rebrotes de caña	59
Cuadro 21A	Medias de DUNCAN para la variable número de brotes laterales por tallo de caña	59
Cuadro 22A	Medias de DUNCAN para la variable número de rebrotes de caña por metro lineal	59
Cuadro 23A	Rendimiento en libras por tonelada de caña, datos para la variable respuesta kilogramos de Azúcar por tonelada de caña. (análisis de jugo, laboratorio de CENGICAÑA)	60
Cuadro 24A	Datos de crecimiento de tallos, para el ensayo de sulfonilureas para inhibición de flor y su Efecto en la maduración de la caña de azúcar	63
Cuadro 25A	Datos del resto de variables respuesta, las cuales se obtuvieron a las 12 semanas después de la aplicación de los productos, y a los cuales se les realizó el análisis de varianza	64

#### INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización del área experimental	17
Figura 2	Figura estructural de las sulfonilureas evaluadas y la degradación química a consecuencia de la temperatura y pH	23
Figura 3	Porcentaje de residuos de las sulfonilureas en el suelo respecto al tiempo y a diferentes niveles de pH	24
Figura 4	Porcentaje de floración de los tratamientos evaluados como inhibidores de flor a las 12 SDA	38
Figura 5	Tratamientos que presentaron el mayor rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de Caña vrs el testigo sin aplicación	39
Figura 6	Tratamientos que presentaron el menor rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de Caña vrs el testigo sin aplicación	39
Figura 7	Tratamientos con mayor tonelaje de caña por hectárea	40
Figura 8	Tratamientos con menor tonelaje de caña por hectárea vrs el testigo sin aplicación	41
Figura 9	Tratamientos con mayor tonelaje de azúcar por hectárea	42

Figura 10	Tratamientos con menor tonelaje de azúcar por hectárea vrs el testigo sin aplicación	42
Figura 11	Tratamientos con menor peso en gramos de brotes laterales por tallo	43
Figura 12	Tratamientos con mayor peso en gramos de brotes laterales por tallo	44
Figura 13	Tratamientos con mayor crecimiento en metros, de tallos de caña	45
Figura 14	Tratamientos con menor crecimiento en metros, de tallos de caña	45
Figura 15	Datos de crecimiento de rebrotes de caña, tomados a las 12 semanas después de la aplicación	47
Figura 16	Datos de crecimiento de rebrotes de caña, tomados a las 12 semanas después de la aplicación	47
Figura 17	Datos de número de rebrotes de caña, tomados a las 12 semanas después de la aplicación	48
Figura 18	Datos de número de rebrotes de caña, tomados a las 12 semanas después de la aplicación	48
Figura 19A	Número de brotes laterales por tallo, en caña de azúcar	55
Figura 20A	Croquis de campo para el ensayo	65



## RESUMEN

### EVALUACION DE TRES SULFONILUREAS SOLAS Y CON GLIFOSATO, COMO INHIBIDORAS DE FLOR Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp*) ESCUINTLA, GUATEMALA.

#### EVALUATION OF THREE SULFONILUREAS ALONE AND WITH GLIFOSATE AS FLOWERING INHIBITORS AND THEIR EFFECTS IN SUGAR CANE YIELD (*Saccharum spp*) ESCUINTLA, GUATEMALA

En el trabajo se evaluaron 4 productos como inhibidores de floración y su efecto en el rendimiento del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086. El objetivo fue encontrar productos que ejerzan acción en la inhibición de la floración y un efecto madurante, comparándolos con el glifosato como testigo comercial.

La evaluación se realizó en la finca Camantulul, del Ingenio Madre Tierra, ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, a una altura de 272 msnm a 14°09' latitud norte y 90°49' longitud oeste, en la fisiografía del declive del Litoral del Pacífico, a una distancia de 92 km. de la capital. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, pertenece a la zona de vida denominada Bosque Tropical Húmedo. La precipitación media anual es de 3000 mm.

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones. La aplicación de los productos evaluados se realizó en una plantación de caña soca de 9 meses de edad. El equipo utilizado fue el MODELO 4F de Spraying systems, el cual es utilizado comúnmente en la aplicación de madurantes en parcelas pequeñas, para simular las aspersiones aéreas en caña de azúcar. Este viene equipado con un cilindro para 2.2 Kg de CO<sub>2</sub> y un tanque con capacidad para 4 litros de mezcla.

Las principales variables evaluadas fueron: porcentaje flor, kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) y toneladas de caña por hectárea (TCH). El porcentaje de flor, kilogramos de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea se evaluaron a las 12 semanas después de la aplicación de los productos efectuándoseles un Análisis de Varianza (ANDEVA). Con los datos de los dos últimos se efectuó un análisis económico, procediéndose con ello a determinar la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

Se encontró que entre los nuevos productos evaluados, el Nicosulfuron (nombre comercial Accent) a 50 y 70 g/ha, mostró una inhibición de la flor por 2.5 a 3 meses respectivamente y además incremento entre 2 a 5 KATC respecto al testigo. En lo que se refiere a rendimiento de TCH, fue el Tyfensulfuron metil (nombre comercial Harmony) a 20 g/ha tratamiento con el cual se obtuvieron 108 TCH, y además incrementó en 3 KATC, obteniendo un Tasa Marginal de Retorno de 206.68%. El glifosato solo o mezclado brinda el mayor rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

Para la variable, crecimiento de tallos, los tratamientos con glifosato solo o como mezcla, detuvieron parcialmente el crecimiento. Mientras que Nicosulfuron y Rimsulfuron detuvo menos y en los tratamientos con Tyfensulfuron metil y Testigo sin aplicación no hubo retención del mismo. La biomasa de brotes laterales, en la mayoría de tratamientos es igual, a excepción del Nicosulfuron 70 g/ha. El crecimiento de la soca, fue menos afectado con Nicosulfuron a 50 g/ha (38.17 cm), con un crecimiento similar al testigo absoluto (25 cm). La población de caña no se vio afectada por tratamiento alguno en cuanto a número de rebrotes.

En conclusión, decimos que los productos Nicosulfuron y Rimsulfuron inhibieron la floración por un periodo de 2 a 3 meses. Los mayores rendimientos en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) se obtuvieron con glifosato solo y en mezcla de 9 a 10 semanas después de la aplicación de los productos. Estos no afectan el número de rebrotes por metro lineal pero si el crecimiento, especialmente con glifosato solo o en mezcla con las sulfonilureas.

## 1. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum spp*) es una planta que pertenece a la familia poaceae, originaria de la India, la cual se cultiva en regiones tropicales, para obtener la sacarosa que se encuentra en sus tallos. En el país, dicho cultivo ocupa actualmente un total de 170,000 ha, es una fuente significativa de trabajo y además genera divisas. El 71% de la producción es exportada, siendo el sexto a nivel mundial y el tercero a nivel de Latinoamérica. (5)

Al igual que otras plantas que se cultivan actualmente, la caña presenta problemas en el proceso de producción, uno de los cuales es la relativa baja concentración de sacarosa en los tallos al momento del corte, lo que también influye en los bajos rendimientos por tonelada de caña molida en el ingenio. Como una alternativa para tratar de contrarrestar el problema, se ha venido utilizando la maduración forzada por medio de agentes químicos, como por ejemplo el glifosato, el cual actúa como una poda química deteniendo el crecimiento vegetativo y activando los procesos de concentración de azúcares en los entrenudos del tallo.

Con el propósito de evaluar nuevos productos como inhibidores de flor y su efecto en el rendimiento del cultivo de la caña, se evaluaron compuestos del grupo químico de las sulfonilureas (nicosulfuron, rimsulfuron y tyfensulfuron metil) solas y en combinación con glifosato, las cuales son sustancias que inhiben fuertemente el crecimiento vegetal y se usan en la agricultura como herbicidas.

Las sulfonilureas penetran dentro de la planta por las raíces y el follaje, dentro de la planta se traslocan por el floema y xilema. Trabajos en plantas superiores indican que las sulfonilureas inhiben fuertemente la síntesis de la enzima Acetil-lactato-sintaza (ALS), con la cual ya no se sintetizan los aminoácidos valina, leucina e isoleucina.

La investigación se realizó en los terrenos de la finca Camantulul del Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Para realizar la investigación se contó con el apoyo del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANA).

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La maduración de la caña de azúcar (*Saccharum spp L*) es un proceso fisiológico, mediante el cual la planta detiene el crecimiento vegetativo e inicia la acumulación de carbohidratos para reserva, especialmente sacarosa en los tejidos del tallo. Las aplicaciones de madurantes químicos, como el caso del glifosato, han sido las medidas utilizadas para poder hacer más eficiente la acumulación de sacarosa en los tallos de las plantas. (7)

En la actualidad se esta utilizando el glifosato (Round up) como madurante en la región cañera del país, pero este presenta algunas deficiencias en cuanto a su acción, ya que no es absorbido por las raíces por su alta fijación en el suelo, es necesario la utilización de un surfactante para una mayor eficiencia, debido a que sin el mismo es muy difícil la penetración a la planta. El glifosato se aplica en dosis altas, lo cual puede provocar un efecto herbicida en el rebrote. Se puede decir que se necesita de una alta dosis del producto para la aplicación de un área determinada y su alta fijación en el suelo puede alterar las características químicas del mismo, así como también puede provocar daños a la flora microbiana. (21)

Por otro lado, como cada día salen más productos al mercado, los cuales se pueden usar como madurantes, y con fines de evaluar la acción y efectividad de los nuevos productos, se tuvo en este caso al grupo de las sulfonilureas (Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil). Estos productos presentan la ventaja de que se usan dosis bajas, lo cual facilita su manejo en el campo. Además el surfactante se utiliza solo para mejorar su eficiencia de penetración ya que por sí solo también actúa. Las sulfonilureas son herbicidas que se absorben efectivamente tanto por el follaje como también por las raíces, debido a que no se fija en el suelo, no afecta los microorganismos (*Azotobacter* y *Rhizobium*) encargados de la fijación del nitrógeno atmosférico. (12)

### 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp L*) es en la actualidad uno de los cultivos de mayor importancia a nivel nacional, con un total de 170,000 ha cultivadas en toda la República. Además, genera alrededor de 50,000 empleos directos, con ingresos a los empleados muy superiores al promedio de las actividades agrícolas del país. El azúcar representa el 19.4% del valor de la producción agrícola del país, generando US\$ 235,000,000,00 en divisas. Guatemala ocupa el sexto lugar como exportador de azúcar a nivel mundial, y el tercero a nivel de Latinoamérica, exportando el 71% de su producción total, lo cual representa el 68% del total de azúcar exportada en la región Centroamericana. (5)

Los efectos perjudiciales de la floración en la producción de azúcar tienen lugar en el campo y en la fábrica. En el campo, las plantas que van a florecer desvian azúcar y otros nutrientes hacia la producción de la flor, lo que persigue la perpetuación de la especie. A medida que se avanza hacia el proceso de floración se va formando "corcho" (suberina) en los entrenudos superiores que avanza hacia abajo. Esto hace que cuando se realiza el corte, el despunte tiene que hacerse bien abajo, perdiéndose azúcar y tonelaje de caña por unidad de área. En la fábrica cuando se llevan las cañas mal despuntadas y con porciones de "corcho" éste actúa como esponja absorbiendo jugos y ocasionando pérdidas en el proceso.

Debido a las condiciones climáticas imperantes en la región cañera durante los meses de época lluviosa, la caña que se cosecha al principio de la zafra posee lo que los técnicos le llaman "un bajo grado" de sacarosa. Es decir que no poseen la concentración de sacarosa adecuada al momento de cosecharse, por esto, se hace necesaria la implementación de la práctica de aplicación de madurantes.

Dado que en la actualidad, la utilización de madurantes en el cultivo de la caña de azúcar es una de las prácticas diseminadas a nivel de fincas productoras, cuantificándose para el año de 1, 998, un área aplicada por encima de las 170,000 Ha, se hace necesario evaluar otros compuestos, dentro de ellos las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil, que solas o acompañadas con glifosato pueden dar mejores resultados que los madurantes utilizados actualmente.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 4.1.1 ORIGEN GEOGRAFICO E HISTORIA DE LA CAÑA DE AZUCAR

El origen de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) ha provocado grandes discusiones, algunos han opinado que su origen lo tuvo en la India, en la desembocadura del río Ganges, dando del nombre de Guara a la región y a la ciudad el nombre de Gur que quiere decir azúcar. (1)

Otros opinan que el origen de la caña fue en las islas de la Polinesia, y no ha faltado quien afirme que en América ya se encontraba antes de la llegada de Colón, a quien se atribuye haberla traído a éste continente. Se dice que existen pruebas evidentes que en Guatemala existían cañas dulces o sea caña de azúcar, antes de la llegada de los conquistadores, siendo cultivada por los nativos que habitaron en las riberas de Ixcán y Lacantún (afluentes del Usumacinta), región localizada en Chiapas, sudeste del Petén y norte de Huehuetenango y el Quiché. (15)

#### 4.1.2 MADURACION DE LA CAÑA DE AZUCAR

Según Buenaventura et al (7), la maduración de la caña de azúcar es un proceso metabólico durante el cual la planta deja de crecer y comienza a conservar energía en forma de sacarosa, almacenándola en el tallo (en los tejidos del parénquima).

Las condiciones favorables para la maduración natural de la caña de azúcar son: un descenso de la temperatura ambiental y de la humedad del suelo con el fin de retardar su desarrollo e inducirla a sintetizar en sacarosa los azúcares reductores que han estado utilizando para su crecimiento (9). Además según Martínez Galicia (18), requiere de periodos sin lluvia, temperaturas bajas con oscilación entre el día y la noche de 11 °C y un fotoperíodo con bastante luz solar (12 horas), durante un lapso de 4 a 6 semanas antes de la cosecha.

Según Amaya Esteves, citado por Ordoñez Cadenas (22), el ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas: la primera corresponde al desarrollo de las cepas; desde la brotación hasta que el campo cierra (5 a 6 meses de edad), esta etapa es la de mayor requerimiento de agua, la humedad en la planta debe estar por encima del 85%, la segunda etapa se refiere a la transformación de sacarosa y va del final de la primera hasta el inicio de la maduración, la humedad aquí debe estar entre 78 y 80%, la tercera etapa es la maduración propia, la que se inicia más o menos a los 9 meses de edad, para que se obtenga una buena maduración la humedad debe bajar a un 73 o 75% en la planta.

Los factores más importantes en la maduración de la caña de azúcar se pueden dividir en tres:

#### **4.1.2.1 Potencial de las variedades para acumular azúcar**

El ciclo de crecimiento y el potencial de las variedades para acumular azúcar, puede ser determinado por los genetistas a través de un programa de mejoramiento que permite obtener variedades con las características requeridas en cada región. Por ejemplo: las variedades de Canal Point ó Clewiston desarrolladas en Florida, Estados Unidos, poseen una alta capacidad de acumulación de azúcar, además son de un ciclo de desarrollo corto, en tanto que las variedades desarrolladas en Barbados y Puerto Rico tienen un período de crecimiento mucho más largo (18).

#### **4.1.2.2 Mecanismos de traslocación y acumulación de sacarosa en la planta**

Los azúcares formados por la planta durante el proceso de fotosíntesis, tales como la sacarosa y los azúcares reductores (glucosa y fructosa), se translocan desde las hojas hacia el tallo y las raíces a través de los haces conductores del floema y una cantidad menor se transloca nuevamente en dirección contraria hacia el meristemo apical a través del xilema. Esto ha sido posible determinarlo gracias a la utilización de radioisótopos. No se sabe exactamente si la translocación obedece a un proceso pasivo de simple difusión o si es un proceso activo dependiente de la energía de las reacciones metabólicas (1).

Según Alcalá Castellanos (1), la mayor concentración de azúcares en el tallo ocurre de la corteza hacia el centro, siendo mayor en el intermedio entre éstas dos partes, la sacarosa al entrar en el tejido del parénquima se transforma en glucosa y fructuosa por acción de una invertasa situada en la parte externa de la pared celular (espacios intercelulares). Una vez dentro de la célula, la glucosa y la fructosa por acción de un proceso de fosforilación dan origen a la sacarosa, la cual se almacena en las vacuolas.

Según Martín Oria, (17), las invertasas son las enzimas que dirigen la utilización de los azúcares hacia el crecimiento o su almacenamiento. De acuerdo al pH en que éstas enzimas tienen su mayor actividad, se les ha denominado invertasa ácida (su mayor actividad es a pH 5 a 5.5) e invertasa neutra (presenta su mayor actividad a pH 7). Se plantea que durante la etapa juvenil, la invertasa ácida se presenta en grandes cantidades y se ve afectada por una reducción en la precipitación, disminución de la temperatura y concentración de nitrógeno; factores con los que también disminuye el crecimiento, de ahí que se haya determinado la relación directa que se da entre la concentración de invertasa ácida y el crecimiento.

Por el contrario, los factores que limitan la concentración de invertasa ácida favorecen a la invertasa neutra y por consiguiente a la acumulación de sacarosa, actividad con la que tiene relación directa ésta última (9).

La invertasa ácida que está localizada en las paredes celulares del tallo, es responsable de la hidrólisis de la sacarosa en hexosas (glucosa y fructuosa), a medida que la planta va

madurando, la concentración de invertasa neutral comienza a aumentar, evitando que la sacarosa sea hidrolizada, generándose de esta manera una mayor concentración de azúcares en los tallos de la caña (18).

Una vez distribuido el azúcar en el tallo, se inicia el movimiento hacia abajo y se va acumulando en los entrenudos, disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia la parte superior del tallo. La acumulación de sacarosa difiere un poco de acuerdo al tipo de tejidos donde se acumule, bien sea tejido maduro o tejido joven, lo cual está dado por la presencia de las invertasas y por los requerimientos para el crecimiento. En los tejidos jóvenes, donde la expansión rápida de las células es común, la sacarosa es rápidamente hidrolizada por la acción de una invertasa ácida y los productos obtenidos, glucosa y fructuosa, pasan fácilmente al citoplasma para ser usados en el proceso de crecimiento. En los tejidos maduros, en donde el proceso de crecimiento es mínimo hay disminución drástica de la invertasa ácida y predomina más bien la invertasa neutra. Esta se encuentra aparentemente localizada en el citoplasma. La invertasa neutra funciona en conjunto con la invertasa ácida presente en la pared celular y promueve la acumulación de la sacarosa en la vacuola (1).

#### **4.1.2.3 Maduración en función de la humedad, cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio**

La suficiente disponibilidad de humedad, nitrógeno y potasio es muy importante, no sólo para obtener un crecimiento máximo de la planta, sino también para un óptimo almacenamiento de sacarosa en la planta (15).

A pesar que los nutrientes pueden influenciar la fotosíntesis, la translocación y almacenamiento de los azúcares, su mayor contribución es asegurar el crecimiento máximo de la caña y obtener el mayor tonelaje de caña por hectárea. Para obtener resultados óptimos, el nitrógeno debe aplicarse en los tres primeros meses de crecimiento de la caña de un ciclo de 12 meses, desde la germinación hasta la cosecha (18).

### **4.1.3 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE MADURACION DE LA CAÑA DE AZUCAR**

#### **4.1.3.1 Manejo del cultivo antes de la cosecha**

Aquí los factores más relevantes los constituyen: la variedad cultivada, la fertilización (principalmente nitrogenada) y el riego. Samuels (25), indica que para obtener la mayor eficiencia en la acumulación de sacarosa, cada variedad debe haberse sembrado en un periodo adecuado de tiempo para poder ser cosechada en el momento que de acuerdo a su patrón de maduración (maduración temprana, media y tardía) se encuentre en su estado óptimo.

Respecto a la fertilización nitrogenada, Flores(14), recomienda la aplicación de este elemento dentro de los cuatro primeros meses para no afectar la concentración de sacarosa en los jugos; Buenaventura (7), descubrió que las aplicaciones tardías de nitrógeno permiten que la planta continúe con su desarrollo y no acumule sacarosa.

La humedad es un factor muy importante para obtener un buen almacenamiento de sacarosa en la planta, Samuels (26), al referirse a los factores que limitan la acumulación de sacarosa en la caña de azúcar, considera que la fertilización debe ser reducida si se desea una buena conversión de azúcares reductores a sacarosa, por lo tanto los períodos de irrigación deben ser controlados antes de la cosecha. Alcalá (1), descubrió que la edad no es sinónimo de madurez; ya que cuando el agua y el nitrógeno se mantienen a niveles elevados la caña no madura, independientemente de su edad.

#### **4.1.3.2 Condiciones climáticas**

Entre los principales factores del clima que limitan la maduración de la caña de azúcar se encuentran: la precipitación pluvial, temperatura y luminosidad. Buenaventura (7), indica que la disponibilidad de agua para la caña de azúcar debe ser adecuada en la etapa de desarrollo, para que permita la absorción, transporte y asimilación de nutrientes, pero durante la maduración dicha disponibilidad debe ser ampliamente reducida; así también, indica que probablemente el factor climático de mayor importancia en la maduración de la caña de azúcar sea la temperatura; a pesar de que ninguno de los factores que inciden en ella actúan independientemente.

Samuels (26), comparte ésta opinión con respecto a la temperatura, al decir que las temperaturas frías en un período prolongado de tiempo aún con un suministro abundante de nitrógeno y humedad, puede retardar el crecimiento y aumentar el contenido de sacarosa en los tallos.

La temperatura imperante ejerce un efecto directamente proporcional sobre la absorción de agua y nutrientes por la planta. El mayor efecto de la temperatura se da en los meses con períodos secos y una oscilación térmica entre 11 y 12 °C, lo cual favorece la acumulación de sacarosa en el tallo, incrementando el rendimiento. La luz como principal fuente de energía para la caña y todas las plantas, juega un papel muy importante en el almacenamiento de sacarosa, pues a menor luminosidad se da un menor almacenamiento de azúcares y mayor acumulación de almidón (22).

#### **4.1.4 LA CURVA DE MADUREZ**

Según Samuels (26), la maduración natural en las áreas cañeras del Caribe, sigue la curva siguiente: "niveles bajos de sacarosa de noviembre a enero, debido principalmente a la alta humedad residual; un nivel máximo de sacarosa entre marzo y abril, cuando la humedad permite

la maduración óptima de la caña; y por último se presenta un descenso rápido de mayo a junio, meses en que se reanudan las lluvias”.

#### **4.1.5 MADURACION QUIMICA EN LA CAÑA DE AZUCAR**

El proceso de maduración en la caña de azúcar puede inducirse imponiendo a la planta condiciones de déficit o estrés, las principales condicionantes de dicho déficit que se relacionan con la maduración son: el déficit de nutrientes (especialmente de nitrógeno), la humedad del suelo, la temperatura imperante en el ambiente y la retención del crecimiento por medio de madurantes químicos. (18)

La producción de azúcar por hectárea está directamente relacionada con el tonelaje de caña en pie producido por hectárea y el rendimiento o contenido de azúcar obtenido de cada tonelada de caña molida en el ingenio.

Debido a la dificultad existente para controlar la humedad, el nitrógeno y lo imposible de manejar la temperatura, se justifica la utilización de productos químicos para inducir la maduración en los lotes de caña a cortar en los primeros meses de la zafra, para poder de éste modo sincronizar la maduración, logrando una mejor programación de la cosecha.

El madurante o madurador químico es una sustancia reguladora del crecimiento, que puede causar una disminución en el mismo sin alterar los eventos fisiológicos que operan en el proceso normal de recepción y almacenamiento de azúcar, pudiéndose almacenar más azúcar en los tejidos del tallo de la caña. Su efectividad depende de varios factores: producto utilizado, dosis de ingrediente activo, época de aplicación, variedad y edad de la caña y el tiempo transcurrido entre la aplicación y la cosecha (18).

Los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea induciendo directamente la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa. La maduración es un proceso cuyo resultado es el balance entre la fotosíntesis y la respiración (18).

Según Arcila Arias (4), la aplicación de madurante debe estar dirigida a tres objetivos importantes: maduración directa antes de la cosecha (elevar el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña molida), remover la basura de caña llevada a la molienda y la retención de azúcar después de la cosecha, o sea reducción de la inversión de sacarosa a azúcares reductores. Un método efectivo de la regulación del crecimiento tendría un valor máximo al principio y al final de la zafra, cuando los niveles de sacarosa al cosechar no son los óptimos.

El uso de madurantes químicos para inducir la maduración de la caña y al mismo tiempo mejorar la calidad de los jugos, ha sido estudiada intensamente en varias partes del mundo, así como en Guatemala.

Los primeros ensayos con madurantes fueron realizados en Hawaii, Cuba, India y Australia, utilizando 2,4-D, ácido giberélico y TBA (ácido 2,3,6-triclorobenzoico), sin obtener resultados positivos en el incremento de la sacarosa. A partir de 1,970 aparecieron varios productos que reportaron buenos resultados, entre los que destacan el Ethephon, Asulox, Glifosina y Glifosato. Varios de éstos productos se utilizaron intensivamente en Hawaii, Mauricio, Florida, Louisiana, Puerto Rico, Brasil y Sudáfrica.

Los productos que han mostrado los mejores resultados a nivel mundial son: Ethephon, Glifosina N-M bifosfato metriglicina, sal sódica de Glifosato y sal isopropil amina de Glifosato. Los glifosatos han sido utilizados a escala comercial. Un gran número de campos comerciales donde se aplicó glifosato mostraron un mejoramiento en la calidad de jugos de la caña, especialmente al comienzo y al final de la zafra (18).

El mayor efecto del madurante ocurre en el tercio superior del tallo donde logra elevar la concentración de azúcares, a niveles que en condiciones naturales la planta difícilmente podría alcanzar. Los madurantes, especialmente el glifosato, reprimen el crecimiento de la caña de azúcar. Este efecto es mayor al aumentar la dosis aplicada. Dependiendo de la dosis y de la edad de la caña, la disminución de la elongación del tallo puede variar entre 8 y 10 centímetros, sin embargo, los tonelajes de caña no se ven afectados con la aplicación del madurante, ya que la producción de azúcar por hectárea está directamente relacionada con el tonelaje de caña obtenido por hectárea y el rendimiento en el contenido de azúcar por tonelada de caña (18).

El madurante puede mejorar la eficiencia del transporte de sacarosa de la hoja a las células de almacenamiento, a la vez que permite un mejor aprovechamiento de las células de almacenaje en el tercio superior del tallo. En caña no tratada, esta parte del tallo continúa creciendo y no almacena azúcar.

#### **4.1.6 SISTEMAS PARA CONTROLAR LA MADURACION DE LA CAÑA DE AZUCAR**

Para cosechar cañas con óptimo estado de madurez (18-20 grados), es adecuado dar un seguimiento a las manifestaciones de la planta durante el proceso de maduración; las cuales pueden ser externas o internas. Dentro de las manifestaciones externas importantes se tienen: el acortamiento de entrenudos en el cogollo; disminución en el número de hojas de la copa a 6 ó 10; cesa el crecimiento; las hojas se tornan amarillentas, delgadas y quebradizas; los tallos desprenden cerosina y cambian de color; brotación de yemas y formación de médula corchosa en la parte superior del tallo. Las manifestaciones internas de la maduración de la planta se

refieren al contenido de humedad de algunos de los tejidos, el brix del tallo y el contenido de sacarosa del mismo, se han desarrollado varios métodos de control de maduración, por medio de los cuales se ha encontrado una buena correlación entre el descenso de la humedad medida en cada método y el aumento en la recuperación de azúcar por tonelada de caña molida (22).

#### **4.1.7 EFECTO DE LA FLORACION SOBRE LA MADURACION EN LA CAÑA DE AZUCAR**

La floración es un proceso natural que ocurre cuando las plantas han completado su ciclo vegetativo para iniciar el período reproductivo. No todas las variedades de caña de azúcar florecen con la misma intensidad, debido a la existencia de factores genéticos internos que regulan la floración, así como factores externos (ambientales) que a su vez la inducen. Entre los factores ambientales que más inciden en la floración, se encuentra el fotoperíodo. Se ha demostrado que un fotoperíodo amplio induce la formación del primordio floral en las variedades que son sensibles a florecer en condiciones naturales (variedades Canal Point). Según la variedad y las condiciones climáticas, la floración puede ser más o menos intensa. Cuando inicia la floración se suspende la formación de nuevos entrenudos y se promueve la formación de yemas laterales; se inicia la formación de médula corchosa que se forma en la parte superior del tallo y se va extendiendo hacia abajo, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad. En condiciones de sequía, las áreas de la médula se unen y forman un núcleo méduloso que contiene muy poco jugo; cuando éstas cañas se procesan en el ingenio, los resultados son alto contenido de fibra y muy bajo contenido de azúcar (22).

El efecto de la floración sobre el rendimiento de azúcar y el tonelaje de caña dependerá de la edad del cultivo y de la intensidad de la floración. Si las condiciones ambientales son desfavorables y la floración ocurre cuando las cañas aún se encuentran jóvenes, la producción de caña será menor. Si sucede en caña que ya se encuentra en período de maduración, las pérdidas en tonelaje de caña serán mínimas y el rendimiento en azúcar puede incluso aumentarse toda vez que al cesar el crecimiento del tallo se favorece la acumulación y almacenamiento de sacarosa (22)

Sin embargo, no debe transcurrir mucho tiempo entre la floración y la cosecha para evitar la formación de médula corchosa y la inversión de la sacarosa a hexosas. La inducción de la floración es independiente de la edad de la caña. Desde que el tallo tenga más de 3 entrenudos formados y ocurran las condiciones de fotoperíodo ideales (días largos), hay inducción de floración, es decir que la flor puede aparecer en plantas desde los 6 hasta los 12 meses de edad (22).

Rodríguez et al (25), determinó por medio de una investigación realizada bajo las condiciones del campo experimental del Centro Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria

(CENIAP), Maracay, Venezuela, que la floración induce un incremento significativo en la calidad del jugo de la caña (concentración de sacarosa) en un bajo porcentaje de variedades. También indican que, la calidad del jugo solamente es superior en las cañas florecidas, durante los primeros 5 meses, luego decrece hasta ser superada por las parcelas en las que se le aplicó el madurante químico.

Chaves Solera (10), enumera los siguientes efectos provocados por la floración:

- Reducción evidente de la absorción radical.
- Reducción en el abastecimiento de carbohidratos.
- Excreción de N y K por la raíz.
- Reducción en la velocidad de la actividad fotosintética.
- Muerte de las hojas inferiores y emisión de brotes laterales (lalas).
- Distribución retardada de nutrientes.
- El desarrollo se detiene.
- Enriquecimiento en azúcares en la parte superior del tallo.
- Deshidratación de los tejidos.
- Baja recuperación de azúcar en el ingenio.

#### **4.1.8 BENEFICIOS OBTENIDOS CON EL USO DE MADURANTE**

El incremento en sacarosa y pureza de los jugos de la caña tratada con el madurante, puede ayudar a incrementar la productividad del ingenio, ya que éste se beneficia moliendo caña de calidad. Mediante el uso de madurantes químicos, el cañicultor puede asegurar una buena concentración de sacarosa al cosechar, a pesar de que imperen condiciones naturales desfavorables. El madurante seca las hojas de la caña, con lo cual se facilita la quema, reduciendo notablemente la basura al momento del corte y los costos adicionales debidos al manejo de la misma. El madurante puede inhibir la floración en ciertas variedades de caña, la cual al no ser inhibida puede reducir los niveles de sacarosa causando resequedad de los entrenudos superiores produciéndose el acorchamiento y la pérdida del azúcar almacenada en dicha área del tallo. Se reducen los costos de transporte al ingenio, debido a una reducción en la relación de toneladas de caña y toneladas de azúcar, se transporta mayor cantidad de caña sin basura y con mayor contenido de sacarosa (19).

Se ha demostrado que la caña tratada con el madurante tiende a deteriorarse con menor rapidez después del corte que la no tratada. Esta conserva el azúcar ya almacenada dentro de los tallos de la caña, dando una ventaja a condiciones imprevistas del ingenio que impidan procesar la caña dentro de las 48 horas después del corte (19).

Ya que el madurante permite un mejor control de la maduración, es posible iniciar la zafra más temprano, esto permite que los ingenios se abran antes y ayude a evitar los estancamientos que ocurren en el apogeo de la zafra.

#### **4.1.9 EFECTOS VISIBLES DEL MADURANTE**

A veces puede notarse efectos visibles después de la aplicación del madurante, estos efectos pueden variar dependiendo de las condiciones de la plantación, estación del año, variedad de caña, etc. pero generalmente se produce un moteado, manchas y quema de la punta de las hojas, dentro de los 10 primeros días que siguen a la aplicación. A veces, esto es seguido por un amarillamiento o enrojecimiento de las hojas y del cogollo de la planta. En algunos casos aparecen brotes laterales (lalas). Como característica típica de la caña tratada con el madurante, éstos brotes no reducen la calidad del jugo.

Otros efectos visibles pueden incluir la desecación de las hojas, la inhibición del crecimiento de las espigas, acortamiento de los entrenudos superiores o terminales y engrosamiento de los nudos (18).

En los ensayos realizados hasta el momento no se han encontrado efectos adversos producidos por la aplicación de glifosato en la germinación, crecimiento y desarrollo de la soca siguiente, cuando se han aplicado dosis de hasta 1200 g. de i. a. /ha. sin embargo, en aplicaciones a nivel comercial se ha observado algunos efectos fitotóxicos consistentes en hojas albinas con proliferación de brotes muy delgados. Este daño es mayor en variedades susceptibles y se ha demostrado que aplicaciones adicionales de urea a razón de 50 Kg/ha. , adicionales a la dosis normal de fertilizante permiten una rápida recuperación (22).

Legendre (16), concluye que con la aplicación de madurante es posible anticipar un aumento del 5 al 10% en libras de azúcar obtenidas por tonelada de caña molida, siempre y cuando las cañas tratadas se comparen con cañas en similares circunstancias que no han sido tratadas.

#### **4.1.10 EL EFECTO DE LA EPOCA DE APLICACION DE MADURANTE**

La aplicación de madurante tiene mayor efecto cuando se hace al final del período de desarrollo del cultivo, sin que éste haya alcanzado un estado avanzado de maduración fisiológica. En la mayoría de las variedades cultivadas en la zona, esto ocurre entre los 10 y los 12 meses de edad. Aplicaciones antes de los diez meses tienen un efecto muy severo en el crecimiento y aplicaciones después de los doce meses tienen una respuesta menor, debido a que a ésta edad el cultivo tiene una mayor madurez obtenida naturalmente (28).

#### **4.1.11 EFECTOS DEL MADURANTE EN EL CRECIMIENTO DE LA CAÑA**

Según Villegas (28), el crecimiento promedio de la caña es de 8 cm. en cada semana en el periodo de rápido crecimiento lo cual depende del clima, la variedad, el suelo y las prácticas culturales. Después de los diez meses de edad, cuando la caña inicia su proceso de maduración, el ritmo de crecimiento disminuye y normalmente puede ser de seis centímetros por semana. Si al cultivo se le aplica madurante, el ritmo de crecimiento disminuye aún más, y se registran valores de cuatro centímetros por semana. El madurante aplicado en las dosis adecuadas no debe detener completamente el crecimiento. El hecho de causar un efecto drástico en el crecimiento no implica necesariamente un aumento mayor en la concentración de sacarosa. Se han evaluado madurantes que al aplicarlos detuvieron completamente el crecimiento, sin embargo no produjeron ningún efecto madurante.

#### **4.1.12 EFECTO DEL MADURANTE EN LA PRODUCCION**

La aplicación de madurante puede incrementar la producción de azúcar hasta en un 25%, pero para lograrlo es indispensable provocar una disminución en el ritmo de crecimiento de la planta, de tal forma que se almacene una mayor cantidad de sacarosa en el tallo (28).

Desde el momento de aplicación con dosis adecuadas de madurante, hasta las seis o doce semanas, las plantas presentan un crecimiento entre los 10 y 25 cm. menor al que tendrían sin aplicación. Si esto tuviera un efecto directo en la producción de caña, podría esperarse una disminución entre 3% y 8% debido a la acción del madurante, sin embargo deben tenerse en cuenta dos factores importantes: primero, parte del mayor crecimiento de las plantas sin madurante se debe al mayor desarrollo del cogollo, el cual se deja en el campo al momento de la cosecha, mientras los cogollos de las plantas tratadas con madurante son más cortos, y segundo, la acción del madurante incrementa apreciablemente el contenido de sacarosa en el tercio superior del tallo, lo cual justifica hacer el corte más alto al momento de la cosecha. El contenido de sacarosa en el tercio superior de los tallos en cultivos sin aplicación de madurante es muy bajo (28).

Por las dos razones anteriormente expuestas, las aplicaciones de madurante no tienen porqué afectar la producción de caña si el descogolle se hace en forma adecuada al momento de cosechar, inclusive se puede esperar una mayor producción de caña en cultivos aplicados con madurante, si se tiene en cuenta que hay disponible una mayor cantidad de tallo útil que se puede enviar a la molienda (22).

#### **4.1.13 ALTURA DE CORTE**

La altura de corte o descogolle de la caña, la debe definir el rendimiento en azúcar que tengan los últimos entrenudos cercanos al cogollo verdadero. El valor mínimo de rendimiento está determinado por la cantidad de azúcar recuperable que permita al menos pagar los costos de

corte-alee, transporte y procesamiento. Por ello, es necesario recuperar 56 kg. de azúcar/tonelada de caña molida. En otras palabras, no es rentable moler porciones de tallo que tengan rendimientos inferiores a 5.6%, valor que puede cambiar de un ingenio a otro, de acuerdo con la variación no sólo de los costos mencionados, sino también del mismo valor de la caña (28).

La aplicación de madurante eleva el rendimiento de los últimos entrenudos y en evaluaciones realizadas en cultivos donde hubo una buena respuesta, se pudo descogollar de tal forma que no quedó tallo adherido al cogollo y en cultivos donde la aplicación no tuvo una respuesta tan buena, se descogolló con dos entrenudos del tallo adheridos al cogollo. Esto equivale a dejar en el campo 6 ton/ha. de caña aproximadamente. En cultivos de caña donde no se aplica madurante es necesario descogollar con cinco entrenudos del tallo adheridos al cogollo, que equivale a dejar 17 ton/ha. de caña en el campo (28).

Por tanto, la aplicación de madurante permite en los casos mencionados aprovechar entre 11 y 17 ton/ha. de caña adicionales, cantidad que compensa y supera cualquier merma en el tonelaje por disminución del crecimiento de los tallos que por efecto del madurante se pueda presentar. Desde éste punto de vista, el uso de madurante es ventajoso no sólo para los ingenios, que pueden recuperar una mayor cantidad de azúcar, sino también para los cultivadores, bien sea que tengan pago por peso, pues pueden aprovechar una mayor cantidad de caña o más aún para los que tengan contrato por rendimiento pues pueden obtener hasta 12.5% más de azúcar (la mitad del 25% que incrementa el madurante) y para los cortadores el poder descogollar más alto, lo cual les representa un mayor tonelaje cortado por día (28).

El concepto de altura de corte que involucra las ideas anteriores, no es tan fácil llevarlo a la práctica, pues el rendimiento de los últimos entrenudos varía dependiendo de las condiciones de cultivo tales como la variedad de caña, edad de corte, clima y respuesta al madurante.

No obstante, en los muestreos de precosecha que se practican en los ingenios, además de determinar el rendimiento total del tallo, se puede determinar también el rendimiento de los últimos entrenudos, utilizando la misma muestra de caña y con base en esa información adiestrar al personal de cosecha para que se ejecute el descogolle a la altura adecuada. Esta es una labor en la cual pueden contribuir eficazmente los departamentos de Control de Calidad de los ingenios azucareros (28).

#### **4.1.14 CONTROL DE LA MADURACION Y RENDIMIENTOS**

El control de la maduración en la caña de azúcar, consiste en el análisis practicado a muestras representativas de la plantación comercial, tomadas periódicamente con el fin de conocer la concentración de sacarosa de sus jugos y determinar consecuentemente el grado de

maduración, para que al final, pueda establecerse una fecha de corte o cosecha en la cual pueda obtenerse un buen rendimiento.

La programación por BRIX es el método más simple. Mediante el "Refractómetro de mano", se obtiene la lectura de BRIX del jugo de los tercios superior, medio e inferior; el jugo se extrae picando con un punzón de tallos. El punto de madurez (índice de maduración), se determina cuando las tres lecturas tienen valores semejantes, es decir el resultado se aproxima a la unidad, el grado de aproximación indica el nivel de maduración (18).

La relación fructosa-glucosa (azúcares reductores) representa un criterio de madurez importante, ya que al madurar la caña, los azúcares reductores se transforman en sacarosa por deshidratación. La relación se mantiene baja cuando la caña está en crecimiento pero aumenta conforme se acerca al punto de madurez fisiológica, un valor de 8 ó valores mayores se consideran bastante buenos para lograr altos rendimientos.

La fórmula de Winter y Carp se basa en las experiencias obtenidas en Java, es muy utilizada en todo el mundo a nivel de técnicos azucareros. Son muchas las modificaciones que han sido sugeridas a partir de la fórmula original, que sigue siendo de uso general, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$X = S (1.4 - 40/P) * \text{Factor}$$

en la cual:

X = Sacarosa (pol) disponible en cien partes de caña.

S = Porcentaje de sacarosa (POL) en el guarapo en términos de peso de caña.

P = Pureza del guarapo.

Factor de corrección = comparación del resultado obtenido por medio de la fórmula y el resultado real obtenido en la fábrica. Para el caso del Ingenio Pantaleón, el factor con que se trabaja es 14.25, el cual se ha determinado en el transcurso de varias zafras y es mencionado por Campollo (9).

La fórmula está basada en las observaciones de Winter, efectuadas hace más de 60 años, de los resultados verdaderos obtenidos en Java, que demostraron que una parte de no sacarosa (no-POL) retenía 0.4 partes de sacarosa (POL) en la melaza final.

Considerando dicha relación entre sacarosa (pol) en la melaza y los no-azúcares, la fórmula se basa en una pureza de melaza equivalente a 28.57, es decir:

$$(0.4/1.4) \times 100 = 28.57.$$

Con éstas variables se puede estimar el tonelaje de caña por hectárea, siguiendo los pasos siguientes:

$$\# \text{ Tallos/m. lineal} = \# \text{ tallos muestra}/30 \text{ m}$$

$$\text{Peso por tallo} = \text{peso } 5 \text{ tallos cortados}/ 5 \text{ tallos.}$$

$$\# \text{ Tallos/ha} = (\# \text{ de tallos/m. lineal}) \times (\text{m lineales de una hectárea}) \text{ para caña} = 1.5\text{m.}$$

$$\text{Tonelaje por hectárea} = (\text{peso por tallo}) \times (\# \text{ tallos/ha.})$$

## 4.2 MARCO REFERENCIAL

### 4.2.1 UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL EXPERIMENTO

#### 4.2.1.1 Localización y descripción del área experimental

La investigación se realizó en la finca Camantulul, del Ingenio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, ubicada a 14°09' latitud norte y 91°03' longitud oeste, a una altura de 272 msnm, en la región fisiográfica del declive del litoral del pacífico, a una distancia de 92 Km de la capital en jurisdicción del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, pertenece a la zona de vida denominada Bosque Tropical Húmedo. En la figura 1 se muestra la ubicación del área en la cual se realizó la investigación.

#### 4.2.1.2 Condiciones climáticas

Con base a los registros de los últimos años, obtenidos de la estación Meteorológica tipo "B", ubicada en la finca Camantulul, las condiciones son las siguientes:

- Humedad relativa promedio anual	70%
- Precipitación pluvial media anual	3,614 mm
- Días de lluvia promedio anual	210 días
- Temperatura mínima promedio anual	19.50° C
- Temperatura máxima promedio anual	32.24° C
- Temperatura promedio anual	25.87° C

#### 4.2.1.3 Condiciones de suelo

Según Simmons (27), determinó que los suelos de la finca Camantulul y sus alrededores, pertenecen a la clase de los suelos Camantulul (Cl), los cuales ocupan un 100% del área total de la Finca, radicando allí la importancia de los estudios realizados en dichos suelos para la misma finca. Son suelos que se encuentran en el Declive del pacífico, dentro del cual se consideran como suelos profundos sobre materiales volcánicos de color claro.

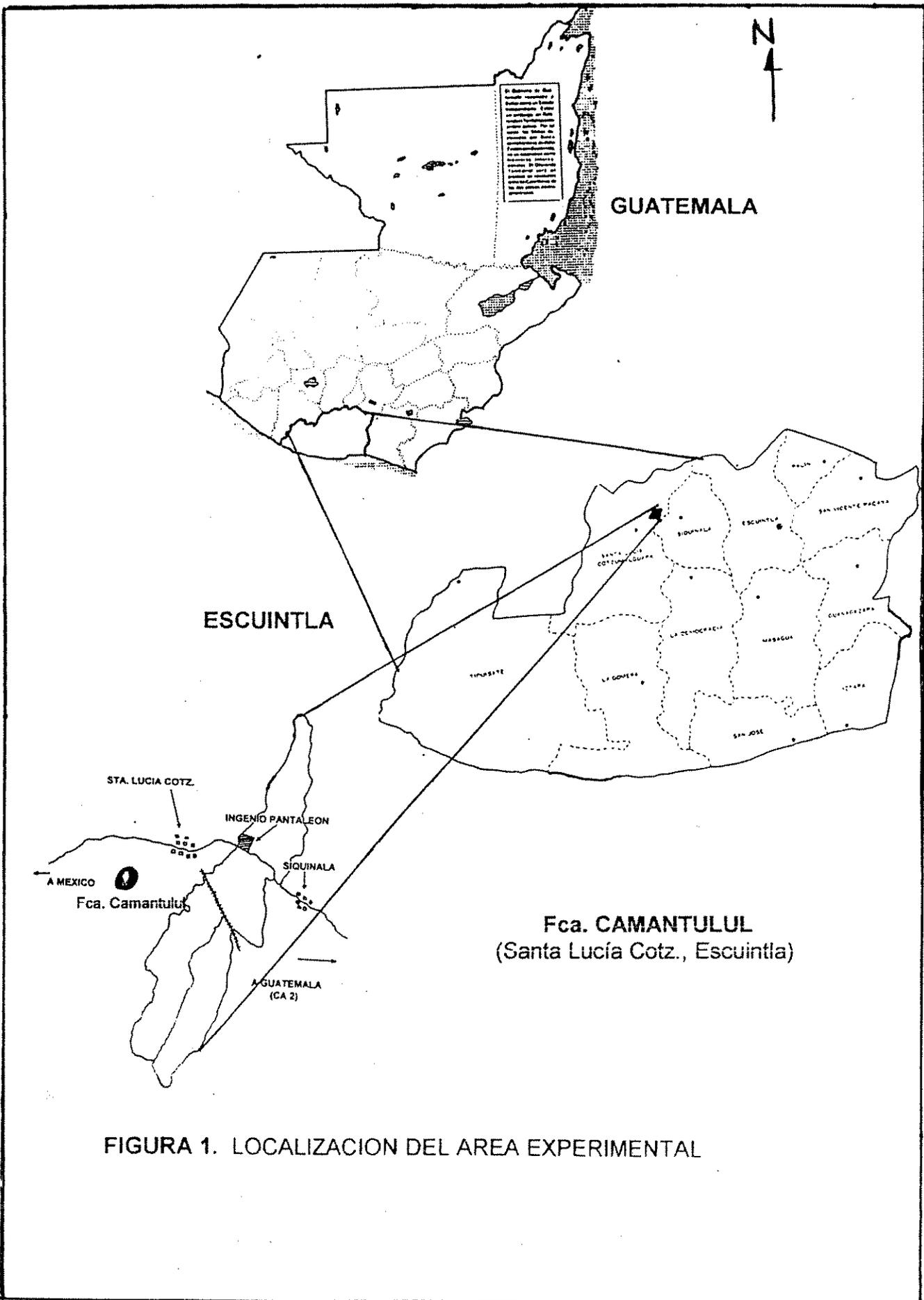


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA EXPERIMENTAL

Las características de los suelos Camantulul en cuanto a la fisiografía, material madre y características de los perfiles del suelo son:

- El material madre es ceniza volcánica cementada de color claro.
- El relieve es fuertemente ondulado.
- El drenaje interno es moderado.
- En lo que respecta al suelo superficial: El color es café oscuro a café muy oscuro, la textura y consistencia es franco arcilloso, y friable respectivamente, el espesor aproximado es de 25 cm.
- En lo que respecta al subsuelo: El color es café a café rojizo, la consistencia es friable, la textura es arcillosa, el espesor aproximado es de 60-70 cm.

Las características de los suelos Camantulul en lo que respecta a características que influyen en su uso son:

- El declive dominante es del 10%.
- El drenaje a través del suelo es moderado.
- La capacidad de abastecimiento de humedad es mediana.
- No tiene ninguna capa que limite la penetración de las raíces.
- El peligro de erosión es alto.
- La fertilidad natural es alta.
- El problema especial en cuanto al manejo del suelo es lo relacionado con la erosión.

Dicho tipo de suelos pueden aprovecharse de forma intensiva por su profundidad efectiva, su reserva de nutrientes y un elevado contenido de materia orgánica. La densidad aparente de dichos suelos es de 0.95 g/cc, además poseen una elevada capacidad de infiltración. (9)

#### **4.2.2 SAL ISOPROPIL AMINA DE GLIFOSATO**

##### **4.2.2.1 Características**

Esta es un compuesto que posee propiedades de herbicida sistémico, no selectivo de utilización post-emergente, además posee una alta capacidad para traslocarse o transportarse a través de toda la planta incluyendo rizomas y raíces (20). La molécula del compuesto es muy hidrosoluble y poco liposoluble, que reacciona con aguas duras, Fe<sup>++</sup>, Al<sup>++</sup>, no se volatiliza y se adsorbe poco en las arcillas.

Debido a su hidrosolubilidad se mezcla y lava fácilmente, consiguiéndose una solución homogénea y estable; por no ser liposoluble su penetración en el tejido vegetal es difícil y se hace necesaria la utilización de un surfactante, no se bioacumula ni es absorbido por la piel y se disipa rápido en el agua; por ello, para obtener un buen resultado de aplicación no debe haber presencia de lluvias en un periodo de 4 horas después de su aplicación. La sal isopropil amina de glifosato es una glicina sustituida, lo que le confiere características de baja toxicidad

general, descomposición microbiológica rápida y completa, y transforamción rápida en el agua. (21)

En cuanto a toxicología se refiere, el compuesto químico del glifosato (N-N fosfometil glicina) esta clasificado como ligeramente tóxico para la ingestión oral. Al comparar los valores de la DL 50 en ratas se ha concluido que es menos tóxico que la sal común (cloruro de sodio) y es la mitad de tóxico que la aspirina (20).

#### **4.2.2.2 Propiedades del Round up**

Se caracteriza por ser una sustancia orgánica sumamente simple. Se compone de un ácido fosfometilo y un aminoácido esencial denominado glicina, que esta presente tanto en plantas como en animales (20)

El glifosato no se acumula en los tejidos grasos de los animales o personas porque se elimina rápidamente a través de las heces y la orina. Puesto que no es soluble en grasa, no es bioacumulable. Al consumir alimentos con residuo, no es posible transferirlos de un nivel a otro en la cadena alimenticia, porque al no disolverse en los tejidos grasos, el producto sale de los animales o del ser humano junto con los desechos sólidos (heces) y líquidos (orina) (20).

No contamina fuentes hídricas porque se disipa rápidamente en el agua. Debido a la alta solubilidad de este producto en agua, ya que pronto se diluye y su concentración baja a niveles prácticamente inofensivos para los organismos y los animales acuáticos (20).

El glifosato no produce vapores que puedan trasladarse y afectar cultivos vecinos. La presión de vapor es muy baja tanto que no es volátil. No ocasiona fitotoxicidad residual porque no se absorbe por las raíces de las planta. Apenas las gotas de mezcla caen al suelo, se desactivan completamente, porque se fijan a las partículas coloidales del mismo (20).

Por ser alimento para organismos descomponedores, el glifosato se puede aplicar en forma repetida sin que se observe acumulación de sus residuos en el terreno, ya que a mayor contenido de materia orgánica, mayor es la actividad microbiológica en el suelo y mayores las posibilidades y tasa de descomposición. El proceso de degradación del glifosato en el suelo tarda entre 60 y 90 días, transformándose en productos naturales como hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno y sulfatos, luego desaparece (20).

Los atributos ambientales y ecológicos del glifosato lo convierten en el producto ideal en recuperación de hábitats y manejo de áreas silvestres, ya que es muy poco volátil, no afecta cultivos vecinos, ni desprende gases que afecten la atmósfera, no se decompone con la luz solar (20).

#### **4.2.2.3 Modo de acción**

Es una molécula altamente sistémica, su movimiento se da por vía floema y se trasloca por vía xilema dentro de la planta, la absorción radicular es ineficiente dado a que es de fácil fijación en el suelo debido a la presencia de fosfatos, por lo tanto, no controla semillas, no se acumula, no se lixivia y no contamina aguas (19).

La sal isopropil amina de glifosato actúa sobre la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano) reduciéndola y disminuyendo así la síntesis de proteína y consecuentemente causa resucción en la tasa de crecimiento y muerte a la planta por inanición (28).

#### **4.2.2.4 Usos de la sal isopropil amina de glifosato como madurante químico en la caña de azúcar**

La sal isopropil amina de glifosato, comercialmente conocida como roundup, se empezó a evaluar su efecto como madurante químico para el cultivo de la caña de azúcar, los investigadores del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), han llevado a cabo varios experimentos para evaluar la efectividad de ambos ingredientes activos como madurantes químicos de la caña de azúcar, obteniéndose muy buenos resultados respecto a la sal isopropil amina de glifosato (15).

El modo de acción de la sal isopropil amina de glifosato en la caña de azúcar como madurante, es el efecto neutralizante sobre la invertasa ácida. La invertasa ácida es la enzima clave en la conversión de sacarosa en glucosa y fructosa, sustancias utilizadas en el metabolismo de la planta para la respiración y el crecimiento de la planta. El efecto neto es un nivel más alto de sacarosa en la planta para la respiración y el crecimiento de la planta. El efecto neto es un nivel más alto de sacarosa en la planta, es decir una mayor acumulación de azúcar en el tallo (15).

La función de la sal isopropil amina de glifosato es la de un regulador de crecimiento. Después de la aplicación las hojas de la planta de caña generalmente muestran clorosis, el crecimiento terminal disminuye, los entrenudos superiores se acortan y el contenido de materia seca aumenta, como si la planta estuviera sometida a un estrés hídrico. El cogollo o meristemo terminal puede morir y comúnmente aparecen brotes laterales (lilas) (15).

Las recomendaciones para el uso son muy específicas y varían entre áreas cañeras y aún dentro de las mismas áreas cañeras. Las recomendaciones locales incluyen: utilización de la dosis adecuada, utilización de un volumen de mezcla adecuado al área a aplicar, de acuerdo a la variedad de caña. Así como la edad adecuada de aplicación, entre otras.

### **4.2.3 LAS SULFONILUREAS**

Aunque la actividad herbicida de las sulfonilureas fue reportada desde la década del 60, solamente en la década del 80 tomó auge el estudio y aplicación práctica de estas sustancias. El uso de cantidades pequeñas, la facilidad para su manejo, la seguridad para los usuarios (inhibe en los vegetales la enzima Acetil-lactato-sintetasa, la cual no está presente en el hombre y otros animales), están haciendo que la utilización de las sulfonilureas como herbicida, crezca rápidamente en todo el mundo. (11)

#### **4.2.3.1 Actividad del herbicida**

El principal efecto adverso en las plantas es la inhibición del crecimiento. Esto ocurre en poco tiempo. En especies de crecimiento rápido, generalmente se presenta de uno a dos días después de la aplicación. Como efectos secundarios, se presentan diversos cambios en los vegetales, como incremento en formación de antocianinas, decoloración de las venas, clorosis, necrosis, caída de las hojas y muerte de las yemas terminales. Estos cambios son lentos. Generalmente toman de una a cinco semanas al cabo de las cuales ocurre la muerte de la planta dependiendo de la especie, de su estado de desarrollo, de la dosis del herbicida y de las condiciones ambientales. (11)

#### **4.2.3.2 Características físico-químicas**

La molécula de las sulfonilureas se compone de un grupo arilo, un grupo sulfonilurea y un grupo heterocíclico nitrogenado. Las sulfonilureas tienen puntos de fusión moderados, baja presión de vapor y alta a moderada solubilidad en agua, a pH neutro. (11)

#### **4.2.3.3 Toxicología**

Las sulfonilureas mencionadas anteriormente son de baja toxicidad aguda oral, dermal y por inhalación, en ratas y conejos. El DL50 oral agudo es mayor de 4.100 mg/kg., comparado con el LD50 de la sal en rata, que es de 3,0 mg/kg. Las sulfonilureas no son mutagénicas. Tienen baja toxicidad a los peces, vida silvestre y abejas. (11)

Esta toxicidad, junto con las dosis (pocos gramos/Ha) que se usan, hacen que las sulfonilureas sean herbicidas muy promisorios desde el punto de vista de seguridad para el medio ambiente y la salud humana. Además se ha encontrado que el crecimiento de los microorganismos *Rhizobium* y *Azotobacter*, que tienen efecto benéfico en la fijación de nitrógeno, no es afectado adversamente por las sulfonilureas. (11)

#### **4.2.3.4 Modo de acción**

En todas las sulfonilureas el sitio de acción es la enzima acetil lactato sintetasa. Esta enzima es necesario para formación de aminoácidos valina, leucina e isoleucina. La ausencia de

esta enzima en el hombre y otros animales nos ayuda a que la toxicidad de estos productos sea baja. (11)

En especies de plantas sensitivas los primeros síntomas son la detención del crecimiento seguido a esto esta la clorosis, necrosis y malformación de hojas, lo cual ocurre entre 10 y 25 días después de la aplicación, lo que hace que la planta muera. (11)

#### **4.2.3.5 Toma y traslocación**

Las sulfonilureas son ácidos débiles con constantes de disociación (Pka) que van de 3.3 a 5.2. Como ocurre con las moléculas ionizables, la forma neutral o no cargada de la molécula es mucho más lipofílica que la forma ionizada o aniónica. La mayoría de moléculas de las sulfonilureas penetran a través de la membrana celular en forma no disociada o estado protonado, como también se le conoce. La penetración de las sulfonilureas dentro de la planta ocurre rápidamente a través del follaje y las raíces. La toma parece variar considerablemente dependiendo del método de aplicación, la formulación y la especie vegetal. En aplicaciones foliares generalmente penetra entre el 40-80% de lo aplicado. Una vez dentro de la planta, las sulfonilureas se movilizan activamente usando preferiblemente la vía floemática. (11)

#### **4.2.3.6 Factores ambientales que afectan a las sulfonilureas**

Como ocurre con todos los demás herbicidas, muchos factores como el tipo de suelo, humedad, contenido de materia orgánica, temperatura, cantidad y diversidad de microorganismos, influyen altamente en el trabajo de las sulfonilureas. El estado de crecimiento de las malezas son muy importantes. Plantas sanas que están en crecimiento activo son más susceptibles a las sulfonilureas que aquellas que están bajo estrés. (11)

Aunque, en general, el efecto adverso visible sobre las malezas causado por las sulfonilureas, toma un poco de tiempo, las plantas tratadas sufren inmediatamente después de la penetración del herbicida, alteraciones en sus procesos metabólicos de tal diversidad y magnitud que cesan su crecimiento. Transpiración y toma de nutrientes y agua son fuertemente inhibidos, haciendo que la competencia de las plantas susceptibles tratadas sea mínima o nula con el cultivo. (11)

#### **4.2.3.7 Degradación en las plantas**

Se han utilizado numerosos estudios a nivel de laboratorio, invernadero y campo, con sulfonilureas marcadas radioactivamente, para estudiar el metabolismo de los compuestos parentados y caracterizar los residuos en todas aquellas partes de las plantas que puedan ser usadas en alimentación humana y animal. El metabolismo en las plantas ocurre a través de hidroxilación, en cualquiera de las tres partes fundamentales de la molécula de las sulfonilureas, seguida por conjugación con el azúcar. Los metabolitos así formados no son tóxicos ni tienen

actividad como herbicidas. (11)

#### 4.2.3.8 Degradación y actividad de las sulfonilureas en el suelo y agua

Comparados con otros productos las sulfonilureas son degradadas rápidamente. El promedio de vida de estos productos en el suelo, tanto en condiciones anaerobias como aeróbicas es de 360 a 700 días dependiendo de las condiciones de pH y temperatura. La degradación de estos productos es un proceso químico, seguido por la degradación microbiológica, siendo la más importante la degradación química, debido a que en este proceso el producto se vuelve sustancias inactivas, tanto en el suelo como en el agua (11, 23). En la figura 2, podemos observar la degradación química de las sulfonilureas evaluadas, en donde se convierten en sustancias inactivas, para luego ser degradadas por los microorganismos del suelo y del agua.

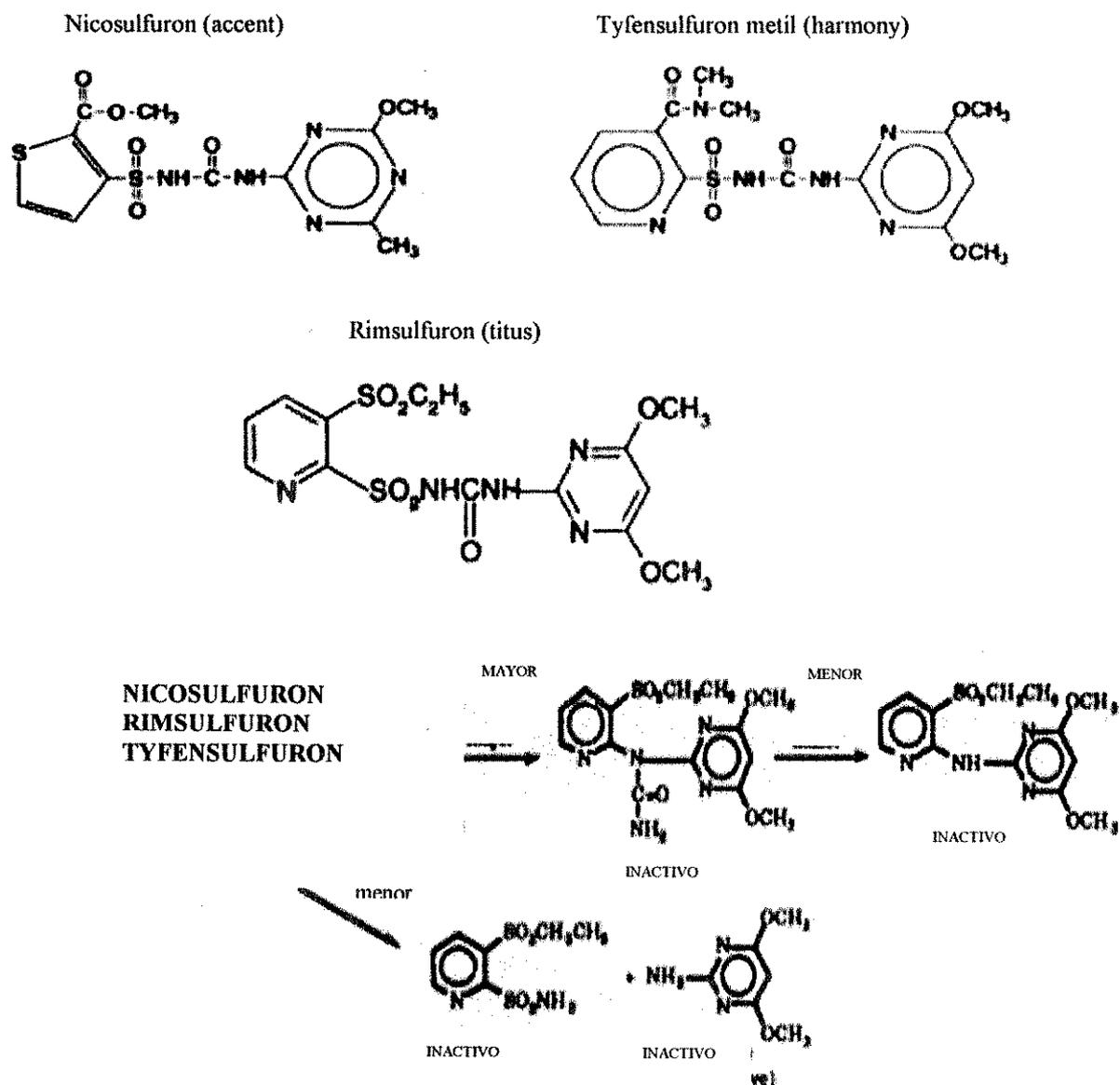


Figura 1. Forma estructural de las sulfonilureas evaluadas y la degradación química a consecuencia del pH y temperatura. (11)

La degradación química de las sulfonilureas es afectada por la temperatura y el pH, que se encuentra tanto en el suelo como en el agua, así tenemos que la degradación es más rápida a medida que se aumenta la temperatura y los grados de pH se alejan del punto neutral (11). En el cuadro 1, podemos observar el tiempo en días de degradación de las sulfonilureas con respecto a la temperatura y al pH.

Cuadro 1. Promedio de vida de las sulfonilureas en soluciones acuosas, la cual es afectada por la temperatura y el pH. (11)

PH	TEMPERATURA EN °C		
	10	20	30
4	--	0.2	--
5	6.0	1.6	0.5
6	--	8.1	--
7	144.0	24.2	4.7
8	23.8	3.7	0.9
9	--	0.8	--

El porcentaje de residuos disminuye con el tiempo, debido a la degradación química y microbiológica, lo que ayuda a que los productos no se acumulen en le suelo, siempre y cuando estos productos se apliquen una sola vez por año (11). En la figura 3, podemos observar los porcentajes residuales de las sulfonilureas con respecto al tiempo y un pH determinado.

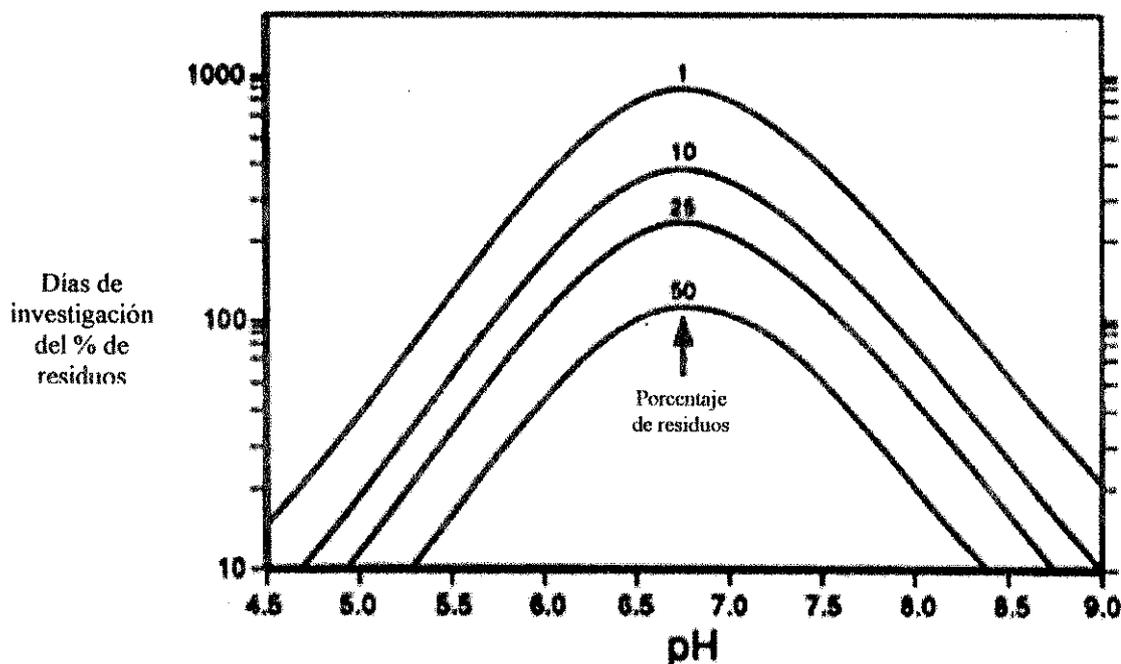


Figura 3. Porcentaje de residuos de las sulfonilureas en el suelo respecto al tiempo y diferentes niveles de pH.

(11)

#### 4.2.4 INHIBIDORES DE AMINOACIDOS RAMIFICADOS

Al final de la década de los años setenta, se descubrieron los herbicidas amidazolinonas y las sulfonilureas, las cuales afectan la producción de los aminoácidos ramificados valina, leucina e isoleucina. La amidazolinonas se absorben por las raíces y menos por el follaje. Las sulfonilureas se absorben por las raíces y las hojas. Ambos se traslocan fácilmente por el xilema y floema y se acumulan en regiones meristemáticas de raíces y bortes. Algunos ejemplos son: Clorinuron etil (clasic), Nicosulfuron (accent, sanson), primisulfuron (beacon), metil metsulfuron (ally, escort), clorsulfuron (glean, telar). (22)

#### 4.2.5 NOMBRES COMERCIALES DE ALGUNOS HERBICIDAS A BASE DE SULFONILUREAS

##### 4.2.5.1 Nicosulfuron

Es un herbicida agrícola, que posee una composición porcentual de: 75% del ingrediente activo (nicosulfuron: 3-piridimecarboxamida-2-(((4,6-dimetoxipirimidin-2-il) aminocarbonil) aminosulfuro aminosulfuron) -N, N-ddimetil), y el 25% de ingredientes inertes (humectantes, dispersantes y compuestos relacionados), para tener un total del 100% del producto comercial. (12)

La solubilidad es de 12200 ppm a pH 6.85 y de 29300 ppm a pH 8.8.

Toxicidad crónica es mayor a 5000 ppm

No es teratogénico, mutagénico ni volátil

La toxicidad aguda (DL 50) oral es mayor es mayor a 5000 ppm (ratas) y mayor a 2000 ppm (conejos). (12)

##### 4.2.5.2 Tyfensulfuron metil

Es un herbicida agrícola que posee una composición porcentual de: 75% de ingrediente activo (tyfensulfuron metil: Metil-3-(((4-metoxi-6-metil-1,2,5-triazina-2-il) amino) carbonil) amino) sulfonil)-2-tiofenicarboxilato)), y el 25% de ingredietnes inertes (humectantes, dispersantes y compuestos relacionados), para hacer un total de 100% del producto comercial. (12)

Harmony inhibe la división celular evitando la producción de ciertas sustancias esenciales para que las plantas crezcan. Las plantas pueden permanecer verdes y dar la apariencia de estar sanas; sin embargo, una o dos semanas después de la aplicación los puntos de crecimiento se tornan de color café. (12)

Harmony se usa en dosis de 20 y 30 gramos/ha. También es un plaguicida que no afecta al medio ambiente. Este herbicida es el producto de una investigación que esta produciendo nuevos tipos de productos químicos los cuales poseen poco riesgo a los humanos, peces o vida silvestre.

La solubilidad es de 2240 ppm a pH 6.5

Toxicidad crónica es mayor a 7500 ppm

No es teratogénico, mutagénico ni volátil

La toxicidad aguda (DL 50) oral es mayor a 5000 ppm (ratas) y mayor a 2000 ppm (conejos)

#### 4.2.5.3 Rimsulfuron

Es un herbicida agrícola, con una composición de 25% de ingrediente activo (rimsulfuron: N-((4,6-dimetil – pirimidin-2-il)-aminocarbonil)-3-(etilsufonil)-2-piridina foamida)), y el 75% de ingredientes inertes (dispersantes y luyentes), para hacer un total un total del 100% del producto comercial. (13)

La solubilidad es mayor a 7300 ppm a pH 7

Toxicidad crónica es mayor a 5000 ppm

No es teratogénico, mutagénico ni volátil. (13)

La toxicidad aguda (DL 50) oral es mayor a 5000 ppm (ratas) y mayor a 2000 ppm (conejos).

#### 4.2.6 Salud y ambiente con glifosato y sulfonilureas

Antes de que cualquier herbicida pueda ser llevado al mercado diversos experimentos sobre seguridad, residualidad y destino ambiental deben ser realizados para determinar con anticipación su seguridad, impactos sobre la salud humana y efectos en el ambiente. En cada país existe una autoridad responsable de verificar tales pruebas. En el caso de los Estados Unidos esto es competencia de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA). (20)

La clasificación toxicológica se rige por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La entidad a dispuesto asignar bandas de diferente color en las etiquetas de los agroquímicos. Se distinguen entre cinco categorías (1) extremadamente peligroso, (2) altamente peligroso (ambas de color rojo), (3) moderadamente peligroso (amarillo), (4) ligeramente peligroso (azul) y (5) banda color verde, sin leyenda. (20)

Estos productos por ser sustancias prácticamente no tóxicas, han sido clasificados en la categoría menos peligrosa (banda de color verde) (20, 11). El índice de toxicidad de una sustancia se expresa de acuerdo a la dosis aguda dermal y oral. Mientras más pequeño sea el valor numérico de la DL 50 más tóxico es tal sustancia. (20)

Experimentalmente se ha determinado se ha determinado que las dosis letales orales (ratas) y dermal (conejos) del glifosato es igual a 5000 ppm (20) y de las sulfonilureas es mayor a 5000 y 2000 ppm respectivamente (11), por lo que les corresponde con el ámbito de sustancias no tóxicas.

Cuadro 2. Toxicidad oral de algunos productos en ratas. Datos de laboratorio.

SUSTANCIA	TOXICIDAD	DL <sub>50</sub> (ppm)
Arsénico	Mas	5
Nicotina		53
Cafeína		192
Aspirina		1000
Vitamina A		2000
Sal de mesa		3000
Glifosato		5000
Sulfonilureas	Menos	> 5000

Estudios mutagénicos y reproductivos, estos productos no causan defectos en el nacimiento o problemas reproductivos en animales de laboratorio. La alta solubilidad de estos productos en agua sugiere que éstos no son bioacumulable. Ensayos con mamíferos, aves y peces no revelan acumulación biológica en la cadena alimenticia. (20, 11)

El destino en el ambiente para estos productos es así, en el caso del **glifosato** como este no afecta por su contacto a los microorganismo del suelo y del agua, no impide por tanto la eventual descomposición de su ingrediente activo (20). En el caso de las **sulfonilureas**, como el sitio de acción es una enzima que no esta presente en los animales, no afecta a los microorganismos de suelo y agua, y por lo tanto después de que los productos se inactivan por medio de un proceso químico, son tomados por dichos microorganismos, logrando al final también la descomposición del ingrediente activo (11).

La descomposición por microbios del suelo, en caso del **glifosato** es un compuesto totalmente biodegradable en el suelo por acción de microorganismos que lo utilizan como alimento, siendo el resultado final de esta degradación compuestos y elementos naturales del suelo como dióxido de carbono, agua, nitrógeno y fosfatos (20). En el caso de las **sulfonilureas**, son compuestos que tienen dos etapas en el proceso de descomposición y degradación del ingrediente activo, la primera comprende una degradación química en donde dependiendo del pH se vuelven sustancias inactivas, pero en la segunda etapa estas sustancias (inactivas) son tomadas por los microorganismos del suelo y los vuelven productos naturales así como también nutrientes, como por ejemplo, dióxido de carbono, agua, nitrógeno y sulfatos, los cuales pueden ser aprovechados por las plantas (11)

El impacto en el agua, puesto que los cuerpos de agua (quebradas, canales, ríos, etc.) están en constante movimiento, prácticamente es imposible mantener suficiente concentración de Glifosato para alcanzar niveles tóxicos (20). Y en el caso de las Sulfonilureas, la

descomposición química se inicia desde el momento en que el producto no encuentra su sitio de acción (11).

#### **4.2.7 CAÑA DE LA VARIEDAD CP 72-2086 UTILIZADA PARA EL ESTUDIO**

##### **4.2.7.1 Características agronómicas**

Tiene un color amarillo verdoso (los hijuelos poseen un color rosado), buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto y no posee afate; es una variedad que florece en alto porcentaje (hasta el 99%), de fácil corte y desbarejado regular. Tiene buen retoño y se adapta a todo tipo de suelos, aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos poco profundos y arenosos. (3) Su resistencia a la sequía es intermedia y es resistente a aplicaciones de herbicida. (9)

##### **4.2.7.2 Patología**

La CP 72-2086 es una variedad resistente al carbón (*Ustilago scitaminea*) y altamente resistente a la roya (*Puccinia melanocephala* Hook & Arn); es susceptible al mosaico, con un porcentaje de incidencia de éste que oscila entre 10-50%; sin embargo, dicha enfermedad no afecta su desarrollo y crecimiento. (3)

##### **4.2.7.3 Madurez**

Esta variedad se clasifica como de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha para los meses de noviembre a febrero ya que en caso de atrasarse dichas actividades, debido a su alto porcentajes (80-90%) de floración se forma tejido corchoso, empezando desde el tercio superior hacia abajo del tallo, lo que implica un despunte más bajo al momento del corte y cosecha, lo cual reduce la producción. (3)

##### **4.2.7.4 Rendimiento**

Esta variedad produce buen tonelaje de caña por hectárea y un alto rendimiento en Kilogramos de azúcar por tonelada tanto a nivel experimental como a nivel de plantaciones comerciales. En plantaciones comerciales se han obtenido rendimientos promedios de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 94.34 Kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida en el ingenio. (3)

A nivel experimental se tiene un promedio de producción de 130 toneladas por hectárea y un rendimiento de 108.18 kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida en el ingenio azucarero. (9)

##### **4.2.5.5 Producción de fibra**

A nivel experimental se ha obtenido de 12.7 a 14% de fibra en caña en plantilla de 12 meses de edad, lo que se considera como adecuado. (3)

## 5. OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de las sulfonilureas: Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil, solas o acompañadas con glifosato en la floración y en el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña de azúcar por hectárea.
- Determinar si es rentable la aplicación de las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil solas o acompañadas con glifosato en el cultivo de la caña de azúcar.
- Determinar cual es la dosis adecuada y menos dañina para los rebrotes de la caña de azúcar, de las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil solas o acompañadas con glifosato.

## 6. HIPOTESIS

- las sulfonilureas: Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil, solas o acompañadas con glifosato inhiben la floración e incrementan el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña de azúcar por hectárea.
- Es rentable la aplicación de las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil como madurante químico en lotes de caña de azúcar.
- Las dosis evaluadas de las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil solas o acompañadas con glifosato no dañan los rebrotes de la caña de azúcar.

## 7. METODOLOGIA

### 7.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

#### 7.1.1 Material vegetal

Para efecto de la investigación se utilizaron parcelas experimentales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) de segundo corte de la variedad CP-722086, ya que la misma es una de las más cultivadas en la región cañera del país por sus características agronómicas y rendimientos obtenidos.

#### 7.1.2 Productos evaluados

- Gifosato (nombre comercial Round up)

Las sulfonilureas

- Nicosulfuron (nombre comercial accent)
- Rimsulfuron (nombre comercial titus)
- Tyfensulfuron metil (nombre comercial harmony)

### 7.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la realización del experimento se utilizó un diseño de Bloques al Azar, con tres repeticiones.

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + R_k + E_{ik}$$

En donde:

$Y_{ik}$  = Variable respuesta del rendimiento y otras variables (número de lalas, porcentaje de floración, crecimiento de tallos, etc.)

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto de la i-ésima modalidad de los tratamientos

$R_k$  = Efecto de los bloques

$E_{ik}$  = Error experimental

### 7.3 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos estuvieron formados por Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfesulfuron metil con sus respectivas combinaciones, en donde también se trabajo un testigo relativo (solo glifosato) y un testigo absoluto (sin aplicación)

Los tratamientos quedaron como se presenta en cuadro 1:

CUADRO 3. Cuadro de descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTO	DOSIS
1	Nicosulfuron 50g/Ha
2	Nicosulfuron 70g/Ha
3	Nicosulfuron 35g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
4	Nicosulfuron 25g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
5	Rimsulfuron 50g/Ha
6	Rimsulfuron 30g/Ha
7	Rimsulfuron 25g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
8	Rimsulfuron 15g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
9	Tyfensulfuron metil 30g/Ha
10	Tyfensulfuron metil 20g/Ha
11	Tyfensulfuron metil 15g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
12	Tyfensulfuron metil 10g/Ha + glifosato 1 Lt/Ha
13	Glifosato 1.5 Lt/Ha
14	Testigo sin aplicación

#### 7.4 CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

##### 7.4.1 Parcela bruta

Cada unidad experimental fue una parcela con un área de 90 metros cuadrados, comprendida por 6 surcos de caña distanciados a 1.5 metros (9 metros de ancho), con una longitud total de 10 metros. La separación entre parcelas fue de 1.5 metros. Debido a que no se contó con unidades experimentales establecidas previamente, el ensayo se montó en un área comercial. (2)

##### 7.4.2 Parcela neta

La parcela neta estuvo constituida por los 4 surcos centrales con una longitud de 10 metros, siendo un total de 60 metros cuadrados (6 metros de ancho por 10 metros de largo). Los surcos que se encontraban a las orillas no se tomaron en cuenta para eliminar el efecto de borde. (2)

#### 7.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Las labores que se realizaron como parte del manejo del experimento, se describen a continuación:

### **7.5.1 Desbasurado y requema**

Dicha labor se realizó con el fin de eliminar los excesos de basura del campo de cultivo que se quedan como restos de la cosecha y favorecer de la misma forma el rebrote de las plantas de caña de azúcar.

La basura restante de la zafra se sacó de las unidades experimentales y se quemó en las calles de cada unidad para facilitar el manejo de la misma.

### **7.5.2 Riegos:**

Se realizó un riego profundo, con el fin de favorecer el rebrote de las plantas de caña de azúcar.

Debido a las condiciones de humedad del suelo de la finca Camantulul, no se necesitó la aplicación de más riegos, ya que según los técnicos, los mismos son caros y aumentan los costos de producción, además no se justifican, pues en la región donde, las lluvias inician a mediados o finales del mes de abril, al poco tiempo de cosechada la caña de dicha finca.

### **7.5.3 Control de malezas y fertilización**

El control de malezas y la fertilización se realizó con azadón y manualmente respectivamente. La primer limpia y la primera fertilización se realizó 15 días después aplicación del riego, ya que el mismo favorece la germinación de las malezas y la planta en rebrote necesita de nutrientes para su desarrollo, se fertilizó con un completo (15-15-15), a razón de 180 kg/mz. La segunda limpia y fertilización se realizó conjuntamente a los 40 días después del rebrote, aplicando como fertilizante una fórmula nitrogenada (46-0-0), a razón de 90 Kg/mz.

### **7.5.4 Trazo y selección de las unidades experimentales**

Se procedió a trazar y distribuir los tratamientos dentro de los bloques, en los cuales la gradiente de la pendiente no era significativa (menor del 5%). Se realizó durante la primera quincena de agosto, puesto que en dicha época se inicia la aplicación de los productos como inhibidores de flor.

### **7.5.5 Aplicación de los productos**

Las aplicaciones de los productos se realizaron, cuando la caña tenía 9 meses de edad, en horas de la mañana (6-9 horas), con la menor velocidad del viento (< 10 Km./hr) y humedad relativa más alta (> 75%)

Para esta labor se utilizó un equipo especial para la aspersión, que es el MODELO 4 F de Sprayin System, el cual es utilizado comúnmente en la aplicación de madurantes en parcelas pequeñas, para simular las aspersiones aéreas en caña de azúcar. Dicho equipo posee un aguilón

que alcanza alturas de 3 metros y una boquilla que proyecta un abanico de 9 metros de ancho. Viene equipado con un cilindro para 2.2 kilogramos de CO<sub>2</sub> y un tanque con capacidad para 4 litros de mezcla.

#### **7.5.6 Muestreos para análisis de jugos**

Los muestreos pre-cosecha se realizaron cortando 4 cañas que estaban dentro de la parcela neta de cada unidad experimental, las cuales fueron escogidas al azar y posteriormente identificadas, se enviaron al laboratorio de CENGICAÑA, para el análisis de grados brix, porcentaje pol, pureza de jugo, y rendimiento (kg/ton).

Los muestreos pre-cosecha se realizaron desde un día antes de la aplicación del madurante hasta el momento de la cosecha, lo cual comprende de 8 a 10 semanas con intervalos de 1 y 2 semanas, quedando distribuidos de la siguiente manera: 0 (un día antes, el mismo día o un día después de la aplicación), 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 semanas después de la aplicación de los productos.

#### **7.5.7 Cosecha de la caña**

La cosecha se realizó en forma manual, identificando las unidades experimentales (4 surcos centrales), luego procediendo a pesar con el auxilio de una grúa y una balanza. En el trabajo de gabinete se determinaron los datos de producción por hectárea.

### **7.6 VARIABLES RESPUESTA**

Para evaluar el efecto de las sulfonilureas Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil, así como de las mezclas con la Sal isopropil amina de glifosato, sobre el cultivo de la caña de azúcar, se tomaron las siguientes variables:

#### **7.6.1 Porcentaje de floración**

La evaluación del porcentaje de floración se llevó a cabo mediante el conteo de la población en dos metros lineales de caña, en los mismos se contaron las cañas floreadas, se determinó el porcentaje de floración. Esta lectura se realizó antes de la aplicación de los productos y un día antes de la cosecha.

#### **7.6.2 Kilogramos de azúcar por tonelada de caña**

Para medir la variable de kilogramos de azúcar por tonelada de caña se realizaron muestreos precosecha semanales, tomando de cada unidad experimental 4 tallos al azar. Posteriormente se enviaron al laboratorio de CENGICAÑA para los análisis de jugos. Obteniendo grados brix, porcentaje pol y pureza, para luego determinar rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña. Los muestreos se realizaron como se mencionan el inciso 7.5.6. Se hicieron en total 10 muestreos.

### **7.6.3 Rendimiento en toneladas de caña por hectárea**

Para evaluar el rendimiento en toneladas de caña por hectárea se cosecharon cuatro surcos los que posteriormente se pesaron y en la fase de gabinete se determinó el tonelaje de caña por hectárea.

### **7.6.4 VARIABLES RELACIONADAS**

#### **7.6.4.1 Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea**

Para la medición del rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea, fue necesario obtener datos de las variables kilogramos de azúcar por tonelada de caña y las toneladas de caña por hectárea.

#### **7.6.4.2 Crecimiento de tallos después de la aplicación de los productos**

Para evaluar el crecimiento de los tallos se tomó al azar una muestra de 10 cañas previamente identificadas en cada parcela neta. Luego se procedió a marcar un metro a partir del último cuello visible hacia abajo, colocando cinta adhesiva, para posteriormente hacer las lecturas. Dicho procedimiento se repitió juntamente con los muestreos según se indican en el inciso 7.5.6.

#### **7.6.4.3 Curva de madurez**

Con el dato de rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña que se obtuvo en los análisis de laboratorio de los tallos indicados en el inciso 7.6.1, se realizó la curva de madurez de la caña. Esta se fue creando semanalmente según se fueron realizando los muestreos hasta el momento de la cosecha.

#### **7.6.4.4 Biomasa de brotes laterales (lilas) por tallo**

Para la evaluación de la biomasa de brotes laterales se utilizaron las cañas que se marcaron para evaluar el crecimiento.

El conteo se realizó un día antes de la cosecha considerando los brotes laterales presentes en los tallos. La fórmula que se utilizó para esta variable fue

$$\text{Peso brotes laterales promedio/tallo} = \text{sumatoria del peso de los brotes laterales}/10$$

#### **7.6.4.5 Evaluación del rebrote**

El procedimiento para la evaluación del rebrote, se realizó con la ejecución de 3 muestreos a intervalos de 30 días cada uno, a partir de la cosecha.

#### **7.6.4.5.1 Evaluación de población del rebrote**

Para determinar la población, se midieron dos submuestras de 5 metros cada una, dentro de la parcela neta. Se contaron los brotes de caña que estuvieran en los 5 metros lineales, y luego se determinó el promedio de rebrotes por metro lineal.

#### **7.6.4.5.1 Evaluación del crecimiento del rebrote**

Para determinar el crecimiento, se midieron dos submuestras longitudinales de 2 metros cada una. Se midió el crecimiento de rebrotes en los extremos y centro de cada submuestra lineal, luego se obtuvo el promedio de crecimiento de la población para las dos submuestras, para cada unidad experimental.

### **7.7 ANALISIS DE LA INFORMACION**

#### **7.7.1 Análisis de varianza**

A los datos obtenidos en la última lectura para todas las variables evaluadas, la cual se realizó un antes de la cosecha de la caña de azúcar, se les realizó el análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existía o no significancia estadística entre los tratamientos. Además para las variables kilogramos de azúcar por tonelada y crecimiento de los tallos de caña se usó para ver el comportamiento de la planta y la curva de madurez durante el ensayo.

#### **7.7.2 Prueba de medias**

Posterior al análisis estadístico se realizó la prueba de medias de Duncan a los tratamientos que presentaron diferencia significativa en el ANDEVA.

#### **7.7.3 Análisis económico financiero**

El análisis económico financiero se determinó por medio de la tasa marginal de retorno (TMR) de los diferentes tratamientos aplicados al ensayo.

Para realizar el análisis económico financiero se siguieron los siguientes pasos, esto tomando en cuenta que somos productores independiente y le vamos a vender la caña al ingenio:

##### **1º. Paso**

- Primero se determinaron los costos que varían (CQV) para cada tratamiento, incluyendo en este rubro lo que son costos del (de los) producto (s) puesto en la finca (CPF), costo de transporte (CT) y el costo de aplicación (CA) de los productos.
- Los beneficios brutos (BB) para cada tratamiento, se determinaron incluyendo en este rubro lo que son los costos por tonelada de caña puesta en campo (PTCC) y las toneladas de caña por hectárea (TCH).
- Los beneficios netos (BN) para cada tratamiento se determinaron, con los costos que varían y los beneficios brutos.

$$CQV = CPF * CT * CA$$

$$BB = PTCC * TCH$$

$$BN = BB - CQV$$

2º. Paso

- Se ordenaron los tratamientos de menor a mayor costo.

3º. Paso

- Se realizó el análisis de dominancia, el cual tuvo como propósito descartar los tratamientos cuyos ingresos no compensan los costos incurridos en comparación con las demás alternativas. Considerando que un tratamiento es dominado cuando no supera los beneficios netos de otro tratamiento con menor costo.

4º. Paso

- Se determinó el incremento en los CQV y en los BN, que resultaron entre el cambio en los beneficios netos y los costos que varían al pasar de un tratamiento a otro.

5º. Paso

- Se determinó la tasa marginal de retorno (TMR), la cual resulta del incremento en los BN dividido el incremento en los CQV, por 100.

$$\% TMR = (\Delta BA / \Delta CQV) * 100$$

## 8. RESULTADOS Y DISCUSION

### 8.1 Porcentaje de floración

Para la variable Porcentaje de floración se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que podemos decir que hubo efecto como supresor de floración en los tratamientos con glifosato solo y en mezcla, y otros como inhibidores de la misma por un lapso de 2.5 a 3 meses (los tratamientos de Nicosulfuron y Rimsulfuron solos). Dichos tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después de la aplicación de los productos. En el cuadro 5F del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable porcentaje de floración.

En lo que corresponde a la prueba de medias de DUNCAN, indica que los que inhibieron la floración, son los tratamientos que contenían Glifosato en la mezcla (Nicosulfuron, Rimsulfuron y Tyfensulfuron metil) y solo, ya que estos presentan 0% de flor. Siguiéndole los tratamientos de Nicosulfuron a 50 y 70 g/ha con 25 y 28% de respectivamente y por ultimo se encuentra el testigo absoluto (sin aplicación) con 84%. En el cuadro 6F se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable porcentaje de floración.

En la investigación realizada por Campollo (9), se obtuvo una retención de la floración entre 95 y 100% con la aplicación de glifosato como madurante, resultados que también se obtuvieron en esta investigación con la diferencia que en esta evaluación la aplicación se realizó para inhibir la floración, la cual se logró en un 100%.

Por otro lado los productos donde se evaluaron las sulfonilureas Nicosulfuron a 50 y 70 g/ha y Rimsulfuron a 50 y 30 g/ha, se atrasó la floración, aunque al momento de la última evaluación, que fue a las 12 semanas después de la aplicación, la flor estaba muy pequeña (aproximadamente 0.5 cm de longitud), encontrándose 25, 28, 36 y 40% de flor respectivamente.

Mientras que en los tratamientos con Tyfensulfuron metil a 30 y 20 g/ha y el Testigo sin aplicación alguna, sí hubo floración, encontrándose 75, 81 y 83% de floración respectivamente y con una longitud aproximada de 40 cm. En la figura 4, se muestra el comportamiento del Porcentaje de floración en los 14 tratamientos evaluados a las 12 semanas después de la aplicación.

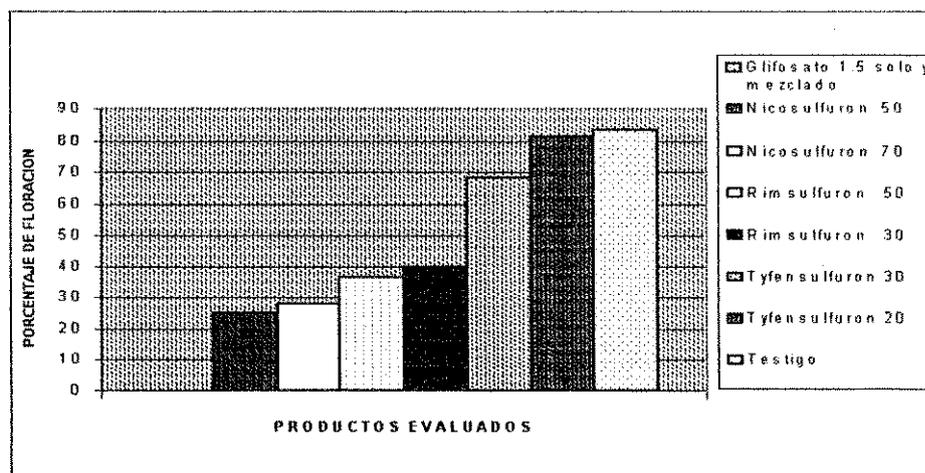


FIGURA 4. Porcentaje de floración de los 14 tratamientos evaluados a las 12 semanas después de la aplicación.

## 8.2 Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC)

Para la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña, se encontró diferencia altamente significativas entre los tratamientos. Dichos tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después de la aplicación. En el cuadro 5A del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable Kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

En lo que corresponde a la prueba de medias de DUNCAN, nos indica que los tratamientos con mayor rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña son Nicosulfuron a 25 y 35 g/ha mezclado con Glifosato con 114.76 y 113.03 kilogramos respectivamente, y les sigue el Glifosato 1.5 l/ha con 112.58 kilogramos.

En general todos los tratamientos que llevan en su mezcla Glifosato así como Glifosato solo, tienen los mayores rendimientos. En la evaluación de Campollo (9), también se encontró que los mayores rendimientos se obtienen con la aplicación de glifosato, con lo cual podemos asegurar que este producto sí ayuda a la acumulación de sacarosa en los tallos de caña. En el cuadro 6A se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable Kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

En general, los tratamientos que presentaron mayor rendimiento en cuanto a Kilogramos de azúcar por tonelada de caña son los que tienen en su mezcla Glifosato, mientras que los tratamientos en los que están las sulfonilureas solas, tienen los menores rendimientos, pero mayores que el tratamiento testigo absoluto. La obtención de valores altos de azúcar en los tratamientos que tenían Glifosato como mezcla, es debido a la supresión del crecimiento en el meristemo apical, por lo que se perdió la dominancia y la planta ya no creció, por lo tanto solo se dedicó a la acumulación de azúcar. En las figuras 5 y 6, se presentan los tratamientos evaluados y su respectivo rendimiento.

Este efecto de acumulación de azúcar es debido a que el Glifosato tiene un efecto neutralizante sobre las invertasas ácidas, lo que conlleva también a la disminución de azúcares reductores. Ya que las invertasas ácidas es clave en la conversión de sacarosa en glucosa y fructosa, sustancias utilizadas en el metabolismo de la planta para respiración y crecimiento. Al ocurrir ambas condiciones se almacena una mayor cantidad de azúcares fotosintetizados en el tallo.

En cambio en los tratamientos con la Sulfonylureas, Nicosulfuron y Rimsulfuron, el crecimiento se detuvo menos, lo que ayudó un poco al incremento en el rendimiento de azúcar por tonelada de caña, pero después siguió su crecimiento normal y por lo tanto siguió utilizando energía.

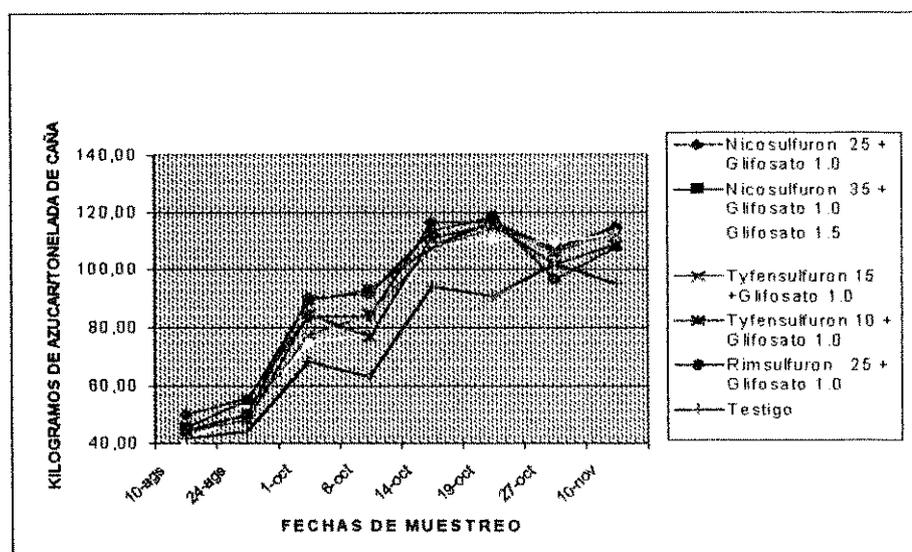


FIGURA 5. Tratamientos que presentaron el mayor rendimiento en Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña vs. el Testigo sin aplicación.

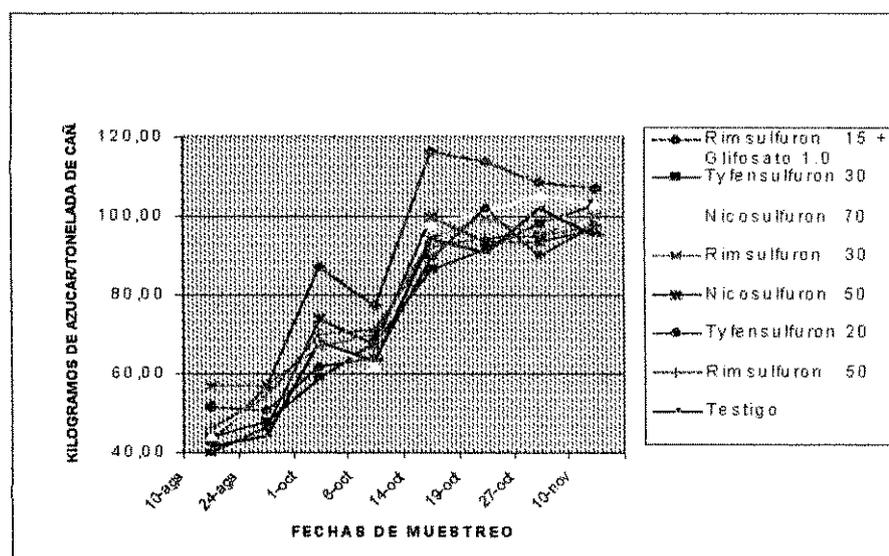


FIGURA 6. Tratamientos que presentaron el menor rendimiento en Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña vs. el Testigo sin aplicación.

### 8.3 Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)

Para la variable respuesta de Toneladas de Caña por Hectárea, se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, esto nos indica que la aplicación de los productos tiene efecto en el tonelaje de caña por hectárea. Dichos tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después de la aplicación de los productos. En el cuadro 5B del anexo se muestra el Análisis de Varianza para la variable Toneladas de caña por hectárea.

En la prueba de medias DUNCAN, observamos que los tratamientos que presentan el mayor tonelaje de caña por hectárea son Tyfensulfuron metil a 20 g/ha y el testigo sin aplicación con 108.22 y 103.7 toneladas respectivamente, siguiéndole el Nicosulfuron 50 g/ha con 99.12 toneladas. En el cuadro 6B se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable Toneladas de caña por hectárea.

Todos los tratamientos evaluados, causan disminución en el tonelaje de caña/ha, a excepción del Tyfensulfuron Metil a 30 g/ha el cual supera al testigo sin aplicación por 4.52 toneladas. En las figuras 7 y 8, se muestran los tratamientos evaluados y su tonelaje de caña por hectárea.

Los siete tratamientos de menor tonelaje/ha son los que tienen Glifosato solo y en la mezcla, por lo que podemos decir que estos tratamientos pueden incrementar el azúcar por tonelada de caña, pero no incrementan en tonelaje de caña/ha debido a que los mismos detienen parcialmente el crecimiento de las cañas. Campollo (9), también observó que los tratamientos donde aplicó glifosato también disminuyó el tonelaje de caña por hectárea, por efecto de la supresión del crecimiento.

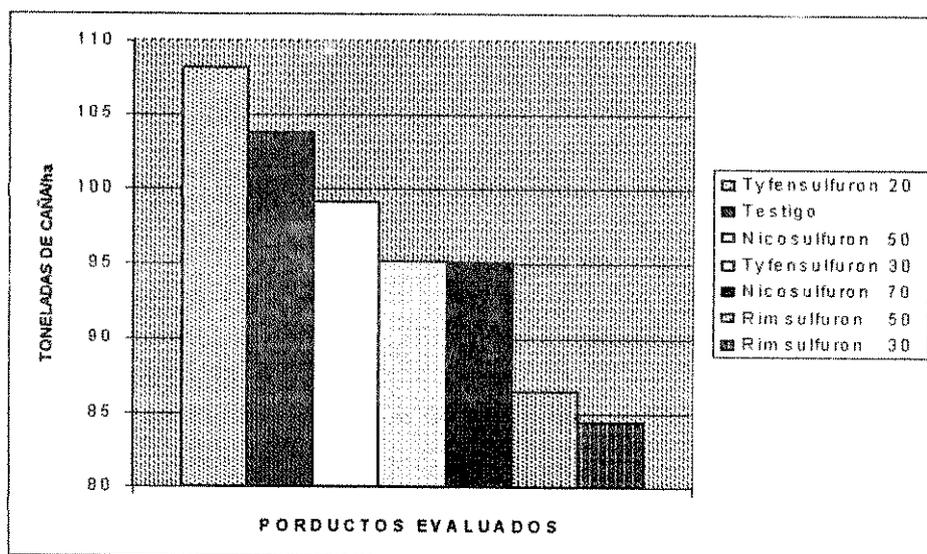


FIGURA 7. Tratamientos con el mayor tonelaje de caña por hectárea.

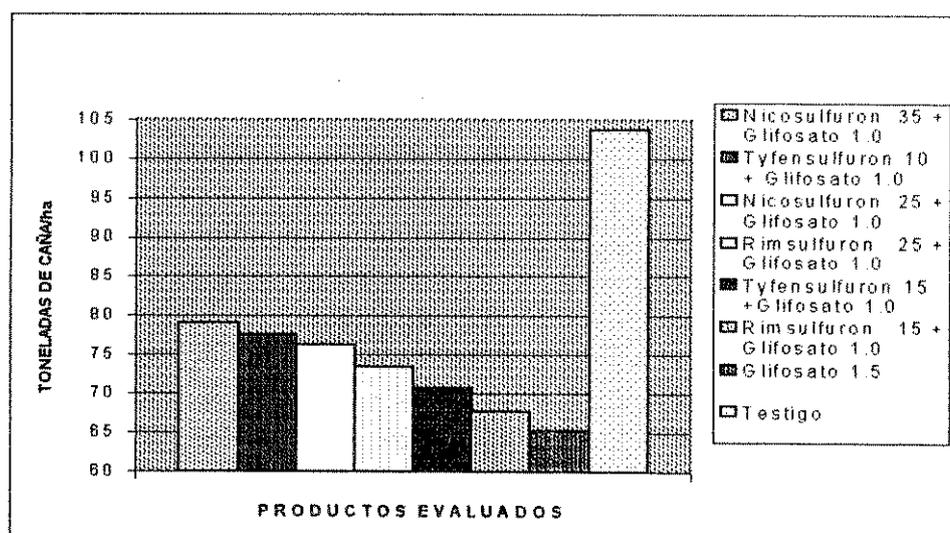


FIGURA 8. Tratamientos con el menor tonelaje de caña por hectárea vs. el Testigo sin aplicación.

#### 8.4 Toneladas de Azúcar por Hectárea (TAH)

Para la variable respuesta, Toneladas de Azúcar por Hectárea, según el análisis estadístico, se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que los mismos tienen un efecto en el incremento de las toneladas de azúcar por hectárea. Dichos productos fueron evaluados a las 12 semanas después de su aplicación. En el cuadro 5C del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable Toneladas de azúcar por hectárea.

En la prueba de medias DUNCAN, observamos que el tratamiento con mayor toneladas de azúcar por hectárea fue el de Tyfensulfuron metil a 20 g/ha con 10.59 toneladas, siguiéndole los tratamientos Testigo sin aplicación, Nicosulfuron 70 g/ha y Tyfensulfuron metil a 30 g/ha con 9.87, 9.79 y 9.77 toneladas de azúcar respectivamente. Esto es debido a la gran cantidad de toneladas de caña que se produjo/ha. En el cuadro 6C se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable Toneladas de azúcar por hectárea.

Los tratamientos en los que se evaluó glifosato, el tonelaje de azúcar por hectárea, se vio afectado debido a que estos tratamientos no ganaron tonelaje de caña por la supresión del crecimiento, esto lo observó Campollo (9) en su investigación, donde los tratamientos en los que aplicó glifosato fueron menores los rendimientos de azúcar por hectárea.

Los promedios generales de toneladas de azúcar por hectárea que entran a los ingenios está entre 9 y 10 toneladas, entre éste rango están los tratamientos mencionados anteriormente y los siguientes, Nicosulfuron a 50 y 70 g/ha, Tyfensulfuron Metil 30 g/ha, con un total de 9.51, 9.79 y 9.77 toneladas respectivamente.

Los tratamientos con Tyfensulfuron Metil a 20 g/ha y el testigo sin aplicación pueden tener un rendimiento alto en tonelaje y estadísticamente ser significantes, pero el pago del corte, alce y transporte se incrementa al aumentar el tonelaje de caña/ha; sin embargo por más que se incremente el redimiendo de azúcar

por tonelada de caña, los costos por corte, aloe y transporte permanecen constantes. En las figuras 9 y 10, se muestran los tratamientos con sus respectivas toneladas de azúcar por hectárea. Sin embargo, este tratamiento sigue siendo el que mejor beneficios económicos presentó. (Ver cuadro 4).

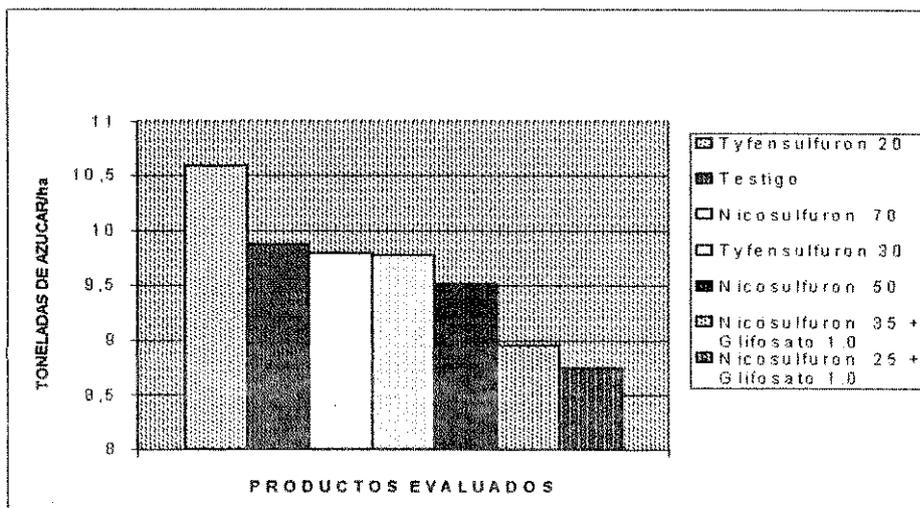


FIGURA 9. Tratamientos con mayor Tonelaje de Azúcar por Hectárea.

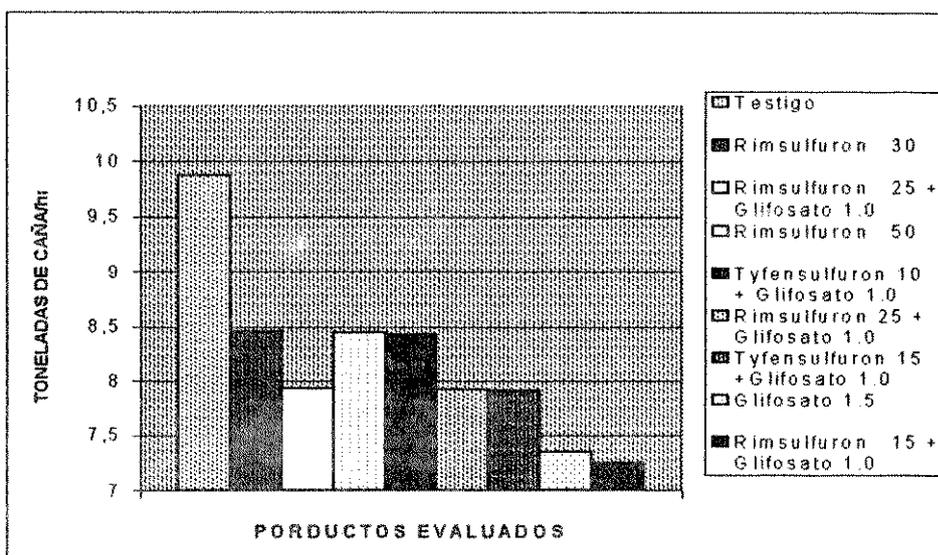


FIGURA 10. Tratamientos con menor Tonelaje de Azúcar por Hectárea vrs. el Testigo sin aplicación.

### 8.5 Biomasa de Brotes laterales por tallo

Para la variable biomasa de brotes laterales por tallo, se encontró diferencia altamente significativa para los tratamientos, ya que con la aplicación de los productos la biomasa de un brote puede ser menor que cuando no se aplica. Dichos productos fueron evaluados a las 12 semanas después de la aplicación de los mismos. En el cuadro 5E del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable Biomasa de brotes laterales por tallo.

En lo que respecta a la prueba de medias DUNCAN, observamos que el tratamiento con mayor biomasa de brotes laterales es el de Nicosulfuron a 70 g/ha, con un total de 15.17 gramos, y entre los demás tratamientos

no existe diferencia estadística y van de 0 a 2.33 gramos. En el cuadro 6E se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable Biomasa de brotes laterales por tallo.

En general, los tratamientos con Rimsulfuron 30 y 50 g/ha, Tyfensulfuron metil 30 g/ha, Nicosulfuron 50 g/ha y el Testigo sin aplicación, los cuales no interfirieron totalmente la dominancia apical, los resultados fueron de 0.19, 0.00, 0.13, 0.30 y 0.00 g/tallo de brotes laterales respectivamente. En las figuras 11 y 12, se encuentran los tratamientos con su respectivo peso promedio en gramos, en cuanto a biomasa de brotes laterales.

En los tratamientos donde se incluyó el glifosato como mezcla y solo, los datos van de 0.57 2.33 gramos/tallo, aunque se perdió totalmente la dominancia apical, la baja del peso de brotes laterales, es debido a que las dosis altas del mismo, además de detener el crecimiento del cogollo de la caña también lo hizo con los brotes que iban emergiendo.

El tratamiento con Nicosulfuron a 70 g/ha, pudo ser afectado en el rendimiento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña debido al peso de los brotes laterales, por lo que es importante mencionar que un tratamiento es más afectado por la biomasa que por el número de brotes laterales, ya que entre más biomasa exista en los brotes más será el gasto de energía que tenga la planta. Por lo que podemos decir que la biomasa de los brotes laterales es más confiable evaluar que el número de brotes por tallo. (Ver figura 19, anexo. Número de brotes laterales por tallo)

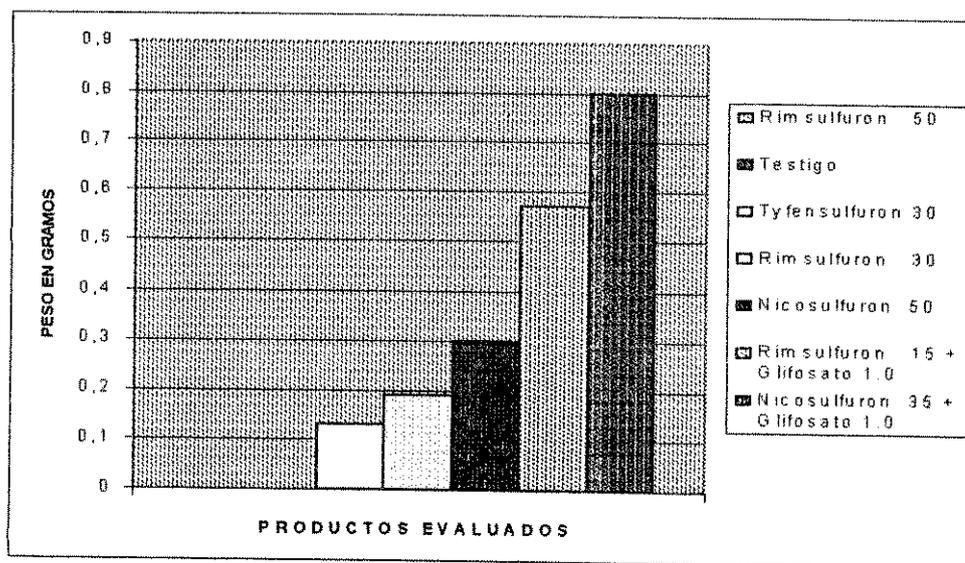


FIGURA 11. Tratamientos con menor peso en gramos, de Brotes Laterales por Tallo.

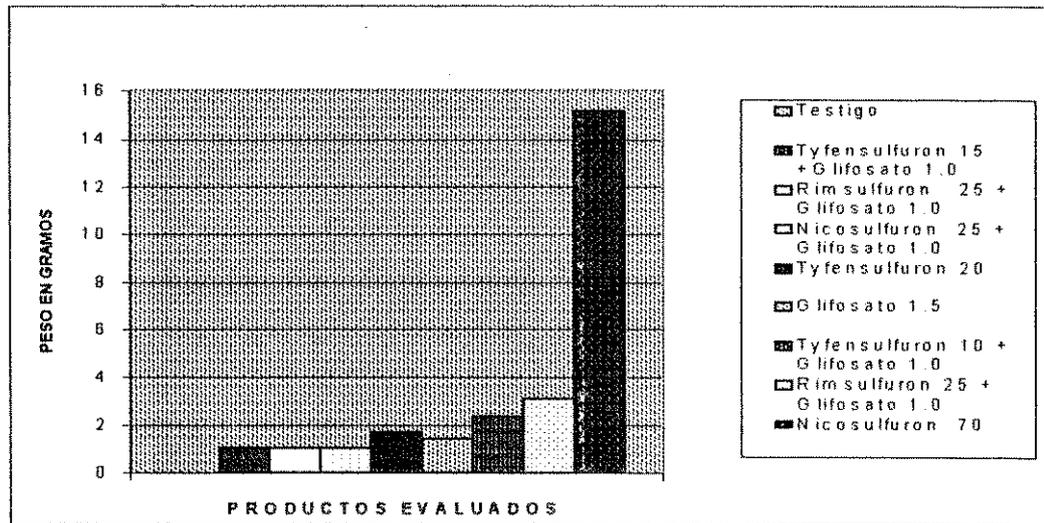


FIGURA 12. Tratamientos con mayor peso en gramos, de Brotes Laterales por Tallo.

### 8.6 Crecimiento de tallos

Para la variable crecimiento de tallos, se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que podemos decir que la aplicación de los productos detuvo el crecimiento de los tallos, en forma parcial según los tratamientos. A esto se debió que los tratamientos en los que se mezcló glifosato no tuvieron un alto rendimiento en cuanto a tonelaje de caña por hectárea. Los tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después de la aplicación de los productos. En el cuadro 5D del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable Crecimiento de tallos.

En la prueba de medias DUNCAN, el tratamiento que más creció fue el Testigo sin aplicación, con 2.11 metros, a las 12 semanas después de la aplicación, y le siguen los tratamientos de Tyfensulfuron a 20 y 30 g/ha y el Rimsulfuron a 50 g/ha con 2.00, 2.02 y 1.99 metros respectivamente. En el cuadro 6D se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable crecimiento de tallos.

El testigo sin aplicación, Tyfensulfuron a 20 y 30 g/ha tienen una diferencia en el crecimiento con respecto a las sulfonilureas Rimsulfuron a 30 y 50 g/ha de 6 cm en promedio y con Nicosulfuron a 50 y 70 g/ha de 20 cm en promedio, a las 5 semanas después de la aplicación. En las figuras 13 y 14, se muestran los tratamientos evaluados y su comportamiento en el crecimiento.

Aquí se muestra lo observado en el campo, que con la aplicación de las sulfonilureas Nicosulfuron y Rimsulfuron se detuvo parcialmente el crecimiento pero luego de las 6 semanas en adelante siguieron creciendo normalmente, por lo que esa diferencia de crecimiento en ambas sulfonilureas se mantuvo hasta la 12va semana.

En cambio los tratamientos en los que se evaluó las sulfonilureas con Glifosato y solo Glifosato, estos crecieron en las primeras dos semanas entre 7 u 8 cm y en las 10 semanas restantes solo se consiguió un incremento del crecimiento entre 2 y 3 cm. Campollo (9), también observó que los tratamientos en los que se aplicó glifosato, se detuvo el crecimiento, son que en su investigación fue menos marcado debido a la influencia de la biomasa de la caña, ya que a mayor biomasa el efecto de los productos se reduce.

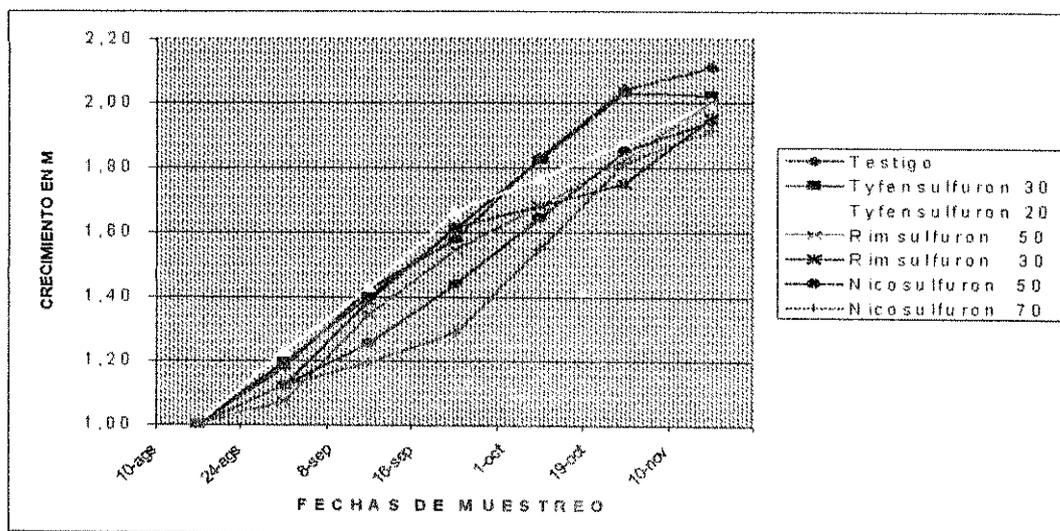


FIGURA 13. Tratamientos con el mayor crecimiento en metros de los tallos de caña.

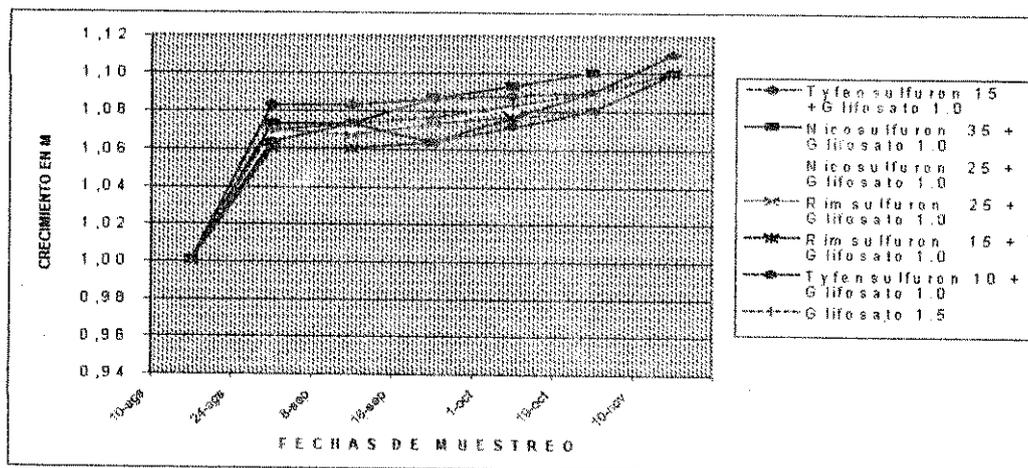


FIGURA 14. Tratamientos con el menor crecimiento en metros de los tallos de caña.

### 8.7 Curva de madurez

Los mayores rendimientos de azúcar por tonelada de caña se obtuvieron a las 9 semanas después de la aplicación de los productos, para los tratamientos de las sulfonilureas mezcladas con glifosato y el glifosato solo, con un promedio de 115 kilogramos, y después fue decreciendo hasta llegar a la 12va semana, llegando a un promedio de 112 kilogramos.

Mientras que en los tratamientos en que se encontraban las sulfonilureas solas el rendimiento a las 9 semanas era en promedio de 97 kilogramos, y en la 12va semana el promedio era de 99.75 kilogramos. En las figuras 5 y 6, se encuentran los tratamientos evaluados con sus respectivos rendimientos)

### 8.8 Evaluación de rebrote

El efecto de los productos en los rebrotes de caña, se puede manifestar con albinismo, enanismo y/o con alta densidad de rebrotes por metro lineal. El albinismo y el enanismo se deben más que todo a la dosis de los productos utilizados, ya que a mayor gramos de ingrediente activo aplicados por unidad de área, mayores serán los residuos dentro de los tallos de caña, en este caso los gramos de ingrediente activo se translocan hasta las raíces por lo que al momento del rebrote dicho producto sigue ejerciendo su acción. En lo que respecta al número de rebrotes de caña por metro lineal la debido a capacidad de la caña de sobrevivir en condiciones adversas, en este caso por efecto de los productos.

Pero los efectos de albinismo y enanismo, disminuyen a medida que los rebrotes crecen, debido ala descomposición del ingrediente activo dentro de los mismos, por lo que el albinismo desaparece y el crecimiento sigue normal, a excepción de que se sobredosificara si mueren algunos rebrotes. El número de rebrotes por metro lineal disminuyen hasta llegar a un promedio de 15-20 rebrotes por metro, pero esto es debido a la característica de la caña de azúcar de quedarse solo con los rebrotes que podrá mantener hasta la cosecha. La estabilización del número de rebrotes por metro se logra a los 3 meses después del corte de la caña.

#### 8.8.1 Altura de rebrotes de caña

Para la variable Altura de rebrotes de caña, se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por los que podemos decir que por lo menos un tratamiento mostró efecto secundario en el crecimiento de los rebrotes de caña. Dichos tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después del corte de la caña. En el cuadro 5H del anexo se muestra el Análisis de Varianza para la variable altura de rebrotes de caña.

En lo que corresponde a la prueba de medias de DUNCAN, las medias de Altura de rebrotes de caña para los 14 tratamientos en estudio, nos indica que los que presentaron mayor altura de rebrote, son los tratamientos que contenían Nicosulfuron a 50 g/ha, siguiéndole el tratamiento de Tyfensulfuron metil a 20 g/ha con 38.17 y 35.07 cm respectivamente. En el cuadro 6G se muestra la prueba de medias DUNCAN, para la variable Altura de rebrote de caña.

En general, en los tratamientos evaluados podemos decir que los que afectaron los brotes, son Nicosulfuron y Tyfensulfuron metil a 50 y 20 g/ha respectivamente, estos presentan un promedio de altura entre los 10 y 13 cm más que el testigo absoluto (25 cm). Así como también se encuentran tratamientos con altura media menor a la del testigo sin aplicación como lo es el caso del Glifosato a 1.5 l/ha y Rimsulfuron 25 g/ha + Glifosato 1.0 l/ha con una altura de 23.87 y 17.2 cm respectivamente. En las figuras 15 Y 16, podemos observar el comportamiento promedio de los 14 tratamientos evaluados.

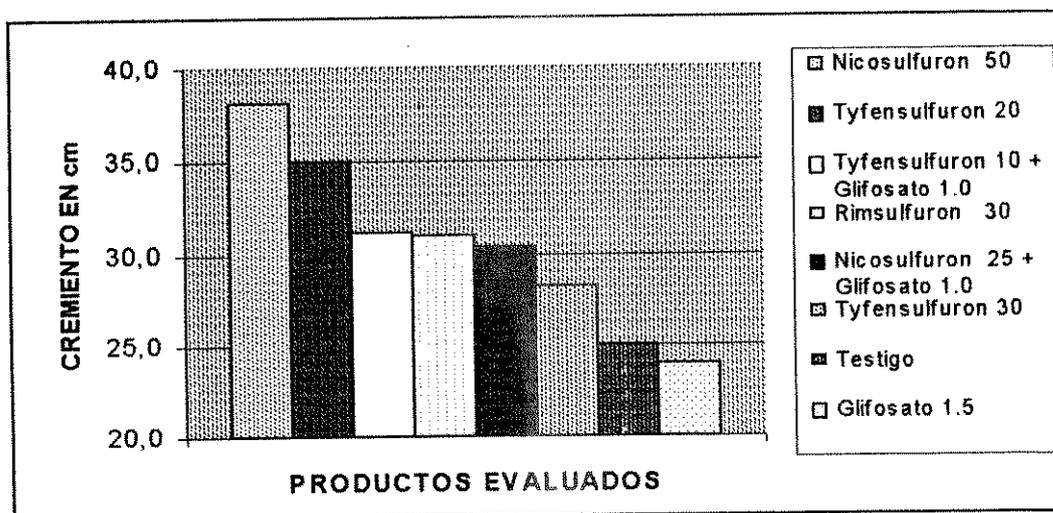


FIGURA 15. Datos de crecimiento de rebotes de caña, tomados a las 12 semanas después del corte.

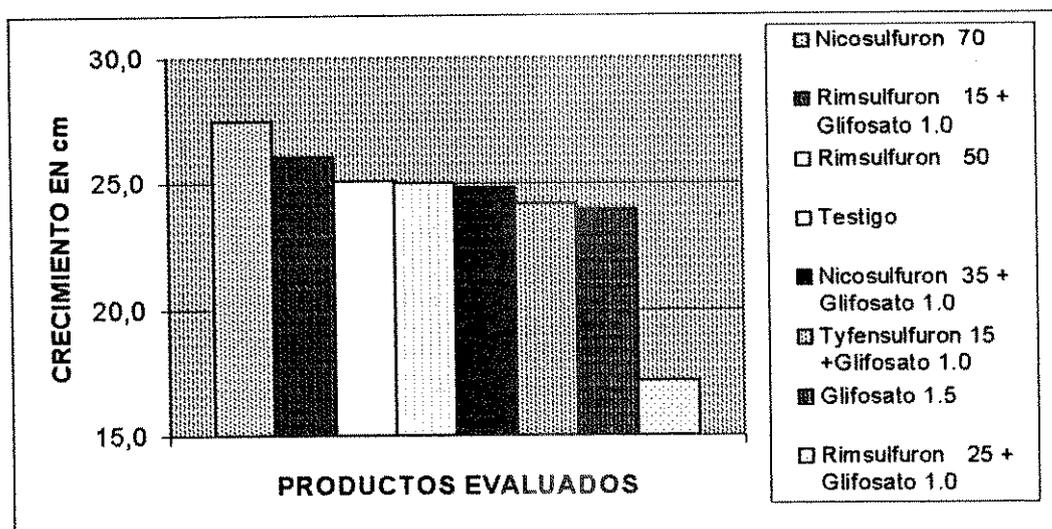


FIGURA 16. Datos de crecimiento de rebotes de caña, tomados a las 12 semanas después del corte.

### 8.8.2 Número de rebotes de caña por metro lineal

Para la variable Número de rebotes de caña por metro lineal no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que los tratamientos evaluados no tuvieron efecto secundario en el rebrote al aplicarlos, cuando la caña tenía 9 meses de edad. Dichos tratamientos fueron evaluados a las 12 semanas después del corte de la caña. En el cuadro 5G del anexo, se muestra el Análisis de Varianza para la variable número de rebotes de caña por metro lineal.

En general, el tratamiento que presentó mayor número de rebotes de caña por metro lineal, es el de Tyfensulfuron metil a 20 g/ha. En la figura 17 y 18, se muestra el comportamiento del Número de rebotes de caña por metro lineal de los 14 tratamientos evaluados a las 12 semanas después del corte de la caña. En el cuadro 6H del anexo se muestra la prueba de medias DUNCAN para la variable número de rebotes por metro lineal.

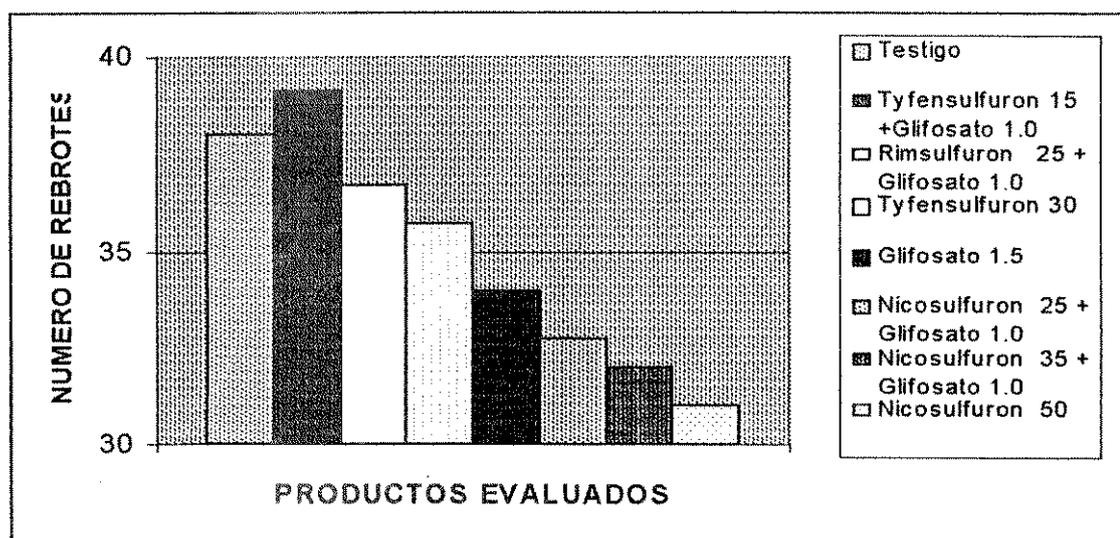


FIGURA 17. Datos de número de rebotes de caña, tomados a las 12 semanas después del corte.

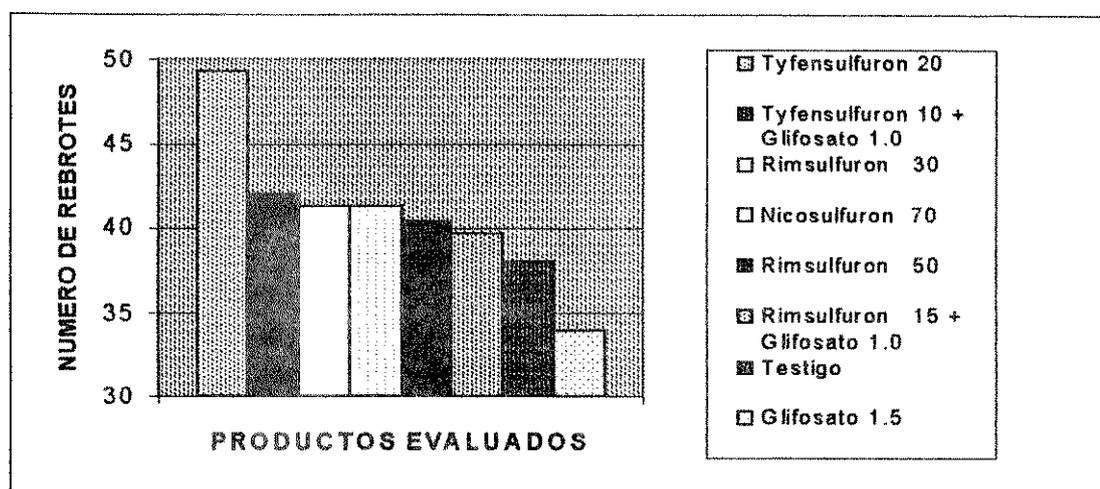


FIGURA 18. Datos de número de rebotes de caña, tomados a las 12 semanas después del corte.

### 8.9 Análisis Económico

Al momento de la cosecha (12 semanas después de la aplicación), el tratamiento que presentó la mejor tasa marginal de retorno fue el Tyfensulfuron metil a dosis de 20 g/ha, con una tasa de 206.68%, siendo dominados el resto de los tratamientos, incluido el Testigo sin aplicación. Es de considerar que en los tonelajes de caña por hectárea existieron diferencias altamente significativas, por lo que el pago por el corte, alicé y transporte se incrementa al aumentar el tonelaje. Esto es lo que hace que los productos en los que se aplicó glifosato como mezcla y solo, los precios de la tonelada de caña en campo son mayores, pero por el efecto del producto (que detuvo totalmente el crecimiento) no se incrementó el tonelaje de la misma, lo que hizo que el beneficio neto de estos tratamientos fuera menor.

En este caso solo se consideró el precio por tonelada de caña en campo (PPTCC), debido a que el corte, alce y transporte (CAT) es variable dependiendo de la distancia que exista entre el lote de caña y el ingenio. En el cuadro 2, podemos observar el análisis de la Tasa Marginal de Retorno para todos los tratamientos evaluados.

CUADRO 4. Tasa Marginal de Retorno, para el ensayo de inhibición de flor en caña de azúcar.

Descripción	PPTCC	TCH	BB	CQV	BN	DOM	IBN	ICQV	TMR	TMR%
Testigo	75,04	103,7	7781,65	0	7781,65	nd	0	0	0	0
Tyfensulfuron 20	77,36	108,23	8372,67	192,72	8179,95	nd	398,30	192,7	2,07	206,68
Rimsulfuron 30	80	84,38	6750,40	217,29	6533,11	d				
Tyfensulfuron 30	83,07	95,14	7903,28	221,58	7681,70	d				
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1	88,69	77,58	6880,57	262,86	6617,71	d				
Rimsulfuron 50	77,36	86,62	6700,92	272,15	6428,77	d				
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1	87,26	67,78	5914,48	275,15	5639,33	d				
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1	92,79	70,68	6558,40	277,29	6281,11	d				
Glifosato 1.5	94,51	65,78	6216,87	283,5	5933,37	d				
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1	88,69	73,53	6521,38	302,58	6218,80	d				
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1	94,51	76,16	7197,88	337,47	6860,41	d				
Nicosulfuron 50	75,04	99,12	7437,96	341,94	7096,02	d				
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1	94,51	79,03	7469,13	378,86	7090,27	d				
Nicosulfuron 70	83,07	95,07	7897,46	424,72	7472,74	d				

PPTCC precio por tonelada de caña en campo

TCH toneladas de caña por hectárea

BB beneficio bruto

CQV costos que varían

BN Beneficios netos

DOM dominancia de los tratamientos evaluados

IBN incremento en el beneficio neto

ICQV incremento en los costos que varía

TMR tasa marginal de retorno adimensional

TMR% tasa marginal de retorno en porcentaje

## 9. CONCLUSIONES

- Las sulfonilureas Nicosulfuron y Rimsulfuron inhiben la floración de caña de azúcar por un período de 2.5 a 3 meses.
- La aplicación de los productos evaluados incrementan en un 3.5% rendimiento de azúcar por tonelada de caña, siendo mayor en los tratamientos que llevan glifosato solo y en mezcla con 7 y 10% respectivamente.
- Los tratamientos evaluados en los que se utilizó glifosato en mezcla y solo, detuvieron parcialmente el crecimiento del cogollo, por lo que no se manifestó la flor.
- Los productos evaluados, detienen el crecimiento, con excepción del Tyfensulfuron metil (20 g/ha).
- Los tratamientos que presentaron mayor biomasa de brotes laterales por tallo, son el Nicosulfuron solo (70 g/ha), y el Tyfensulfuron metil (10 g/ha) en mezcla con glifosato (1 l/ha).
- Los tratamientos evaluados no afectan el número de rebrotes de caña por metro lineal, pero si el crecimiento de los mismos.
- El tratamiento con Tyfensulfuron metil a 20 g/ha, es el más rentable, con respecto a los demás tratamientos evaluados, con una tasa marginal de retorno de 206.68%.

## 10. RECOMENDACIONES

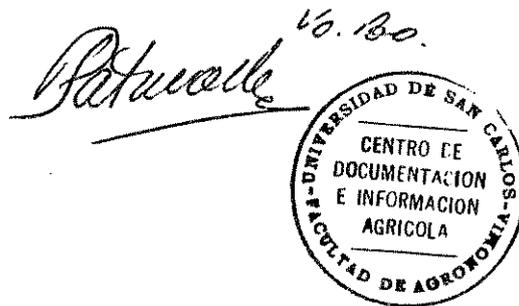
- La aplicación de Nicosulfuron y Rimsulfuron como inhibidores de la floración, se debe realizar en la primera quincena del mes de agosto.
- Es necesario para validar la investigación realizada, conducir ensayos a nivel semi-comercial, para que nos permita observar ampliamente el comportamiento de las sulfonilureas Nicosulfuron a 50 y 70 g/ha y el Rimsulfuron a 50 y 30 g/ha.
- Evaluar nuevas dosis de los productos Rimsulfuron y Nicosulfuron en esta y en otras variedades de caña.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ALCALA CASTELLANOS, H. 1987. El control del sazonado y la maduración de la caña de azúcar en México. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2.,1987, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. v.2, p. 497-508.
2. ALVAREZ CAJAS, V.M. 1982. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en caña de azúcar (Saccharum officinarum L) bajo condiciones de la finca Bulbuxya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
3. AMAYA ESTEVEZ, A. 1986. Morfología de la caña de azúcar. In Congreso El cultivo de la caña de azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. p. 13-26.
4. ARCILA ARIAS, J. 1986. Maduración química de la caña de azúcar. In El cultivo de la caña de azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. p. 323-348
5. Asociación de Azúcareros de Guatemala. 1997. Optimismo entre los azucareros. El Periódico, Guatemala (Gua.); Abril. 3:1.
6. BARAHONA, R. et al. 1982. Estudio detallado de los suelos. Escuintla, Guatemala, Pantaleón. p. 30-36, 58-59
7. BUENAVENTURA, C.E. 1986. Control de la maduración de la caña de azúcar. In Congreso El Cultivo de la Caña de Azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. p. 299- 308.
8. \_\_\_\_\_ ; YANG, S.J. 1987. Efecto del round up sobre la calidad y producción de caña de azúcar de las variedades PR 61632 y POJ 2878 a diferentes edades. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. v.2, p. 527-539.
9. CAMPOLLO FIGUEROA, P.S. 1992. Evaluación de cuatro dosis de glifosato aplicado como madurante en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) de tres edades. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88 p.

10. CHAVEZ SOLERA, M.A. s.f. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 12 p.
11. DUPONT. (EE. UU). 1994. Herbicide handbook. Weeds science society of América. 7 ed. Estados Unidos. p. 216-217, 282-283.
12. \_\_\_\_\_. 1998. Herbicide handbook. Weeds science society of América. Estados Unidos. p. 60-61.
13. \_\_\_\_\_. 1999. Sulphonylureas technical bulletin. Estados Unidos. p. 1-36
14. FLORES, S. 1976. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
15. GONZALEZ RUANO, N.A. 1996. Efecto del glifosato, fluazifop-butil, azufre y sulfato de potasio en la calidad y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tiquisate, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.
16. LEGENDRE, B.L. 1984. Maduradores químicos para aumentar la producción de azúcar en Louisiana. In Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar (1984, Miami, Florida). Miami, Florida. s. n. p. 51-57
17. MARTIN ORIA, J.R. et. al. 1987. La caña de azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, s. n. p. 14-27, 385-408
18. MARTINEZ GALICIA, E. 1993. Evaluación del efecto de cuatro dosis de glifosato utilizado como madurante, en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 p.
19. MONSANTO (Gua). s. f. Características y propiedades de Roundup. Guatemala. 18 p.
20. \_\_\_\_\_. 1986. Roundup-madurador. Guatemala. 8 p.
21. \_\_\_\_\_. 1999. Propiedades del Round up. Guatemala. p. 1-17
22. ORDOÑEZ CADENAS, G. 1995. Efecto de la edad del cultivo y duración del periodo post-aplicación sobre la eficiencia de glifosato como madurante en la variedad de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) CP 72-2086, Tiquisate, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.

23. PITY, A., MUÑOZ, R.. 1991. Guía práctica para el manejo de malezas. Tegucigalpa, Honduras. Academic Press. p. 57
24. REYES CASTAÑEDA, P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. 3 ed. México, D.F, Trillas. 347 p.
25. RODRIGUEZ, O. A. et al. 1982. Efecto de la floración sobre la calidad del jugo en 34 variedades de caña de azúcar. Maracay, Venezuela, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 10 p.
26. SAMUELS, G. 1984. La madurez de la caña de azúcar: teoría y práctica. In Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar (1984, Miami, Florida). Miami, Florida, s. n. p. 479-485
27. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
28. VILLEGAS, F.; TORRES, J. 1994. Efecto del Round up usado como madurante en la producción de caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 17 p.



## 12. APENDICE

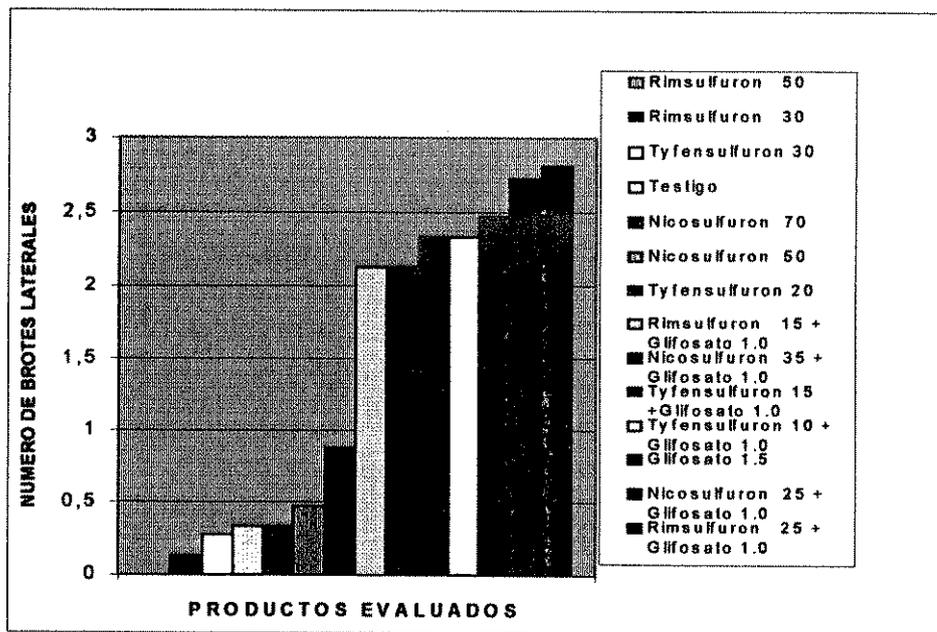


FIGURA 19A. Numero de Brotes laterales por tallo, en caña de azúcar.

Cuadro 5A. ANDEVA PARA LA VARIABLE KILOGRAMOS DE AZUCAR POR TONELADA CAÑA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	1839.30	141.48	5.63	0.00
Bloque	2	12.33	61.67	0.25	0.78
Error	26	652.39	25.11		
Total	41	2504.63			
Coefficiente De variación	4.78				

Cuadro 6A. ANDEVA PARA LA VARIABLE TONELADA CAÑA POR HECTAREA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	7447.17	572.86	63.21	0.00
Bloque	2	12.81	6.40	0.71	0.50
Error	26	235.64	9.06		
Total	41	7695.62			
Coefficiente De variación	3.56				

Cuadro 7A. ANDEVA PARA LA VARIABLE TONELADAS DE AZUCAR POR HECTAREA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	39.75	3.06	9.49	0.00
Bloque	2	0.14	0.07	0.22	0.80
Error	26	8.38	0.32		
Total	41	48.26			
Coefficiente De variación	6.46				

Cuadro 8A. ANDEVA PARA LA VARIABLE CRECIMIENTO DE TALLOS DE CAÑA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	8.22	0.63	114.09	0.00
Bloque	2	0.02	0.01	1.37	0.27
Error	26	0.14	0.01		
Total	41	8.38			
Coefficiente De variación	4.84				

Cuadro 9A. ANDEVA PARA LA VARIABLE BIOMASA DE BROTES LATERALES POR TALLO

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	592.39	45.57	31.47	0.00
Bloque	2	2.04	1.02	0.70	0.50
Error	26	37.65	1.45		
Total	41	632.08			
Coefficiente De variación	65.52				

Cuadro 10A. ANDEVA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE FLORACION

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	41497.62	3192.12	55.11	0.00
Bloque	2	110.71	55.36	0.96	0.40
Error	26	1505.95	57.92		
Total	41	43114.28			
Coefficiente De variación	28.79				

Cuadro 11A. ANDEVA PARA LA VARIABLE NUMERO DE REBROTES DE CAÑA POR METRO LINEAL

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	938.95	72.22	1.92	0.07
Bloque	2	270.86	135.43	3.61	0.04
Error	26	976.22	37.55		
Total	41	2186.04			
Coefficiente De variación	16.08				

Cuadro 12A. ANDEVA PARA LA VARIABLE ALTURA DE REBROTES DE CAÑA

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	1068.87	82.22	5.99	0.00
Bloque	2	20.87	10.43	0.76	0.48
Error	26	356.74	13.72		
Total	41	1446.48			
Coefficiente De variación	13.37				

Cuadro 13A. ANDEVA PARA LA VARIABLE NUMERO DE BROTES LATERALES POR TALLO

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	13	47.90	3.68	4.09	0.00
Bloque	2	0.18	0.09	0.10	0.90
Error	26	23.42	0.90		
Total	41	71.50			
Coefficiente De variación	68.72				

Cuadro 14A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE KILOGRAMOS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA

Tratamiento	Media	Agrupación
Nicosulfuron 25 g más glifosato	114.76	A
Nicosulfuron 35 g más glifosato	113.40	A
Glifosato 1.5 lt	112.58	A
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	111.99	A B
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	108.68	A B C
Rimsulfuron 25 g más glifosato	107.74	A B C
Rimsulfuron 15 g más glifosato	106.87	A B C D
Tyfensulfuron 20 g	103.00	B C D E
Nicosulfuron 70 g	102.98	B C D E
Rimsulfuron 30 g	100.15	C D E
Tyfensulfuron 20 g	97.89	D E
Rimsulfuron 50 g	97.52	D E
Nicosulfuron 70 g	95.93	E
Testigo sin aplicación	95.20	E

Cuadro 15A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE TONELADAS DE CAÑA POR HECTAREA

Tratamiento	Media	Agrupación
Tyfensulfuron 20 g	108.22	A
Testigo sin aplicación	103.70	A B
Nicosulfuron 70 g	99.12	B C
Tyfensulfuron 30 g	95.14	C
Nicosulfuron 50 g	95.07	C
Rimsulfuron 50 g	86.62	D
Rimsulfuron 30 g	84.38	D
Nicosulfuron 35 g más glifosato	79.03	E
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	77.58	E F
Nicosulfuron 25 g más glifosato	76.15	E F
Rimsulfuron 25 g más glifosato	73.53	F G
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	70.68	G H
Rimsulfuron 15 g más glifosato	67.78	H I
Glifosato 1.5 lt	62.27	I

Cuadro 16A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE TONELADAS DE AZUCAR POR HECTAREA

Tratamiento	Media	Agrupación
Tyfensulfuron 20 g	10.59	A
Testigo sin aplicación	9.87	A B
Nicosulfuron 70 g	9.80	A B
Tyfensulfuron 30 g	9.78	A B
Nicosulfuron 50 g	9.52	B C
Nicosulfuron 35 g más glifosato	8.96	B C
Nicosulfuron 25 g más glifosato	8.74	C D
Rimsulfuron 30 g	8.46	D
Rimsulfuron 50 g	8.45	D
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	8.43	D
Rimsulfuron 25 g más glifosato	7.93	D E
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	7.91	D E
Glifosato 1.5 lt	7.35	E
Rimsulfuron 15 g más glifosato	7.25	E

Cuadro 17A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE CRECIMIENTO DE TALLOS DE CAÑA

Tratamiento	Media	Agrupación
Testigo sin aplicación	2.11	A
Tyfensulfuron 30 g	2.01	A B
Tyfensulfuron 20 g	2.00	A B
Rimsulfuron 50 g	1.99	A B
Rimsulfuron 30 g	1.95	B
Nicosulfuron 50 g	1.94	B
Nicosulfuron 70 g	1.80	C
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	1.11	D
Nicosulfuron 25 g más glifosato	1.10	D
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	1.10	D
Rimsulfuron 25 mas glifosato	1.10	D
Glifosato 1.5 lt	1.09	D
Nicosulfuron 35 g más glifosato	1.09	D
Rimsulfuron 15 g más glifosato	1.09	D

Cuadro 18A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE BIOMASA DE BROTES LATERALES POR TALLO DE CAÑA

Tratamiento	Media	Agrupación
Nicosulfuron 70 g	15.17	A
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	2.33	B
Tyfensulfuron 20 g	1.68	B
Glifosato 1.5 lt	1.46	B
Nicosulfuron 25 g más glifosato	1.04	B
Rimsulfuron 25 g más glifosato	1.03	B
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	1.03	B
Nicosulfuron 35 g más glifosato	0.80	B
Rimsulfuron 15 g más glifosato	0.57	B
Nicosulfuron 50 g	0.30	B
Rimsulfuron 30 g	0.19	B
Tyfensulfuron 30 g	0.13	B
Rimsulfuron 50 g	0.00	B
Testigo sin aplicación	0.00	B

Cuadro 19A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE FLORACIÓN

Tratamiento	Media	Agrupación
Testigo sin aplicación	83.33	A
Tyfensulfuron 20 g	81.67	A
Tyfensulfuron 30 g	75.00	A
Rimsulfuron 30 g	40.00	B
Rimsulfuron 50 g	36.67	B C
Nicosulfuron 70 g	28.33	B C
Nicosulfuron 50 g	25.00	C
Nicosulfuron 35 g más glifosato	0.00	D
Rimsulfuron 25 g más glifosato	0.00	D
Nicosulfuron 25 g más glifosato	0.00	D
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	0.00	D
Rimsulfuron 15 g más glifosato	0.00	D
Glifosato 1.5 lt	0.00	D
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	0.00	D

Cuadro 20A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE ALTURA DE REBROTOS DE CAÑA

Tratamiento	Media	Agrupación
Nicosulfuron 50 g	38.17	A
Tyfensulfuron 20 g	35.07	A B
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	31.23	B C
Rimsulfuron 30 g	31.03	B C
Nicosulfuron 25 g más glifosato	30.33	B C
Tyfensulfuron 30 g	28.23	B C D
Nicosulfuron 70 g	27.50	C D
Rimsulfuron 15 g más glifosato	26.10	C D
Rimsulfuron 50 g	25.13	C D
Testigo sin aplicación	25.00	C D
Nicosulfuron 35 g más glifosato	24.83	C D
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	24.23	C D
Glifosato 1.5 lt	23.86	D
Rimsulfuron 25 g más glifosato	17.20	E

Cuadro 21A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE NUMERO DE BROTES LATERALES POR TALLO DE CAÑA

Tratamiento	Media	Agrupación
Rimsulfuron 25 g más glifosato	2.80	A
Nicosulfuron 25 g más glifosato	2.73	A
Glifosato 1.5 lt	2.47	A B
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	2.33	A B
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	2.33	A B
Rimsulfuron 15 g más glifosato	2.13	A B C
Nicosulfuron 35 g más glifosato	2.13	A B C
Tyfensulfuron 20 g	0.86	B C D
Nicosulfuron 50 g	0.47	C D
Testigo sin aplicación	0.33	D
Nicosulfuron 70 g	0.33	D
Tyfensulfuron 30 g	0.26	D
Rimsulfuron 30 g	0.13	D
Rimsulfuron 50 g	0.00	D

Cuadro 22A. MEDIAS DUNCAN PARA LA VARIABLE NUMERO DE REBROTOS DE CAÑA POR METRO LINEAL

Tratamiento	Media	Agrupación
Tyfensulfuron 20 g	49.33	A
Tyfensulfuron 10 g más glifosato	42.00	A B
Rimsulfuron 30 g	41.33	A B
Nicosulfuron 70 g	41.33	A B
Rimsulfuron 50 g	40.40	A B
Rimsulfuron 15 g más glifosato	39.67	A B
Tyfensulfuron 15 g más glifosato	39.10	A B
Testigo sin aplicación	38.00	A B
Rimsulfuron 25 g más glifosato	36.67	B
Tyfensulfuron 30 g	35.67	B
Glifosato 1.5 lt	34.00	B
Nicosulfuron 25 g más glifosato	32.67	B
Nicosulfuron 35 g más glifosato	32.00	B
Nicosulfuron 50 g	31.00	B

CUADRO 23A. Rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña, datos para la variable respuesta  
Kilogramos de azúcar por tonelada de caña. (Análisis de jugo, laboratorio de CENGICAÑA).

TRATAMIENTO	10/08/98	TRATAMIENTO	25/08/98	TRATAMIENTO	1/10/98
T10 TYFEN 20 R1	113,47	T9 TYFEN 30 R2	116,89	T13 R2 GLIFO	141,11
T7 RINSUGLI R1	97,72	T7 RINSUGLI 25 R2	97,31	T2 R1 NICO 70	149,80
T6 RINSU 30 R2	138,91	T14 TESTIGO R2	100,99	T4 R2 NICOGLI 25	164,01
T9 TYFEN 30 R3	88,87	T4 NICOGLI 25 R3	163,33	T4 R1 NICOGLI 25	192,58
T5 RINSU 50 R2	104,00	T6 RNSU 30 R1	100,67	T2 R3 NICO 70	157,11
T7 RINSUGLI R3	65,30	T6 RINSU 30 R2	101,27	T11 R2 TYFENGLI 15	147,47
T3 NICOGLI 35 R2	93,77	T1 NICO 50 R3	110,51	T1 NICO 50 R2	163,57
T2 NICO 70 R1	90,78	T12 TYFENGLI 10 R3	85,59	T14 R2 TEST.	143,95
T9 TYFEN 30 R1	40,30	T12 TYFENGLI 10 R1	109,86	T3 R3 NICOGLI 35	194,28
T13 GLIFOS R3	92,30	T10 TYFEN 20 R2	103,26	T9 R3 TYFEN 30	123,99
T3 NICOGLI 35 R3	72,72	T12 TYFENGLI 10 R2	109,24	T10 R1 TYFEN 20	145,06
T10 TYFEN 20 R2	132,84	T5 RINSU 50 R3	93,89	T12 R2 TYFENGLI 10	177,75
T5 RINSU 50 R3	102,88	T2 NICO 70 R2	91,75	T7 R1 RINSUGLI 25	217,33
T2 NICO 70 R2	73,65	T9 TYFEN 30 R3	85,10	T14 R3 TEST.	140,39
T8 RINSUGLI 15 R1	62,61	T7 RINSUGLI 25 R3	113,10	T9 R1 TYFEN 30	124,02
T3 NICOGLI 35 R1	107,74	T8 RINSUGLI 15 R2	128,18	T7 R2 RINSUGLI 25	189,78
T6 RINSU 30 R3	124,88	T14 TESTIGO R4	100,04	T9 R2 TYFEN 30	140,26
T2 NICO 70 R3	108,44	T2 NICO 70 R1	137,79	T8 R3 RINSUGLI 15	192,96
T4 NICOGLI 25 R3	112,91	T7 RINSUGLI 25 R1	120,63	T2 R2 NICO 70	142,49
T8 RINJUGLI 15 R2	90,62	T8 RINSUGLI 15 R1	115,68	T3 R1 NICOGLI 35	198,91
T5 RINSU 50 R1	62,21	T11 TYFENGLI 15 R2	101,70	T10 R3 TYFEN 20	137,15
T1 NICO 50 R1	73,30	T11 TYFENGLI 15 R1	113,81	T3 R2 NICOGLI 35	194,03
T7 RINSUGLI 25 R2	67,64	T3 NICOGLI 35 R1	117,93	T1 NICO 50 R3	164,72
T11 TYFENGLI 10 R3	112,78	T2 NICO 70 R3	113,53	T13 R1 GLIFO	168,98
T1 NICO 50 R3	71,94	T1 NICO 50 R1	101,43	T11 R1 TYFENGLI 15	186,82
T4 NICOGLI 25 R2	74,46	T6 RNSU 30 R3	123,06	T8 R1 RINSUGLI 15	186,50
T12 TYFENGLI 10 R3	99,42	T13 GLIFOS 1.5 R2	107,41	T5 R1 RINSU 50	153,24
T14 TESTIGO R1	94,49	T5 RINSU 50 R1	117,05	T12 R1 TYFENGLI 10	179,00
T12 TYFENGLI 10 R1	82,50	T13 GLIFOS 1.5 R1	112,34	T4 R3 NICOGLI 25	194,96
T12 TYFENGLI 10 R2	68,73	T10 TYFEN 20 R1	86,11	T7 R3 RINSUGLI 25	186,70
T14 TESTIGO R2	74,57	T4 NICOGLI 25 R2	125,02	T13 R3 GLIFO	182,34
T1 NICO 50 R2	92,85	T10 TYFEN 20 R3	89,78	T5 R3 RINSU 50	155,04
T6 RNSU 30 R1	58,67	T3 NICOGLI 35 R2	120,47	T1 R1 NICO 50	159,96
T4 NICOGLI 25 R1	109,92	T14 TESTIGO R1	90,55	T5 R2 RINSU 50	153,41
T11 TYFENGLI 15 R1	68,20	T1 NICO RO R2	94,98	T10 R2 TYFEN 20	124,66
T10 TYFEN 20 R3	104,68	T4 NICOGLI 25 R1	102,23	T12 R3 TYFENGLI 10	199,00
T9 TYFEN 30 R2	106,13	T9 TYFEN 30 R1	103,07	T8 R2 RINSUGLI 15	195,39
T14 TESTIGO R3	43,94	T11 TYFENGLI 15 R3	113,62	T6 R1 RINSU 30	165,90
T13 GLIFOS R2	82,38	T8 RINSUGLI 15 R3	129,60	T14 R1 TEST.	124,88
T8 RINSUGLI 15 R3	94,58	T3 NICOGLI 35 R3	122,88	T11 R3 TYFENGLI 15	174,60
T11 TYFENGLI 15 R2	87,61	T13 TYFENGLI 10 R3	117,66	T6 R2 RINSU 30	129,93
T13 GLIFOS 1.5R1	92,22	T5 RINSU 50 R2	134,90	T6 R3 RINSU 30	145,89

.....Continuación del cuadro 23A.

TRATAMIENTO	6/10/98	TRATAMIENTO	14/10/98	TRATAMIENTO	19/10/98
T4 R1 NICOGLI 25	168,95	T7 R3 RINSUGLI 25	255,27	T12 R1 TYFENGLI 10	261,04
T12 R3 TYFENGLI 10	150,61	T8 R2 RINSUGLI 15	251,12	T12 R2 TYFENGLI 10	260,24
T9 R3 TYFNE 30	129,54	T7 R2 RINSUGLI25	242,50	T9 R3 TIFEN 30	180,99
T14 R1 TEST.	156,13	T14 R3 TEST.	204,84	T5 R1 RINSU 50	205,16
T6 R23 R3 RINSU 30	135,00	T11 R2 TYFENGLI 15	215,71	T14 R3 TEST.	202,61
T10 R2 TYFEN 20	141,56	T14 R2 TEST.	207,94	T11 R1 TYFENGLI 15	236,90
T5 R3 RINSU 50	148,69	T12 R2 TYFENGLI 10	239,28	T6 R1 RINSU 30	211,83
T6 R2 RINSU 30	137,20	T5 R2 RINSU 50	194,57	T8 R3 RINSUGLI 15	255,67
T2 R1 NICO 70	97,07	T13 R1 GLIFO	228,84	T3 R1 NICOGLI 35	244,38
T9 R2 TYFEN 30	193,79	T6 R3 RINSU 30	223,63	T9 R2 TYFEN 30	207,54
T5 R1 RINSU 50	181,88	T13 R3 GLIFO	264,22	T2 R3 NICO 70	213,87
T3 R3 NICOGLI 35	-79,10	T1 R2 NICO 50	220,18	T14 R1 TEST.	206,65
T3 R2 NICOGLI 35	212,26	T11 R1 TYFENGLI 15	250,41	T13 R1 GLIFO	239,72
T11 R1 TYFENGLI 15	164,10	T5 R1 RNSU 50	217,28	T10 R2 TIFENGLI	210,05
T4 R2 NICOGLI 25	220,59	T12 R1 TYFENGLI 10	253,10	T6 R2 RINSU 30	225,42
T13 R1 GLIFO	172,63	T8 R1 RINSUGLI 15	263,67	T4 R2 NICOGLI 25	248,69
T4 R3 NICOGLI 25	164,00	T1 R1 NICO 50	227,34	T12 R3 TYFENGLI 10	241,78
T11 R3 TYFENGLI 15	219,21	T2 R1 NICO 70	200,72	T9 R1 TYFEN 30	216,28
T13 R2 GLIFO	161,92	T4 R3 NICOGLI 25	252,23	T10 R1 TYFEN 20	224,91
T1 R1 NICO 50	154,88	T3 R1 NICOGLI 35	237,10	T7 R1 RINSUGLI 25	261,91
T14 R2 TEST.	118,62	T9 R1 TYFEN 30	175,31	T13 R2 GLIFO	246,01
T10 R1 TYFEN 20	164,23	T1 R3 NICO 50	210,31	T4 R3 NICOGLI 25	248,69
T9 R1 TYFEN 30	125,18	T3 R2 NICOGLI 35	235,33	T7 R3 RINSUGLI 25	249,04
T12 R2 TYFENGLI 10	179,84	T12 R3 TYFENGLI 10	239,87	T11 R3 TYFENGLI 15	260,50
T7 R3 RINSUGLI 25	203,47	T10 R3 TYFEN 20	201,46	T3 R3 NICOGLI 35	213,87
T1 R3 NICO 50	142,46	T11 R3 TYFENGLI 15	242,49	T1 R1 NICO 50	206,63
T1 R2 TYFENGLI 15	172,63	T4 R1 NICOGLI 25	269,30	T5 R2 RINSU 50	181,55
T14 R3 TEST.	141,80	T14 R1 TEST.	208,61	T1 R3 NICO 50	216,61
T7 R2 RINSUGLI 25	180,59	T9 R3 TIFEN 30	195,95	T2 R2 NICO 70	228,12
T2 R2 NICO 70	136,33	T7 R1 RINSUGLI 25	252,17	T14 R2 TEST.	180,35
T3 R1 NICOGLI 35	196,55	T2 R2 NICO 70	220,73	T13 R2 GLIFO	246,60
T2 R3 NICO 70	173,84	T6 R2 RINSU 30	207,12	T4 R1 NICOGLI 25	259,11
T8 R1 RINSUGLI 15	167,36	T5 R2 RINSU 50	196,53	T11 R2 TYFENGLI 15	211,94
T8 R3 RINSUGLI 15	180,94	T2 R3 NICO 70	225,27	T7 R2 RINSUGLI 25	258,56
T12 R1 TYFENGLI 10	176,72	T8 R3 RINSUGLI 15	251,58	T5 R3 RINSU 50	222,86
T8 R2 RINSUGLI 15	159,83	T3 R3 NICOGLI 35	241,65	T3 R2 NICOGLI 35	257,84
T1 R2 NICOSU	146,21	T10 R1 TYFEN 20	190,16	T1 R2 NICO 50	198,80
T13 R3 GLIFO	177,57	T9 R2 TYFEN 30	200,06	T8 R2 RINSUGLI 15	237,30
T6 R1 RINSU 30	189,31	T4 R2 NICOGLI 25	248,52	T10 R3 TYFEN 20	220,79
T10 R3 TYFEN 20	115,03	T13 R2 GLIFO	222,58	T2 R1 NICO 70	227,67
T7 R1 RINSUGLI 25	217,66	T10 R2 TIFEN 20	198,00	T8 R1 RINSUGLI 15	212,30
T5 R2 RINSU 50	137,96	T6 R1 RINSU 30	192,08	T6 R3 RINSU 30	217,43

.....Continuación del cuadro 23A.

TRATAMIENTO	27/10/98	TRATAMIENTO	10/11/98
T14 R2 TEST.	202,06	T12 R2 TYFENGLI 10	236,06
T8 R3 RINSUGLI 15	211,96	T14 R1 TEST.	208,75
T9 R1 TYFEN 30	200,79	T2 R1 NICO 70	226,17
T1 R2 NICO 50	202,56	T14 R3 TEST.	214,11
T11 R3 TYFENGLI 15	215,23	T4 R2 NICOGLI 25	262,22
T2 R2 NICO 70	259,06	T6 R3 RINSU 30	227,64
T9 R3 TIFEN 30	200,39	T7 R2 RINSUGLI 25	268,57
T5 R1 RINSU 50	211,90	T3 R3 NICOGLI 35	238,99
T5 R2 RINSU 50	219,27	T13 R1 GLIFO	236,15
T14 R1 TEST.	203,21	T1 R2 NICO 50	208,44
T10 R1 TYFEN 20	204,06	T11 R1 TYFENGLI 15	241,54
T8 R1 RINSUGLI 15	260,79	T1 R3 NICO 50	213,24
T5 R3 RINSU 50	221,68	T2 R2 NICO 70	238,28
T6 R2 RINSU 30	205,22	T2 R3 NICO 70	215,23
T11 R1 TYFENGLI 15	255,47	T3 R1 NICOGLI 35	238,30
T1 R3 NICO 50	200,45	T7 R3 RINSUGLI 25	246,12
T3 R3 NICOGLI 35	241,13	T4 R1 NICOGLI 25	245,30
T3 R2 NICOGLI 35	240,79	T4 R3 NICOGLI 25	249,87
T13 R1 GLIFO	220,95	T10 R3 TYFEN 20	217,84
T12 R2 TYFENGLI 10	252,41	T5 R1 RINSU 50	221,88
T12 R3 TYFENGLI 10	206,31	T1 R1 NICO 50	217,96
T13 R3 GLIFO	250,43	T8 R3 RINSUGLI 15	250,06
T10 R3 TYFEN 20	192,24	T9 R1 TYFEN 30	247,49
T9 R2 TYFEN 30	230,09	T6 R2 RINSU 30	211,69
T3 R1 NICOGLI 35	215,70	T5 R3 RINSU 50	216,53
T6 R1 RINSU 30	215,27	T14 R2 TEST.	205,43
T7 R1 RINSUGLI 25	207,56	T8 R1 RINSUGLI 15	228,96
T1 R1 NICO 50	214,17	T6 R1 RINSU 30	221,68
T6 R3 RINSU 30	208,17	T11 R2 TYFENGLI 15	245,17
T7 R2 RINSUGLI 25	214,55	T10 R1 TYFEN 20	215,24
T11 R2 TYFENGLI 15	173,72	T11 R3 TYFENGLI 15	252,05
T7 R2 RINSUGLI 25	214,17	T3 R2 NICOGLI 35	271,17
T2 R3 NICO 70	201,80	T9 R2 TYFEN 30	223,90
T2 R1 NICO 70	233,80	T13 R2 GLIFO	276,65
T4 R3 NICOGLI 25	252,84	T13 R3 GLIFO	270,25
T10 R2 TIFEN 20	198,31	T7 R1 RINSUGLI 25	262,37
T4 R1 NICOGLI 25	246,52	T12 R3 TYFENGLI 10	279,05
T13 R2 GLIFO	250,12	T5 R2 RINSU 50	205,23
T12 R1 TYFENGLI 10	211,66	T12 R1 TYFENGLI 10	232,15
T14 R3 TEST.	207,05	T8 R2 RINSUGLI 15	226,32
T8 R2 RINSUGLI 15	241,86	T9 R3 TYFEN 30	208,41
T4 R2 NICOGLI 25	209,66	T10 R2 TYFEN 20	212,98

CUADRO 24A. Datos de crecimiento de tallos, para el ensayo de sulfonilureas para inhibición de flor y su efecto en la maduración de la caña de azúcar.

Descripción	Trat	REP	10-ags	24-ags	8-sep	24-sep	19-oct	10-nov
Nicosulfuron 50	1	1	1	1,11	1,19	1,32	1,60	1,87
Nicosulfuron 50	1	2	1	1,14	1,28	1,45	1,69	1,92
Nicosulfuron 50	1	3	1	1,11	1,29	1,54	1,79	2,03
Nicosulfuron 70	2	1	1	1,08	1,16	1,26	1,53	1,8
Nicosulfuron 70	2	2	1	1,14	1,21	1,29	1,51	1,72
Nicosulfuron 70	2	3	1	1,14	1,22	1,31	1,61	1,9
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	1	1	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	2	1	1,06	1,07	1,09	1,10	1,1
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	3	1	1,08	1,07	1,08	1,09	1,09
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	1	1	1,07	1,08	1,09	1,10	1,1
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	2	1	1,06	1,06	1,06	1,08	1,09
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	3	1	1,07	1,07	1,07	1,09	1,11
Rimsulfuron 50	5	1	1	1,09	1,31	1,51	1,76	2
Rimsulfuron 50	5	2	1	1,03	1,38	1,55	1,78	2,01
Rimsulfuron 50	5	3	1	1,1	1,34	1,57	1,78	1,98
Rimsulfuron 30	6	1	1	1,14	1,4	1,6	1,67	1,73
Rimsulfuron 30	6	2	1	1,12	1,36	1,57	1,81	2,05
Rimsulfuron 30	6	3	1	1,11	1,4	1,67	1,88	2,08
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	1	1	1,08	1,07	1,07	1,08	1,09
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	2	1	1,06	1,06	1,08	1,10	1,11
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	3	1	1,07	1,07	1,07	1,09	1,1
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	1	1	1,08	1,07	1,08	1,09	1,09
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	2	1	1,05	1,06	1,06	1,08	1,1
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	3	1	1,05	1,05	1,05	1,07	1,09
Tyfensulfuron 30	9	1	1	1,17	1,38	1,57	1,82	2,07
Tyfensulfuron 30	9	2	1	1,2	1,43	1,65	1,84	2,03
Tyfensulfuron 30	9	3	1	1,22	1,39	1,61	1,78	1,95
Tyfensulfuron 20	10	1	1	1,21	1,37	1,58	1,74	1,89
Tyfensulfuron 20	10	2	1	1,24	1,47	1,73	1,95	2,17
Tyfensulfuron 20	10	3	1	1,23	1,44	1,68	1,82	1,95
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	1	1	1,09	1,08	1,08	1,10	1,11
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	2	1	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	3	1	1,1	1,1	1,1	1,11	1,12
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	1	1	1,09	1,08	1,07	1,09	1,1
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	2	1	1,06	1,06	1,06	1,08	1,09
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	3	1	1,04	1,08	1,06	1,09	1,11
Glifosato 1.5	13	1	1	1,05	1,07	1,07	1,08	1,09
Glifosato 1.5	13	2	1	1,07	1,07	1,07	1,09	1,1
Glifosato 1.5	13	3	1	1,09	1,08	1,09	1,10	1,1
Testigo	14	1	1	1,2	1,41	1,67	1,89	2,11
Testigo	14	2	1	1,17	1,4	1,61	1,88	2,14
Testigo	14	3	1	1,21	1,44	1,6	1,84	2,08

CUADRO 25A. Datos del resto de variables respuesta, los cuales se obtuvieron a las 12 semanas después de la aplicación de los productos, y a los cuales se les realizó el Análisis de Varianza.

NOMBRE TRAT	TRAT	KATC	TCH	KAH	CRECI	BIOMA	FLOR	AL REB	N REB
Nicosulfuron 50	1	99,07	102,71	4,63	1,87	0,00	20,00	27,7	37,5
Nicosulfuron 50	1	94,75	101,06	4,35	1,92	0,90	25,00	20,0	36,5
Nicosulfuron 50	1	93,96	93,60	4,00	2,03	0,00	30,00	19,6	46,0
Nicosulfuron 70	2	102,80	91,39	4,27	1,80	19,60	20,00	31,2	35,0
Nicosulfuron 70	2	108,31	99,27	4,89	1,72	7,64	30,00	22,0	40,5
Nicosulfuron 70	2	97,83	94,55	4,20	1,90	11,3	35,00	26,8	46,5
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	108,32	78,59	3,87	1,09	0,51	0,00	19,0	26,5
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	123,26	77,91	4,37	1,10	3,60	0,00	28,2	38,0
Nicosulfuron 35 + Glifosato 1.0	3	108,63	80,60	3,98	1,09	0,69	0,00	20,6	34,0
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	111,50	77,41	3,92	1,10	1,20	0,00	31,8	38,5
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	119,19	78,65	4,26	1,09	1,02	0,00	21,2	40,5
Nicosulfuron 25 + Glifosato 1.0	4	113,58	72,41	3,74	1,11	0,59	0,00	22,4	36,5
Rimsulfuron 50	5	100,85	88,64	4,06	2,00	0,00	30,00	24,4	43,5
Rimsulfuron 50	5	98,42	86,36	3,86	2,01	0,00	45,00	25,6	43,0
Rimsulfuron 50	5	93,29	84,85	3,60	1,98	0,00	35,00	26,8	37,5
Rimsulfuron 30	6	100,76	84,62	3,88	1,73	0,00	60,00	35,8	42,0
Rimsulfuron 30	6	96,22	80,32	3,51	2,05	0,16	35,00	24,2	35,0
Rimsulfuron 30	6	103,47	88,21	4,15	2,08	0,00	25,00	21,8	43,0
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	107,44	70,86	3,46	1,09	1,92	0,00	20,6	31,0
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	103,90	72,71	3,43	1,11	0,32	0,00	28,6	28,0
Rimsulfuron 25 + Glifosato 1.0	7	111,87	77,03	3,92	1,10	0,85	0,00	30,4	34,5
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	113,66	70,01	3,62	1,09	0,32	0,00	19,3	39,0
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	104,07	65,56	3,10	1,10	0,69	0,00	15,8	31,5
Rimsulfuron 15 + Glifosato 1.0	8	102,87	67,78	3,17	1,09	1,32	0,00	14,6	35,0
Tyfensulfuron 30	9	112,50	90,99	4,65	2,07	0,00	60,00	27,4	39,0
Tyfensulfuron 30	9	101,77	96,44	4,46	2,03	0,00	90,00	21,4	37,0
Tyfensulfuron 30	9	94,73	97,99	4,22	1,95	0,39	75,00	36,6	41,5
Tyfensulfuron 20	10	97,84	105,21	4,68	1,89	1,09	70,00	18,8	46,5
Tyfensulfuron 20	10	96,81	110,85	4,88	2,17	1,30	85,00	28,4	32,0
Tyfensulfuron 20	10	99,02	108,61	4,89	1,95	2,58	90,00	22,2	42,0
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	109,97	70,88	3,54	1,11	1,49	0,00	29,0	28,0
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	111,44	69,66	3,53	1,09	2,93	0,00	27,3	32,5
Tyfensulfuron 15 + Glifosato 1.0	11	114,57	71,49	3,72	1,12	0,60	0,00	34,0	41,5
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	105,52	74,35	3,57	1,10	1,95	0,00	28,2	47,0
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	107,30	80,81	3,94	1,09	2,82	0,00	22,2	52,0
Tyfensulfuron 10 + Glifosato 1.0	12	113,20	77,58	3,99	1,11	2,21	0,00	27,2	40,5
Glifosato 1.5	13	107,34	63,82	3,11	1,09	1,13	0,00	20,2	35,0
Glifosato 1.5	13	116,66	65,45	3,47	1,10	1,51	0,00	16,6	28,5
Glifosato 1.5	13	113,75	66,55	3,44	1,10	1,74	0,00	22,2	34,0
Testigo	14	94,89	101,94	4,40	2,11	0,00	80,00	25,0	45,0
Testigo	14	93,38	103,70	4,40	2,14	0,00	85,00	18,7	34,0
Testigo	14	97,32	105,45	4,66	2,08	0,00	85,00	22,8	32,5

KATC, kilogramos de azúcar por tonelada de caña  
 TAH, toneladas de azúcar por hectárea  
 BIOMA, biomasa de brotes laterales  
 AL REB, altura de rebrote de caña

TCH, toneladas de caña por hectárea  
 CRECI, crecimiento de tallos de caña  
 FLOR, porcentaje de floración  
 N REB, número de rebrotes de caña

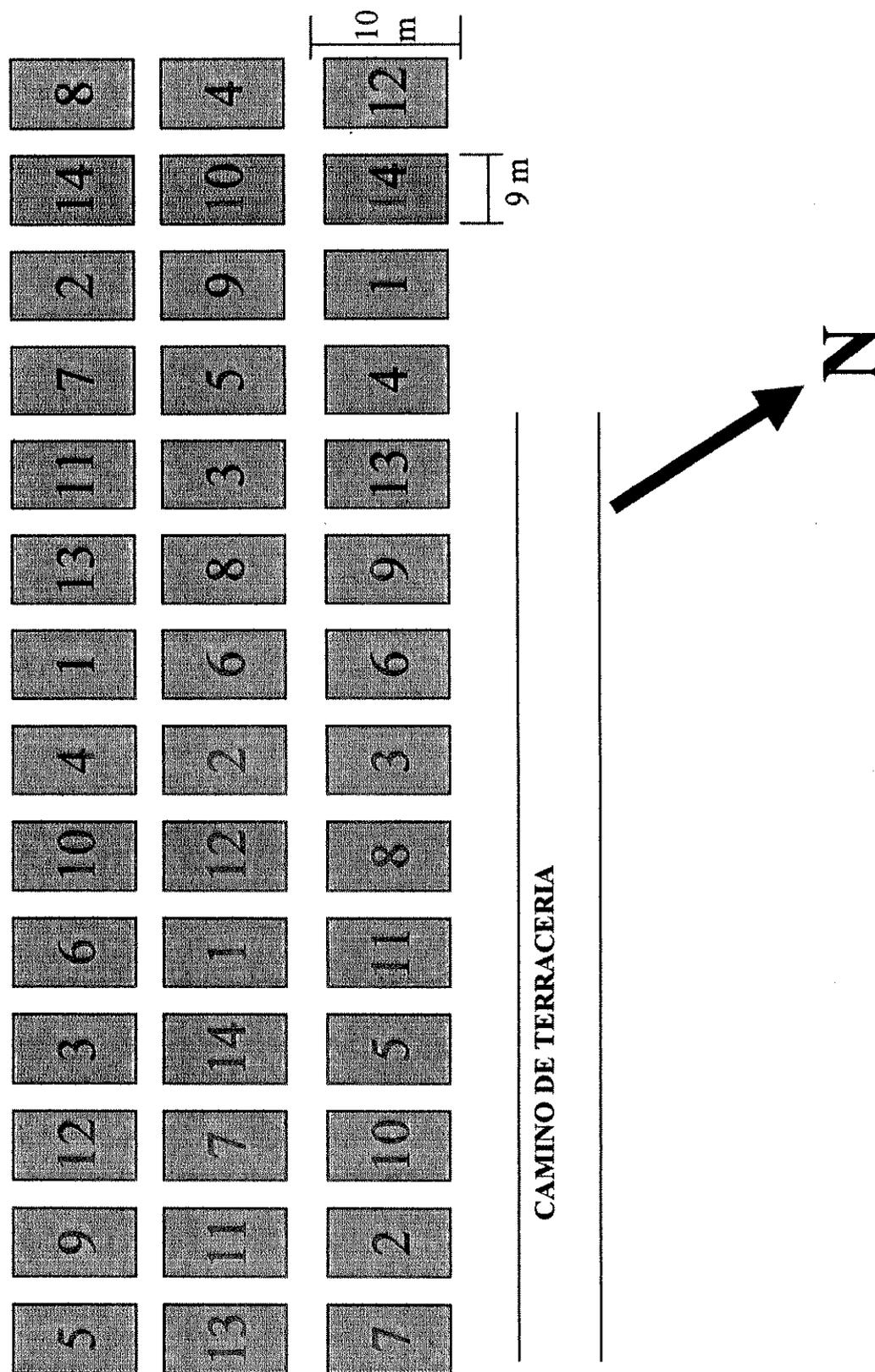


FIGURA 20A. Croquis de campo, para el ensayo de inhibición de flor y e su efecto en el rendimiento de la caña de azúcar, en la finca Camantulul, Ingenio Madre Tierra, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla.





Ref. Sem. 038-99

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

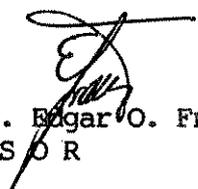
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE TRES SULFONILUREAS SOLAS Y CON GLIFOSATO, COMO INHIBIDORAS DE FLOR Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L) EN ESCUINTLA, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: NERY ALBERTO PORTILLO FOLGAR

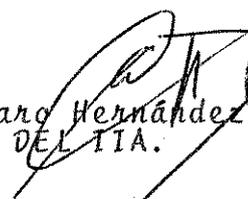
CARNET No: 9440693

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Luis Fernando Morán Palma  
Ing. Agr. Myrna E. Herrera Sosa

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

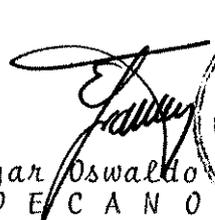
  
Ing. Agr. M.Sc. Edgar O. Franco Rivera  
A S E S O R

  
Ing. Agr. M.Sc. Manuel de J. Martínez Ovalle  
A S E S O R

  
Ing. Agr. M.Sc. Alvaro Hernández Dávila  
DIRECTOR DEL IIA.



IMPRIMASE

  
Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O



