

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACION DEL EFECTO DEL MADURANTE GLIFOSATO EN EL RENDIMIENTO  
DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*) VARIEDAD CP-722086, DAÑADA POR  
CHINCHE SALIVOSA (*Aeneblamia sp.*) EN TIQUISATE, ESCUINTLA.**

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

POR

**RAMIRO ARNOLDO LOPEZ PINEDA**

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRONOMO**

EN

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

**Guatemala, Septiembre de 1999.**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Rector**

**Ing. Agr. Efraín Medina Guerra**

**Junta Directiva de la Facultad de Agronomía**

**Decano:** Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
**Vocal Primero:** Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello  
**Vocal Segundo:** Ing. Agr. William Roberto Escobar López  
**Vocal Tercero:** Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa  
**Vocal Cuarto:** Br. Jacobo Bolvito Ramos  
**Vocal Quinto:** Br. José Domingo Mendoza Cipriano  
**Secretario:** Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Septiembre de 1999.

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

*Señores miembros:*

*De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:*

**“Evaluación del efecto del madurante glifosato en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) variedad CP-722086, dañada por chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) en Tiquisate, Escuintla”**

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

*Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para la aprobación, me suscribo,*

*Atentamente,*



**Ramiro Arnoldo López Pineda**

## ACTO QUE DEDICO

- A: DIOS** *Creador omnipotente, por concederme la dicha de vivir, fortaleza, salud y sabiduría necesaria para alcanzar mis metas.*
- mi Patria** *Guatemala, país de la "eterna primavera", poseedora de una enorme riqueza y cultural y natural.*
- mis Padres** *Elvia Pineda Leiva de López, por ser siempre una madre comprensiva, cariñosa y por haber inculcado en mí el afán de luchar siempre para alcanzar las metas propuestas; como un pequeño reconocimiento a todos sus desvelos y esfuerzos.  
Manfredo Arnoldo López Chinchilla, por ser un ejemplo de profesionalismo y honestidad, y por haberme legado el título de hombre honrado y trabajador.*
- mi hermano** *Manfredo Ernesto López Pineda, mi eterno amigo y compañero, bastión de apoyo en toda mi vida.*
- mis abuelos** *María Victoria Chinchilla Ardón de López (Q.E.P.D.)  
Braulio López Ramírez  
Lucía Leiva  
Francisco Canales (Q.E.P.D.)*
- mis tíos, tías,  
primos y primas** *Con mucho cariño.*
- Tiquisate** *Tierra fértil, pedacito de costa que me vio nacer.*
- mis centros de  
Estudio** *Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva.  
Instituto Nacional Experimental de Educación Media Básica de Nva. Concepción*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradecimiento sincero a mis asesores Ingenieros Agrónomos Manuel Martínez Ovalle y Marco Tulio Aceituno, por su orientación y apoyo, no sólo en la elaboración del presente trabajo, sino en muchos aspectos fundamentales en la vida.*

*A los Ingenieros Agrónomos Alvaro Leonardo, Nery Portillo, Jorge Ortega, Julio Catalán y David Tavico, por su amistad y apoyo incondicional recibido para realizar la presente investigación.*

*A los Ingenieros Agrónomos Eugenio Orozco, Alvaro Hernández, José Miguel Leiva, Luis Ortiz (Q.E.P.D.) y a los Doctores Mario Melgar, Víctor Salguero, Enrique Acevedo, Víctor Urrutia, Marco Arévalo y César Azurdia, por su amistad, colaboración y aportes acertados en pro de la mejora del presente trabajo.*

*A los Ingenieros Agrónomos Maxdelio Herrera, Efraín Medina, Isaac Herrera, Anibal Sacbajá, Rolando Aragón, Negli Gallardo, Marco Vinicio Fernández, Francisco Ibarra (Q.E.P.D.), Marco Romilio Estrada, William Escobar, Fredy Hernández, Marco Antonio Nájera, Edgar Franco, Edil Rodríguez, José Calderón, Miguel López, Samuel Córdova, Jorge Mario Escobar, Alfonso Soria, Fredy Romero, Amílcar Sánchez, Marino Barrientos, Víctor Alvarez, Byron González, Ezequiel López, Gustavo Alvarez, Edín Orozco y al Lic. Enrique Flores, por brindarme amistad y confianza durante el desempeño de mis actividades como auxiliar de cátedra de la FAUSAC.*

*Al personal profesional, administrativo y de campo del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, en especial para todos, gracias por el apoyo brindado.*

*Al personal profesional y de campo del Ingenio Madre Tierra, en especial a Don Roderico Méndez, Manuel Corado, César Castillo, Manfredo López, Rudy Cárdenas, Alejandro Urizar y Angel San, por su valiosa colaboración durante la etapa de campo del presente trabajo.*

*A Monsanto de Centro América, en especial al Ing. Yemel Ortega, gracias por el apoyo brindado.*

*A las familias Martínez Ovalle, Aceituno Paredes, Martínez Solís, Téllez Martínez, Boche López, Figueroa López, López Morales, López Barrios, Portillo Folgar, Ramírez Martínez, Berganza Martínez y Balcárcel gracias por su apoyo.*

*A mis amigos Ana Eugenia García, Perdy Zamora, Javier y Carolina Pedroza, Remy Cuéllar(Q.E.P.D.), Noé Pérez, Marco Antonio Yon, Herlindo Solórzano, Danilo Mérida, Edy López, Gilberto Hernández, Geraldina Córdón, Escolástico Díaz, Hernán Cabrera, Rafael Téllez, Oscar Morales, Carlos García, René Martínez, José Mérida, José Manuel Donis, Danilo Campos, Elder Berdío, Marvin Urizar, Sergio Morales, Rodrigo Díaz, Ernesto España, Eduardo Moreira, Luis Mejía Caniz, Henry Morales, César Camey; Haroldo, Giovanni y Roni Mijangos; Estuardo Catalán, Priscila López, Betzabé Bautista, Ana Ingrid Mejicanos, William Mejía, Jamiel Nájera, Harry López, Oscar Guzmán, Aníbal Reyes, Héctor Hidalgo, Julio Chinchilla, Juan Carlos Rosito, Oscar Medinilla, Antonieta Sánchez, Miguel Martínez, José Antonio López, Hugo Medina, Hugo Mejicanos, Oscar Guevara, Domingo Mendoza; Camilo y Efraín Medina, Byron Cuéllar, Estuardo Lira, Ericka García, Rolando Godínez, Julio Peña, Arturo García, Mario Ismatul, Zully Paz, Leslie Monzón, Erick Portales y Hervert Díaz. Mil gracias por compartir conmigo tantos momentos agradables.*

*A todas y cada una de las personas que contribuyeron en la elaboración de la presente investigación, las palabras no alcanzarían para agradecerles.*

## INDICE GENERAL

No.	TITULO	PAGINA
	INDICE DE CUADROS	iii
	INDICE DE FIGURAS	iv
	RESUMEN	v
1.	INTRODUCCION	1
2.	DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3.	JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	4
4.	MARCO TEORICO	6
4.1	MARCO CONCEPTUAL	6
4.1.1	Origen geográfico e historia de la caña de azúcar	6
4.1.2	Maduración de la caña de azúcar	6
4.1.2.1	Potencial de las variedades para almacenar azúcar	7
4.1.2.2	Mecanismos de translocación y acumulación de sacarosa en la planta	7
4.1.2.3	Maduración en función de la humedad, cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio	8
4.1.3	Factores que afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar	9
4.1.3.1	Manejo del cultivo antes de la cosecha	9
4.1.3.2	Condiciones climáticas	9
4.1.4	Maduración química de la caña de azúcar	10
4.1.5	Sistemas para controlar la maduración de la caña de azúcar	12
4.1.6	Efecto de la floración sobre la maduración de la caña de azúcar	12
4.1.7	Beneficios obtenidos con el uso de madurante	14
4.1.8	Efectos visibles del madurante	14
4.1.9	Efecto de la época de aplicación del madurante	15
4.1.10	Efecto del madurante en el crecimiento de la caña	15
4.1.11	Efecto del madurante en la producción	16
4.1.12	Altura de corte	16
4.1.13	Control de la maduración y rendimientos	17
4.1.14	La chinche salivosa ( <i>Aeneolamia</i> sp.)	18
4.1.14.1	Clasificación taxonómica de la chinche salivosa	18

4.1.14.2	Biología y hábitos de la chinche salivosa ( <i>Aeneolamia</i> sp.)	18
4.1.14.3	Daño e importancia económica de ( <i>Aeneolamia</i> sp.)	19
4.2	MARCO REFERENCIAL	21
4.2.1	Descripción del sitio experimental	21
4.2.1.1	Localización y descripción del área experimental	21
4.2.1.2	Condiciones climáticas	21
4.2.1.3	Condiciones de suelo	21
4.2.2	Sal isopropil amina de glifosato	23
4.2.2.1	Características	23
4.2.2.2	Modo de acción	23
4.2.2.3	Usos de la sal isopropil amina de glifosato como madurante químico en la caña de azúcar	23
4.2.3	Variedad CP-722086	25
4.2.3.1	Características agronómicas	25
4.2.3.2	Patología	25
4.2.3.3	Maduración	25
4.2.3.4	Rendimiento	26
4.2.3.5	Producción de fibra	26
4.2.3.6	Importancia económica	26
5.	OBJETIVOS	27
6.	HIPOTESIS	28
7.	METODOLOGIA	29
7.1	Factores evaluados	29
7.2	Descripción del material experimental	29
7.3	Determinación del nivel de daño foliar	30
7.4	Aplicación del madurante químico	30
7.5	Variables evaluadas	31
7.5.1	Rendimiento de azúcar en kg/TM de caña molida	31
7.5.2	Producción de azúcar en TM (toneladas métricas) de azúcar/ha	31
7.6	Diseño experimental	31
7.7	Análisis de la información obtenida	32

7.7.1	Análisis de varianza	32
7.7.2	Prueba de determinación de significancia entre medias	32
7.7.3	Análisis de regresión	32
7.7.4	Análisis económico	33
8.	RESULTADOS Y DISCUSION	34
8.1	Kg de azúcar/TM de caña	34
8.2	Toneladas métricas (TM) de azúcar/ha	40
8.3	Análisis económico de los tratamientos evaluados	44
9.	CONCLUSIONES	46
10.	RECOMENDACIONES	47
11.	BIBLIOGRAFIA	48
12.	APENDICE	52

### INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
Cuadro 1.	Niveles de daño foliar acumulado en caña de azúcar <i>Saccharum</i> spp., provocado por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp., propuesto por Carrillo <i>et al</i> , 1997.	20
Cuadro 2.	Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento de aplicación de madurante en caña de azúcar con diferentes niveles de daño foliar producido por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp.	29
Cuadro 3.	Resumen del análisis de varianza realizado a la variable rendimiento de azúcar (kg/TM).	34
Cuadro 4.	Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico de 5% ( $\text{Alpha}=0.05$ ) para el factor aplicación de madurante en caña de azúcar variedad CP-722086, dañada por chinche salivosa <i>Aeneolamia</i> sp.	35
Cuadro 5.	Resumen de los análisis de regresión realizados a las variables nivel de daño foliar (%) provocado por chinche salivosa y rendimiento de azúcar (kg/TM).	38
Cuadro 6.	Determinación de la tasa marginal de retorno (TMR) de los tratamientos evaluados.	44
Cuadro 7A.	Resumen del análisis de varianza realizado a la variable producción en TM de azúcar/ha.	53
Cuadro 8A.	Prueba de medias de Tukey ( $\text{Alpha}=0.05$ ) para el factor aplicación de madurante, en la variable producción de azúcar en TM/ha.	53
Cuadro 9A.	Prueba de medias de Duncan ( $\text{Alpha}=0.05$ ) para el factor nivel de daño (%) en la variable producción de azúcar (TM/ha).	53
Cuadro 10A.	Análisis económico de los tratamientos evaluados	54



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
Figura 1.	Ubicación geográfica de la finca Canoas, Tiquisate, Escuintla.	22
Figura 2.	Comparación del rendimiento de azúcar (kg/TM de caña, para los niveles evaluados del factor madurante.	35
Figura 3.	Rendimiento de azúcar (kg/TM) de los diferentes niveles del factor daño foliar (%) evaluados.	36
Figura 4.	Promedios de rendimiento de azúcar en kg/TM de caña de los doce tratamientos evaluados.	37
Figura 5.	Comportamiento del rendimiento de azúcar sin aplicación de madurante al aumentar el nivel de daño foliar de chinche salivosa.	39
Figura 6.	Comportamiento del rendimiento de azúcar en caña aplicada con madurante al aumentar el nivel de daño de chinche salivosa.	40
Figura 7.	Promedios de producción de azúcar/ha de las dos modalidades del factor aplicación de madurante.	41
Figura 8.	Producción de azúcar/ha de los niveles de daño foliar de chinche salivosa evaluados.	42
Figura 9.	Producción de azúcar (TM/ha) de los tratamientos evaluados.	43
Figura 10.	Beneficio neto de los tratamientos evaluados en el ensayo	45
Figura 11A.	Escala de daño foliar (en porcentaje) utilizada para la evaluación del área afectada por el hongo ( <i>Septoria nodorum</i> ) en cereales, utilizada para determinar el nivel de daño foliar producido por adultos de chinche salivosa ( <i>Aeneolamia</i> sp.) en caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.).	55

**EVALUACION DEL EFECTO DEL MADURANTE GLIFOSATO EN EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) VARIEDAD CP-722086, DAÑADA POR CHINCHE SALIVOSA (*Aeneolamia* sp.) EN TIQUISATE, ESCUINTLA.**

**EVALUATION OF GLYPHOSATE EFFECT AS RIPENER ON THE YIELD OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) VARIETY CP-722086, DAMAGED BY FROGHOPPER (*Aeneolamia* sp.) IN TIQUISATE, ESCUINTLA.**

**RESUMEN**

En el estudio que a continuación se presenta, se evaluó el efecto del madurante glifosato en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con diferentes niveles de daño foliar producido por el ataque del insecto conocido como chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.) sobre el rendimiento de azúcar, así como el efecto del nivel de daño foliar en la acumulación de azúcar en los tallos de caña, luego de un período post-aplicación del madurante.

La investigación se realizó en la finca "Canoas", propiedad del ingenio Madre Tierra. Dicha finca se encuentra ubicada en el municipio de Tiquisate, Escuintla, a una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar. Se eligieron los pantes 11011, 11021 y 11081, los cuales estaban plantados con la variedad CP-722086, dichos pantes debían ser cortados por cuarta vez y además presentaban daño foliar producido por chinche salivosa, uno de los factores a estudiar.

Para el trabajo se empleó un diseño experimental completamente al azar, bifactorial en un arreglo combinatorio. Los pantes utilizados, fueron divididos y señalizados para facilitar la aplicación de madurante y a la vez dejar partes sin aplicar, para luego determinar el nivel de daño foliar presente en tallos de caña individuales, previo a la aplicación aérea del glifosato. En total se incluyeron 12 tratamientos, constituidos por la combinación de 6 niveles de daño foliar aplicados con glifosato como madurante y sus respectivos testigos sin aplicación de madurante.

El nivel de daño foliar (%) fue determinado mediante una metodología propuesta por el departamento de Entomología del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANA). La dosis de glifosato utilizada fue 463 g/ha (Roundup 1.29 l/ha).

Las variables medidas fueron: rendimiento expresado en kg de azúcar/TM (Tonelada métrica) de caña, y producción de azúcar, expresada en TM de azúcar/ha. Dichas variables fueron sometidas a sus

respectivos análisis de varianza, realizando prueba de significancia entre medias (Prueba de Tukey) en el factor en que se detectó diferencia significativa a un nivel crítico de 0.05.

Además se realizó un análisis de regresión entre el nivel de daño foliar (%) y el rendimiento de azúcar, separando para el factor aplicación de madurante, para poder establecer si existía interdependencia entre las mismas, de acuerdo a los análisis, ninguno de los modelos matemáticos probados se ajustó a la realidad. Así mismo con los datos obtenidos de la variable TM de azúcar/ha, se realizó un análisis económico, calculando la tasa marginal de retorno (TMR).

Los resultados obtenidos, manifiestan que en general, el nivel de daño foliar producido por la chinche salivosa, no afecta la acción del glifosato como madurante sobre el rendimiento de azúcar, obteniéndose un incremento promedio de 6.94 kg de azúcar/TM de caña al aplicar glifosato. Por otra parte, pudo determinarse que el rendimiento de azúcar es afectado por el daño foliar producido por chinche salivosa, aunque no se detectaron diferencias significativas. En general los tratamientos aplicados con glifosato, superaron a los tratamientos sin madurante tanto en rendimiento de azúcar por tonelada de caña, como en producción de azúcar por hectárea. Al analizar la producción de azúcar por hectárea, pudo determinarse que la caña aplicada con glifosato superó a la caña sin madurante en 1.64 TM de azúcar/ha.

Así mismo, con el análisis económico pudo establecerse que la aplicación de glifosato en caña con un nivel de daño foliar menor al 40% (no quemados) es económicamente rentable, pues se reporta una tasa marginal de retorno de 254.81% al aplicar glifosato en dosis de 463 g/ha en caña con un daño foliar <30%.

## 1. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es una planta de la familia Poaceae, originaria de India, que se cultiva en regiones tropicales, para obtener la sacarosa que se concentra en sus tallos. En Guatemala, dicho cultivo ocupa alrededor de 180,000 ha, generando una fuente de trabajo y divisas. El 71% de la producción es exportada, ubicando al país en el séptimo lugar como exportador de azúcar en el mundo y en tercero a nivel latinoamericano (5). Así como otros cultivos, la caña presenta algunos problemas en su proceso de producción, uno de éstos es la baja concentración de sacarosa en los tallos al momento del corte, lo que redundo en bajos rendimientos por tonelada de caña molida en el ingenio, principalmente durante el período de inicio de la zafra (mes de noviembre). Este problema es debido principalmente a las condiciones climáticas de la época, que son adversas a los procesos de almacenamiento de sacarosa en los tallos (9).

Como medida para contrarrestar los bajos rendimientos al inicio de la zafra, en Guatemala y en otros países con condiciones climáticas similares, se utiliza la maduración forzada por medio de agentes químicos, como el glifosato (N-fosfometil glicina), el cual activa los procesos de concentración de azúcar en los entrenudos superiores del tallo. El glifosato es un herbicida sistémico, que se absorbe por las partes fotosintéticamente activas, de ahí la importancia del área foliar expuesta por la planta al momento de la aplicación del madurador. En Guatemala, debido a los incrementos de rendimiento obtenidos, se aplicó madurante en alrededor de 100,000 ha durante la zafra 97/98 (29).

Por otra parte, la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*) destaca entre las principales plagas de la caña de azúcar en Guatemala. Anleu (3), reporta alrededor de 25,000 ha afectadas por chinche salivosa durante el año de 1,996, por lo cual se constituye como un serio problema para la industria cañera de Guatemala. El daño de la chinche se manifiesta por la destrucción del tejido foliar en la mitad superior de la planta de caña y no se reporta otro efecto tóxico de ésta plaga sobre el cultivo. Esta destrucción del tejido foliar, puede mermar la producción en campo hasta en 10 TM/ha cuando el cañaveral llega a "quemarse" por efecto del daño de chinche salivosa (16). Como un daño indirecto, dicha destrucción, disminuye el área de absorción foliar para la aplicación de los madurantes químicos como el glifosato, además de producir un "estrés" en la planta, lo que podría reducir la absorción de inductores químicos de maduración. Al respecto, la opinión de los técnicos cañeros está dividida en tres corrientes: 1) Los que recomiendan no aplicar madurante en lotes dañados con chinche, 2) Los que opinan que si se justifica la aplicación de madurante en lotes con daño leve y moderado (sin quemazón foliar), y 3) Los que piensan que la chinche

no tiene ningún efecto fisiológico sobre el cultivo, por lo que debe aplicarse madurante sin importar el nivel de daño de chinche salivosa que éste presente.

Con el objeto de determinar cual de los criterios mencionados anteriormente es el correcto, la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, conjuntamente con el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar llevó a cabo la presente investigación, en la finca Canoas, propiedad del ingenio Madre Tierra, jurisdicción del municipio de Tiquisate, Escuintla, en caña de la variedad CP-722086, en suelos Mollisoles, durante la zafra 98/99. Se evaluaron y marcaron los niveles de daño foliar provocado por la infestación de chinche salivosa en tallos molederos ubicados dentro de los lotes correspondientes previo a la aplicación del madurante glifosato. Para determinar el efecto de la acción combinatoria del nivel de daño foliar producido por chinche salivosa, fue agrupado en clases o rangos; el madurante fue aplicado, dejando los testigos sin aplicación respectivos. Se trabajó un diseño experimental completamente al azar con arreglo combinatorio 6 por 2 (6 clases de nivel de daño y 2 niveles de madurante), la variable principal estudiada fue el rendimiento en kg de azúcar/TM de caña y TM de azúcar/ha; se realizó un Análisis de Varianza a dichas variables, determinando que no existió diferencia estadística significativa en el rendimiento para la interacción, ni para el nivel de daño; pero sí para el factor aplicación de madurante.

La aplicación de madurante a caña de la variedad CP-722086, con diferentes niveles de daño de chinche salivosa, resultó ser económicamente rentable, no existió interacción entre los factores estudiados y el daño de chinche no fue significativo en el rendimiento.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La maduración de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) 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 maduradores químicos, como el glifosato, ha sido una de las medidas utilizadas para disminuir las pérdidas provocadas durante el proceso de industrialización de la caña de azúcar debidas al bajo grado de madurez, provocado por las condiciones climáticas adversas (altas temperaturas, períodos prolongados de lluvias intensas, alto contenido de humedad en el suelo y fotoperíodo corto), imperantes en la región cañera durante los meses en los cuales la planta de caña inicia su proceso de maduración.

La efectividad de los maduradores químicos depende de varios factores, entre ellos la variedad de caña, la edad, la dosis de producto utilizada, la época de aplicación y el tiempo transcurrido entre la aplicación y la cosecha. Otro factor importante que debe de tomarse en cuenta es el porcentaje de área foliar expuesta por la planta al momento de la aplicación y el período de absorción del mismo. Este último se ve afectado y disminuido como una manifestación del daño provocado por altas infestaciones de chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*)

Se ha llevado a cabo investigaciones con respecto al madurante glifosato, evaluando nuevos productos, dosis para cada variedad, volumen adecuado para aplicación, edad adecuada para la aplicación, etc., pero debido al incremento de áreas reportadas con daños de chinche salivosa, se hizo necesaria una investigación que tomara en cuenta el efecto del daño causado por dicho insecto y que determinara que tanto influye dicho daño en la absorción y metabolización del madurante glifosato.

### 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.) es actualmente uno de los cultivos de mayor importancia a nivel nacional, con un total de 180,000 ha cultivadas en toda la república, generando alrededor de 50,000 empleos directos. El azúcar representa el 19.4% del valor de la producción agrícola en Guatemala, generando alrededor de US\$ 259.1 millones en divisas. En el ámbito internacional, Guatemala se ubica en el séptimo lugar como exportador de azúcar, al vender en el exterior el 71% de su producción total, lo cual representa el 68% del total de azúcar exportada por la región centroamericana (5).

Por primera vez, durante la zafra 96-97, la chinche salivosa o salivazo (*Aeneolamia* sp.) se constituyó como un serio problema para la industria cañera de Guatemala, ya que se reportó un área aproximada de 25,000 ha afectadas (3).

El daño provocado por la chinche se manifiesta como destrucción del tejido foliar en la mitad superior de la planta de caña y no se reporta otro efecto tóxico derivado del ataque de dicha plaga al cultivo. Esta destrucción del tejido foliar puede reducir los rendimientos hasta en 10 TM/ha (hablando de caña en pie), además disminuye el área de absorción foliar para los madurantes químicos y posiblemente somete la planta a estrés, lo que puede incidir en la absorción y metabolización de los madurantes químicos. Los daños provocados por el insecto en las plantaciones de caña se incrementan en los meses de agosto y septiembre, coincidentemente al inicio de la época de aplicación de madurantes químicos.

Debido a las condiciones climáticas imperantes en la región cañera durante los meses de lluvia, la caña cosechada al inicio de zafra reporta "un bajo grado", es decir que no posee la concentración adecuada de sacarosa al momento de cosecharse, esto hace necesario la utilización de madurantes químicos.

Al observar un cañal dañado por chinche salivosa podemos preguntarnos si es o no adecuado aplicarle madurantes, los técnicos cañeros de la región se han dividido en tres grupos de opinión, unos dicen que no debe aplicarse madurante, otros opinan que si se justifica si presentan un daño leve y moderado (no quemados), y un tercer grupo que opina que la chinche no tiene ningún efecto fisiológico sobre el cultivo, por lo que debe de aplicarse madurante en cualquier lote sin importar el grado de daño.

Dado que en la actualidad la aplicación de maduradores químicos como el glifosato es una práctica utilizada ampliamente para ganar grados Brix y aumentar los rendimientos de kg de azúcar/TM de caña, y que alcanzó durante la zafra 97/98 alrededor de 100,000 ha aplicadas con maduradores químicos (29), justificó llevar a cabo una investigación, para determinar si la aplicación del madurante a los lotes de caña con daño de chinche salivosa en diferentes niveles es económicamente rentable.



## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 4.1.1 Origen geográfico e historia de la caña de azúcar

El origen de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ha provocado grandes discusiones, algunos han opinado que su origen lo tuvo en la India, en la desembocadura del río Ganges, dando el nombre de Guara a la región y a la ciudad el nombre de Gur que quiere decir azúcar (2).

Otros opinan que el origen de la caña de azúcar 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 de que en Guatemala existían cañas dulces o sea caña de azúcar, antes de la llegada de los conquistadores, siendo cultivada por los nativos que habitaban en las riberas de Ixcán y Lacantún (afluentes del Usumacinta), región localizada en Chiapas, sudeste del Petén y norte de Huehuetenango y el Quiché(21).

#### 4.1.2 Maduración de la caña de azúcar

Buenaventura y Yang (10), explican que 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 ha estado utilizando para su crecimiento (1). 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 ( 9).

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 formación 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 (2).

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 (44).

#### **4.1.2.2 Mecanismos de translocación 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 fructuosa), son translocados desde las hojas hacia el tallo y las raíces a través de los haces conductores del floema y una cantidad menor es translocada nuevamente en dirección contraria hacia el meristemo apical a través del xilema. Esto ha sido posible determinarlo gracias a la utilización de radio isótopos. 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 (14).

Alcalá Castellanos (1), determinó que 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 (30), 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 (13).

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 neutra comienza a aumentar, evitando que la sacarosa sea hidrolizada, generándose de ésta manera una mayor concentración de azúcares en los tallos de la caña (4).

Una vez distribuido el azúcar a través del 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 (1).

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 (13).

### **4.1.3 Factores que afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar**

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

Los factores más relevantes constituyen: la variedad cultivada, la fertilización (principalmente nitrogenada) y el riego. Samuels (44), indica que para obtener mayor eficiencia en la acumulación de sacarosa, cada variedad debe haberse sembrado en un periodo adecuado para 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, Gómez (24), recomienda la aplicación de éste elemento dentro de los cuatro primeros meses para no afectar la concentración de sacarosa en los jugos; Buenaventura (9), descubrió que las aplicaciones tardías de nitrógeno permiten que la planta continúe con su desarrollo y no acumule sacarosa en forma óptima.

La humedad es un factor muy importante para obtener un almacenamiento óptimo de sacarosa en la planta, Samuels (44), 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 periodos de irrigación deben ser controlados antes de la cosecha. Alcalá (1), descubrió que la edad no es sinonimia 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, la temperatura y la luminosidad. Buenaventura (9), 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 (44), 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 (14).

#### **4.1.4 Maduración química en la caña de azúcar**

Font Quer (22), señala que el término correcto es “madurador” (que hace madurar); sin embargo, en la revisión de literatura aparece como “madurante” (participio activo de madurar, que madura).

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 el crecimiento artificial (madurantes químicos) (9).

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 substancia 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 (9).

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 (14).

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 madurante químico 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 Hawai, 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 Hawai, Mauricio, Florida, Louisiana, Puerto Rico, Brasil y Sudáfrica. Los productos que han mostrado los mejores resultados en el ámbito mundial son: Ethephon, glifosina N-M bifosfato metilglicina, 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, mostró un mejoramiento en la calidad de jugos de la caña, especialmente al comienzo y al final de la zafra (9).

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 cm, 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 la producción, es decir el tonelaje de caña obtenido por hectárea y el rendimiento en el contenido de azúcar por tonelada de caña (4).

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, ésta parte del tallo continúa creciendo y no almacena azúcar.

#### **4.1.5 Sistemas para controlar la maduración de la caña de azúcar**

Buenaventura (9), afirma que para cosechar caña en óptimo estado de maduración, se debe dar seguimiento a las manifestaciones de la planta durante su sazónamiento; estas manifestaciones pueden ser externas o internas. Dentro de las manifestaciones externas importantes se tiene:

- 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.
- 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 ha 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 (4).

#### **4.1.6 Efecto de la floración sobre la maduración en la caña de azúcar**

La floración es un proceso natural que ocurre cuando la planta ha 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 meduloso 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 (44).

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 (18).

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, hay inducción de floración, es decir que la flor puede aparecer en plantas desde los 6 hasta los 12 meses de edad (44).

Rodríguez, *et al* (43), determinó por medio de una investigación realizada bajo las condiciones del campo experimental de 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. Flogiata y Morín dicen que la calidad del jugo solamente es superior en las cañas florecidas, durante los primeros 5 meses, luego decrece hasta ser superada por las no florecidas.

Chaves Solera (18), 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 (lajas).
- Distribución retardada de nutrientes.
- El desarrollo se detiene.
- Enriquecimiento en azúcares en la parte superior del tallo.



- Formación descendente de médula en el tallo.
- Deshidratación de los tejidos.
- Baja recuperación de azúcar en el ingenio.

#### **4.1.7 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 deseca 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 (hojas) y con mayor contenido de sacarosa (9).

Se ha demostrado que la caña tratada con el madurante tiende a deteriorarse con menor rapidez después del corte que la no tratada. Esto 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 (26).

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.

#### **4.1.8 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 1,200 g de ingrediente activo/ha, sin embargo en aplicaciones a escala comercial se ha observado algunos efectos fitotóxicos consistentes en hojas albinas con macollamiento excesivo y tallos 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 (10).

Legendre (26), 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.

#### **4.1.9 Efecto de la época de aplicación del 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 diez 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 (49).

#### **4.1.10 Efectos del madurante en el crecimiento de la caña**

Según Villegas y Arcila (51), el crecimiento promedio de la caña es de 8 cm en cada semana en el período 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.

#### **4.1.11 Efecto del madurante en la producción**

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 (50).

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 menos de los 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 (51).

Por las dos razones anteriormente expuestas, las aplicaciones de madurante no tienen porqué afectar la producción de caña si se descogolla 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 (33).

#### **4.1.12 Altura de corte**

La altura de corte o descogolle de la caña, es definida por el rendimiento de 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 - alce, 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 (50).

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 (51).

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 poder descogollar más alto, representa mayor tonelaje cortado por día (50).

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 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 (4).

#### **4.1.13 Control de la maduración 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 (1).

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.

#### 4.1.14 La chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)

Gaviria (23), menciona que en general, para la empresa Pantaleón - Concepción, uno de los problemas económicos de trascendencia, en cuanto a la disminución de la población de caña de azúcar en los campos de "caña soca" lo constituye el insecto conocido como "chinche salivosa".

##### 4.1.14.1 Clasificación taxonómica de la chinche salivosa

Según Nuñez (35) y Avila (6), la chinche salivosa, conocida también como mosca pinta, chinche de espuma, salivazo, sapillo, candelilla, chinche o mosca coralilla, etc. Se encuentra clasificada taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino:	Animal
Phyllum:	Artrópoda
Clase:	Insecta
Subclase:	Pterygota
División:	Exopterygota
Orden:	Homóptera
Suborden:	<i>Auchenorrhyncha</i>
Superfamilia:	<i>Cercopoidea</i>
Familia:	<i>Cercopidae</i>
Subfamilia:	<i>Tomaspidinae</i>
Genero:	<i>Aeneolamia</i>
Especie:	<i>Aeneolamia</i> sp.

##### 4.1.14.2 Biología y hábitos de la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)

Las diferentes especies de chinche salivosa tienen en común la característica de alimentarse en su estado adulto de las láminas foliares de la caña de azúcar, provocando fitotoxemia causada por la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes, así como aminoácidos. Este estado patológico se

presenta después de pocos días con la aparición de manchas lineales cloróticas, las que paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas (hasta en un 92% del follaje dañado). Ello trae como consecuencia la disminución de la capacidad fotosintética de vastas áreas foliares, y producto de esto, se da una baja tasa de crecimiento, disminución del contenido de sacarosa en el tallo, reducción de los azúcares en el jugo, causando por ello pérdidas económicas a la agroindustria (16).

Fewkes (20), indica que la chinche salivosa es un insecto que posee aparato bucal "picador - chupador", con metamorfosis gradual en su desarrollo (paurometábolo). En cuanto a la distribución, puede decirse que es un insecto cuyo hábitat original está en las selvas húmedas y en la vegetación existente a orillas de los ríos; pero también se adapta a condiciones secas (pastizales). Se les puede encontrar desde los 0 hasta los 1480 msnm; causando daños en las praderas bajas.

#### 4.1.14.3 Daño e importancia económica de (*Aeneolamia* sp.)

Núñez (35), indica que el daño causado por la chinche salivosa al cultivo de la caña de azúcar puede dividirse en dos:

- El daño provocado por la ninfa al alimentarse de las raíces y tallos de la planta.
- El daño provocado por el adulto al alimentarse de los retoños y hojas.

Cuando el insecto se alimenta de las hojas, se puede observar, al principio pequeñas manchas de color amarillo - rojizo sobre la lámina foliar, posteriormente provoca la clorosis del follaje y la aparición de tejidos secos al borde de la hoja. Al alimentarse (picar y chupar) provocan una intoxicación sistémica, inyectando un líquido cáustico que además contiene ciertas enzimas que desdoblan el azúcar cristizable, esto afecta la calidad del azúcar. El aspecto de una plantación atacada se presenta como si estuviera afectada por una sequía intensa; las plantas no mueren pero sufren un retraso en su desarrollo y por ende la disminución del rendimiento en 5 u 8 ton/ha. Después, en las socas el ataque puede ser más intenso pues tanto ninfas como adultos causan mayor daño en los retoños que en una planta adulta (6). Los campos viejos de resoca (de 5 a 6 años) son los más propicios para el desarrollo de la chinche salivosa. Se considera que cinco ninfas por metro lineal de surco son suficientes para iniciar prácticas de control (23).

En el año de 1,993 la chinche salivosa afectó a 20,000 hectáreas de caña de azúcar, habiéndose realizado hasta cinco aplicaciones con insecticidas para controlarla en los casos más severos. Ese año se

caracterizó porque la época lluviosa se adelantó, lo que permitió el desarrollo de poblaciones muy altas, con el consecuente incremento de áreas fuertemente dañadas (quemadas por el insecto). Los porcentajes de área afectada durante 1994 y 1995 fueron de 16 y 15% del total de área cultivada respectivamente. El área afectada se incrementó proporcionalmente al aumento del área sembrada con caña de azúcar; durante dichos años el invierno se caracterizó por el atraso de la época lluviosa; por lo tanto de manera general el insecto no tuvo tiempo suficiente (mayor número de días con condiciones climáticas favorables) para causar mayor daño (éste es acumulado en el tiempo) debido a que hubo menor población de adultos atacando la caña de azúcar a lo largo del invierno (16).

Durante el año de 1996 se produjo un brote fuerte de la plaga, y coincide con el año 1993, en lo que respecta al adelanto del invierno. Los porcentajes del área afectada se incrementaron a un 27% y el área quemada se estimó en 10,000 hectáreas (6% del área sembrada). Las pérdidas estimadas son de 11 ton/ha, cuando el cañaveral llega a extremos de "quemado" del área foliar. Las pérdidas estimadas son de Q 5.5 millones, producto del valor de la caña en el campo (Q. 50.00/ton), dejándose de producir alrededor de 99,500 kilogramos de azúcar (218,900 quintales)(16). En cuanto al daño físico acumulado, se han definido cuatro niveles:

**Cuadro 1.** Niveles de daño foliar acumulado en caña de azúcar (*Saccharum spp.*), provocado por la chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*), propuesto por Carrillo *et al*, 1997 (16).

<b><u>NIVEL DE DAÑO</u></b>	<b><u>% DEL AREA FOLIAR DESTRUIDA</u></b>
1	0-5
2	6-25
3	26-40
4	>40

En los niveles de daño del 1 al 3 no se reportan daños de importancia económica, y se consideran zonas afectadas. Cuando el nivel de daño físico en el área foliar es mayor del 40%, se pueden alcanzar pérdidas de 8-11 toneladas de caña por hectárea, y se consideran zonas quemadas (3, 16).

## 4.2 MARCO REFERENCIAL

### 4.2.1.1 Localización y descripción del área experimental

La investigación fue llevada a cabo en la finca "Canoas", propiedad del Ingenio Madre Tierra, S.A. (ver figura 1), ubicada a 14°14'21" Latitud Norte y 91°59'35" Longitud Oeste, a una altura de 60 msnm, en la región fisiográfica del Litoral Pacífico, a una distancia de 154 kilómetros de la ciudad capital en jurisdicción del municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla, Guatemala. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge, realizada por De la Cruz (19), el área de estudio se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical (cálido).

### 4.2.1.2 Condiciones climáticas

Con base a los registros de los últimos años, obtenidos de la estación meteorológica tipo "C", del INSIVUMEH ubicada en Tiquisate, las condiciones climáticas promedio del lugar son las siguientes:

- Precipitación pluvial media anual: 2,421 mm.
- Temperatura mínima promedio anual: 27.4° C
- Temperatura máxima promedio anual: 28.4° C
- Temperatura promedio anual: 27.8° C

### 4.2.1.3 Condiciones de suelo

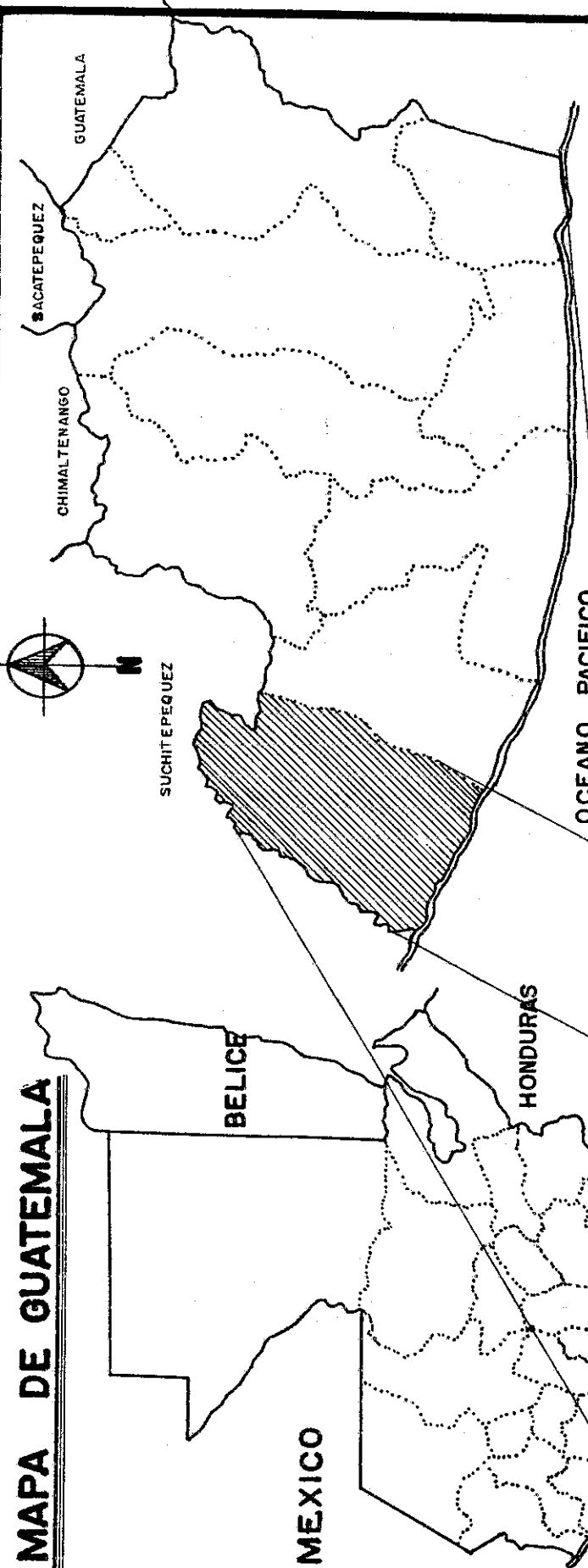
Según la clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala, elaborada por Simmons, Tarano y Pinto (46), la finca Canoas se encuentra dentro de la serie de suelos Tiquisate, con una profundidad que oscila entre 0.4 y 0.5 m, son suelos de color café, moderadamente drenados, desarrollados sobre ceniza de aluvión volcánica de color oscuro.

El relieve en general varía de plano a casi plano (0-5% de pendiente), predominando la textura franca suelta y franco arenosa fina.

El "Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala", realizado por Sánchez *et al*, durante 1993 a 1994 (45), que utiliza el sistema de clasificación de la U.S.D.A., ubica a la los suelos de la finca Canoas dentro del orden Mollisoles.



# MAPA DE GUATEMALA



## DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA

## MUNICIPIO DE TIQUISATE

<b>FAUSAC</b>	<b>PLANO DE UBICACION GEOGRAFICA</b>
<b>FINCA CANOAS TIQUISATE, ESC.</b>	<b>INGENIO MADRE TIERRA</b>
<b>FIGURA: 1</b>	<b>ESCALA: SIN ESCALA</b>

## **4.2.2 Sal isopropil amina de glifosato**

### **4.2.2.1 Características:**

Es un compuesto que posee propiedades de herbicida sistémico, no selectivo de utilización post-emergente, además posee una alta capacidad para translocarse o transportarse a través de toda la planta incluyendo rizomas y raíces (48). La molécula del compuesto es muy hidrosoluble y poco liposoluble, que reacciona con aguas duras,  $Fe^{++}$ ,  $Al^{++}$ , 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 es bioacumulable 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 período 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 desaparición rápida en el agua (33).

En cuanto a toxicología se refiere, el compuesto químico del glifosato (N-N fosfometil glicina) está 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 (48).

### **4.2.2.2 Modo de acción**

Es una molécula altamente sistémica, su movimiento se da por vía floema y es translocado por vía del xilema dentro de la planta, la absorción radicular es ineficiente dado que es de fácil fijación en el suelo debido a presencia de fosfanato, por lo tanto, no controla semillas, no se acumula, no se lixivia y no contamina las aguas (33).

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 reducción en la tasa de crecimiento y muerte a la planta por inanición (48).

### **4.2.2.3 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, es un producto que ha sido utilizado principalmente como herbicida en Guatemala y en otros países. Sin embargo, por ser un

ingrediente activo similar a la sal sódica de glifosato, que es conocida comercialmente como Polado, que es el madurante utilizado en muchas regiones cañeras como Colombia, 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 (CENICAÑA), han llevado a cabo diversos experimentos con anterioridad 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 (10, 33).

El modo de acción de la sal isopropil amina de glifosato en la caña de azúcar como madurante, es el efecto neutralizante realizado 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. Después de la aplicación del glifosato, los niveles de invertasa ácida disminuyen en la planta y con esto disminuyen también los niveles de azúcares reductores. Al ocurrir ambas condiciones se almacena una mayor cantidad de azúcares fotosintetizados en el tallo. El efecto neto es un nivel más alto de sacarosa en la planta, es decir una mayor acumulación de azúcar en el tallo (33).

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 o falas.

Varios estudios indican la clase de cambios bioquímicos que ocurren dentro de la planta luego de la aplicación del glifosato, sin embargo, ninguno de ellos explica completamente como se da el aumento del contenido de sacarosa en los tallos de la caña de azúcar (49).

Las recomendaciones para el uso son muy específicas y varían entre áreas cañeras y aún dentro de la misma área cañera. 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, etc.

El volumen de mezcla recomendado es de 18 a 38 litros por hectárea. Un volumen mayor no es necesario y un volumen menor puede reducir la efectividad, a la vez que aumenta el riesgo de pérdidas por deriva durante la aplicación (29).

Para la aplicación se utilizan aviones o helicópteros, con ambos se puede obtener buenos resultados siempre y cuando el equipo sea calibrado debidamente y la aspersión sea uniforme. El uso de aviones presenta ventajas en campos grandes y cuando hay que transportar la solución a grandes distancias; los helicópteros son más eficientes en campos pequeños e irregulares y en situaciones donde existen riesgos serios de deriva, que exigen de una mayor precisión en el vuelo y la aplicación; la diferencia radica en que con un avión se puede aplicar mayor cantidad de área por hora de vuelo (29).

#### **4.2.3 Variedad CP- 722086**

##### **4.2.3.1 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 pubescencia; es una variedad que florece en alto porcentaje (hasta 99%), de fácil corte y desbajado regular. Tiene buen retoño y se adapta a todo tipo de suelo, aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos poco profundos y arenosos (41). Su resistencia a sequía es intermedia y es resistente a aplicaciones de herbicida (12).

##### **4.2.3.2 Patología**

La CP- 722086 es una variedad resistente al carbón (*Ustilago scitaminea*) y altamente resistente a la roya (*Puccinia melanocephala* Hook & Arn); susceptible al mosaico, con un porcentaje de incidencia que oscila entre 10 y 50%; sin embargo, dicha enfermedad no afecta su desarrollo y crecimiento (41).

##### **4.2.3.3 Maduración**

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 porcentaje de floración se forma un tejido corchoso, empezando desde el tercio superior hacia abajo del tallo, lo que implica un despunte más abajo al momento del corte y cosecha, esto reduce la producción (41).

#### **4.2.3.4 Rendimiento**

Esta variedad produce buen tonelaje de caña por hectárea y un alto rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada tanto en experimentos como en plantaciones comerciales. En plantaciones comerciales se han obtenido rendimientos promedio de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 94.34 kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida en el ingenio. Produce un promedio de 130 ton/ha y un rendimiento de 108.18 kg de azúcar/ton de caña molida en el ingenio azucarero (41).

#### **4.2.3.5 Producción de fibra**

Se ha obtenido en algunos experimentos, de 12.7 a 14% de fibra en caña plantilla de 12 meses de edad, lo que se considera como adecuado (41).

#### **4.2.3.6 Importancia económica**

La importancia económica de esta variedad, radica en que se encuentra plantada aproximadamente en el 60% de la zona cañera del sur de Guatemala, es una de las que mejor respuesta ha presentado en producción, razón por la cual, se ha llevado a cabo una gran cantidad de investigaciones respecto a la misma (29).

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la acción del madurante químico glifosato en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), variedad CP-722086, con diferentes niveles de daño producido por chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)

### 5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 5.2.1 Determinar si existe diferencia en el rendimiento de azúcar en kg/TM (Tonelada métrica) de caña al utilizar glifosato como madurante en caña de azúcar variedad CP-722086 dañada por chinche salivosa.
- 5.2.2 Determinar si existe diferencia en el rendimiento kg de azúcar/TM de caña, en los diferentes niveles de daño foliar provocado por la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)
- 5.2.3 Determinar si existe efecto de interacción entre el nivel de daño foliar provocado por la chinche salivosa y la aplicación del madurante químico glifosato en el rendimiento de azúcar/TM de caña variedad CP-722086.
- 5.2.4 Determinar si la aplicación de glifosato como madurante químico es rentable, ante diferentes niveles de daño foliar provocado por chinche salivosa.

## 6. HIPOTESIS

- 6.1 No existe diferencia significativa en cuanto a aplicar o no aplicar glifosato como madurante en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) dañada por chinche salivosa (*Aeneolamia sp.*)
- 6.2 Existe diferencia en rendimiento de azúcar (kg/TM) en los diferentes niveles de daño foliar provocado por chinche salivosa.
- 6.3 Existe interacción entre la aplicación de glifosato como madurante y el nivel de daño provocado por chinche salivosa.
- 6.4 La aplicación de glifosato como madurante químico es rentable, en caña dañada por chinche salivosa.

## 7. METODOLOGIA

### 7.1 Factores evaluados

Se evaluó la combinación de dos factores de actual importancia dentro del proceso de cultivo de caña y producción de azúcar:

**Factor A:** El efecto de la aplicación del madurante químico glifosato en dosis de 463 g/ha de ingrediente activo, contra un testigo sin aplicación de madurante (2 niveles).

**Factor B:** El nivel de daño en el follaje de la caña de azúcar provocado por la chinche salivosa en un rango que osciló entre 0 y 70% (6 niveles).

La combinación de estos dos factores y sus diferentes niveles, dio como resultado 12 tratamientos. En el cuadro 2, se presenta la descripción de los 12 tratamientos evaluados en el ensayo.

**Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento de aplicación de madurante en caña de azúcar con diferentes niveles de daño foliar producido por chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.)**

TRATAMIENTO	MADURANTE	DAÑO FOLIAR
1	Glifosato 463 g/ha	<30%
2	Glifosato 463 g/ha	31-35%
3	Glifosato 463 g/ha	36-40%
4	Glifosato 463 g/ha	41-45%
5	Glifosato 463 g/ha	46-50%
6	Glifosato 463 g/ha	51-70%
7	sin madurante químico	<30%
8	sin madurante químico	31-35%
9	sin madurante químico	36-40%
10	sin madurante químico	41-45%
11	sin madurante químico	46-50%
12	sin madurante químico	51-70%

### 7.2 Descripción del material experimental

El ensayo fue realizado en lotes de cuarto corte de la variedad CP-722086. Se utilizó dicha variedad, debido a que esta es la más importante en la región cañera de Guatemala, por ocupar alrededor del 60% del total de la misma. Dichos lotes tuvieron el mismo manejo agronómico y fecha de corte (26/01/98). Las unidades experimentales fueron distribuidas en los lotes 11011, 11021 y 11081, 15 metros hacia adentro a partir del borde del pante. Cabe mencionar que en cada parcela de muestreo se determinó el nivel de daño de 20 tallos de caña.



### **7.3 Determinación del nivel de daño foliar**

Para determinar el nivel de daño foliar, se contó con el apoyo del Dr. Víctor Salguero Ph. D., Ing. Agr. Alvaro Leonardo y el Agr. Héctor Hidalgo, de CENGICAÑA, con quienes se elaboró una metodología para la evaluación y caracterización del daño provocado por chinche salivosa, basados en escalas de daño utilizadas por entomólogos como Gaviria (23) y por la empresa BASF (7), para la evaluación del daño provocado por royas en cereales.

Dicha metodología, consistió en enumerar 10 hojas en el tallo sin cortar, de arriba hacia abajo y luego evaluar visualmente el área necrosada, asignando un valor en porcentaje a cada una de las hojas, para luego obtener un promedio de los 10 datos. Este promedio será el nivel de daño para el tallo evaluado, expresándose en porcentaje (%) del total de área foliar dañada. Se utilizan las primeras 10 hojas, debido a que son 6 o 7 por lo regular las que se mantienen fotosintéticamente activas (13) y basados en una evaluación hecha previamente, es el número de hojas donde puede notarse daño provocado por chinche salivosa.

Se determinó el nivel de daño de 20 tallos de caña por parcela de muestreo, identificando los mismos con tarjetas de cartulina, en las que se escribió el nivel de daño determinado para cada tallo. Las tarjetas fueron colocadas dentro de bolsas plásticas para protegerlas de la lluvia y evitar la pérdida o confusión de datos.

### **7.4 Aplicación del madurante químico**

El madurante químico utilizado para el experimento fue glifosato, en una dosis de 463 g/ha de ingrediente activo (Roundup 1.28 l/ha). La aplicación fue realizada el día 30/10/98 (273 días después del último corte), entre las 6:00 y 8:00 AM. El equipo utilizado para la aplicación fue una avioneta "Trush Commander", equipada con un aguilón de 20 metros y boquillas "CP nozzle ficha #2", previamente calibradas. El volumen de mezcla promedio aplicado fue 27 l/ha.

La dosis de madurante utilizada es la que de acuerdo a la experiencia y criterio del Ing. Manuel Corado, encargado de aplicaciones de madurante del ingenio Madre Tierra le ha dado mejores resultados con la variedad CP-722086, bajo condiciones de la finca Canoas.

Para evitar la aplicación en lugares no deseados, se colocaron banderas de color rojo, señalando al piloto del avión con ayuda de un plano, el área que no debía ser aplicada con madurante. Para facilitar el

control de la aplicación, se contó con la colaboración del personal técnico del ingenio Madre Tierra, personal de Monsanto, personal de CENGICAÑA, Ing. Manuel Martínez y el Ing. Marco Tulio Aceituno, asesores del proyecto de investigación.

### 7.5 Variables evaluadas

Para evaluar el comportamiento de los distintos niveles de daño de chinche salivosa combinados con la aplicación de glifosato en dosis de 0 y 463 g/ha como madurante químico, se evaluó las siguientes variables cuantitativas:

#### 7.5.1 Rendimiento de azúcar en kg/TM de caña:

Se realizó un muestreo al momento de la cosecha (46 días después de la aplicación del madurante), utilizando para esto los tallos cuyo nivel de daño fue determinado previamente. Las muestras tomadas estaban compuestas por cuatro tallos con un nivel de daño similar, estos fueron seccionados en trozos de 30 cm para facilitar su transporte. Se identificó las muestras utilizando etiquetas de cartulina y cuerda plástica para amarrar los paquetes, para luego trasladarlos al laboratorio de química de CENGICAÑA para que fueran analizados. Luego de realizar los análisis respectivos a cada muestra, el laboratorio reportó grado Brix, grado Brix corregido, % de pureza y rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña (esta última variable fue transformada a kg/TM de caña).

#### 7.5.2 Producción de azúcar en TM (toneladas métricas) de azúcar/ha:

Esta variable se determinó al relacionar las TM de caña/ha producidas y el rendimiento de azúcar (kg/TM de caña) del muestreo realizado al momento de la cosecha (siete semanas después de la aplicación del madurante).

### 7.6 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar desbalanceado (con 3 y 4 repeticiones), con arreglo combinatorio, debido a que la distribución del daño dentro de la plantación y la combinación de los factores de estudio no permitió el bloqueo de los tratamientos, además, las condiciones de suelo, topografía, humedad y clima fueron consideradas como homogéneas en el área experimental.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = variable respuesta del rendimiento (kg de azúcar/TM de caña, TM de azúcar/ha).

$\mu$  = media general.

$\alpha_i$  = efecto de la  $i$ -ésima modalidad del factor A (aplicación de madurante).

$\beta_j$  = efecto de la  $j$ -ésima modalidad del factor B (nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa).

$\alpha\beta_{ij}$  = efecto de la interacción de los factores A y B.

$\epsilon_{ijk}$  = error experimental.

## 7.7 Análisis de la información obtenida

### 7.7.1 Análisis de varianza:

Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) respectivo a las variables evaluadas. Las variables analizadas fueron las siguientes:

- Kg de azúcar/TM de caña.
- TM (Toneladas métricas) de azúcar/ha.

### 7.7.2 Prueba de determinación de significancia entre medias:

Las pruebas de significación de medias de Tukey, se realizaron cuando el ANDEVA reportó diferencia significativa entre tratamientos, para determinar jerarquía entre los tratamientos evaluados.

### 7.7.3 Análisis de Regresión:

Se analizaron modelos de regresión lineal, cuadrática, cúbica y logarítmica, agrupando los datos para el factor aplicación de madurante; utilizando el factor nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa como variable independiente, para formular un modelo que se ajustara lo más posible y explicara el comportamiento de la variable dependiente: rendimiento en kg de azúcar/TM de caña. Esto con el afán de determinar en cuanto disminuye el rendimiento al aumentar el nivel de daño foliar, en ambas modalidades del factor madurante.

Para facilitar el análisis estadístico de las variables mencionadas, se utilizó una computadora personal del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), y el programa de análisis estadístico SAS.

#### 7.7.4 Análisis económico:

Para realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados, se utilizó el método de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), propuesto por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), citado por Sitún (47) y Murcia (34).

Se elaboró un presupuesto parcial, considerando solo aquellos costos que variaron entre tratamientos. Para este caso en particular el costo de la aplicación de glifosato como madurante y el beneficio neto. El rendimiento promedio de cada tratamiento en TM de azúcar/ha, se obtuvo a partir de los resultados experimentales. Se determinaron los costos que varían (CQV) para cada tratamiento, incluyendo en este rubro los costos del producto aplicado (CP), costos de aplicación (CA) y costos de trazo y estaquillado (CT).

$$CQV = CP + CT + CA$$

El beneficio bruto (BB) se obtuvo al multiplicar el rendimiento promedio (TM de azúcar/ha), por el precio actual del azúcar en el mercado internacional (US\$) y el cambio del día para la moneda extranjera, para obtener el precio del producto final (PPF).

$$BB = PPF * TM \text{ de azúcar/ha}$$

El beneficio neto (BN) de cada tratamiento se determinó al restar los costos que varían (CQV) a los beneficios brutos (BB) de cada tratamiento.

$$BN = BB - CQV$$

Seguidamente se elaboró un análisis de dominancia, para seleccionar los tratamientos que sobresalieran, basados en el mayor beneficio neto y el menor costo que varía, ordenando los tratamientos de menor a mayor costo que varía (CQV). Considerando que un tratamiento es dominado cuando no supera los beneficios netos de otro tratamiento con menor costo (47).

Se calculó la Tasa Marginal de Retorno (TMR), la cual resulta del incremento en los beneficios netos ( $\Delta BN$ ), dividido el incremento en los costos que varían ( $\Delta CQV$ ), para determinar que tratamiento presentaba la mejor opción.

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

## 8. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos para cada una de las variables evaluadas, fueron tabulados, elaborando matrices en hojas electrónicas para poder realizar el análisis estadístico y económico propuesto en la metodología.

### 8.1 Kg de azúcar/TM de caña:

El efecto directo del glifosato y de cualquier otro producto utilizado como madurante químico, se refleja en la acumulación de sacarosa en los tallos de caña, por lo cual la variable principal del estudio es el rendimiento de azúcar obtenido en cada uno de los doce tratamientos evaluados. Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 3), se encontraron diferencias significativas para el factor madurante, al reportarse valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.0424$ ). Para los factores nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa y para la interacción de ambos factores se presentaron valores de probabilidad superiores al nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.2194$  y  $Pr > F = 0.5647$ , respectivamente).

**Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza realizado a la variable rendimiento de azúcar (kg/TM).**

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Pr > F
Madurante	1	304.0939	304.0939	4.33	0.0424 *
Nivel de Daño	5	512.1328	102.4265	1.46	0.2194 NS
Mad. * N.D.	5	275.7506	55.1501	0.79	0.5647 NS
Error	51	3579.0228	70.1769	-	-
Total	62	4974.8697	-	-	-

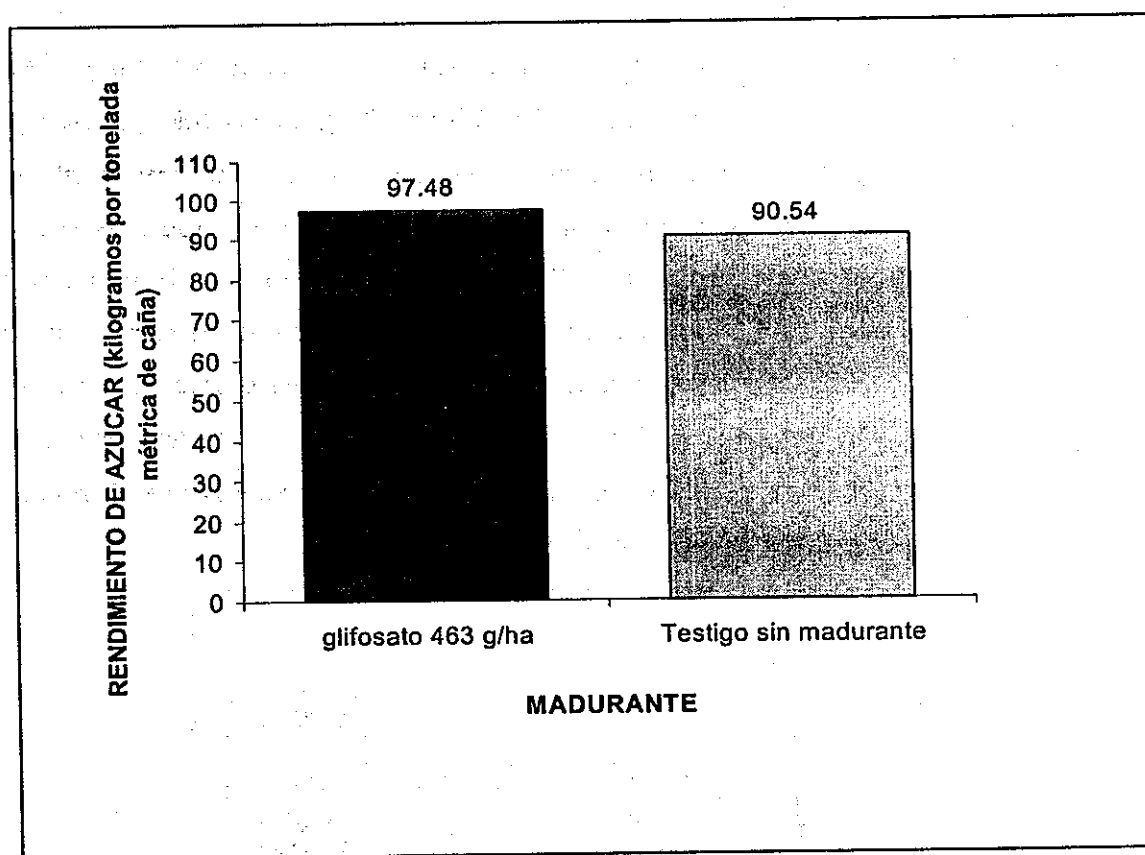
Coefficiente de Variación = 8.88 %

Por lo anterior se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey para el factor madurante (Cuadro 4). El análisis indicó que la mayor media de rendimiento de azúcar en kilogramos/TM de caña, se obtuvo al aplicar glifosato, obteniéndose en promedio 97.48 kg de azúcar/TM de caña.

**Cuadro 4. Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico de 5% ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor aplicación de madurante en caña de azúcar *Saccharum* spp. variedad CP-722086, dañada por chinche salivosa *Aeneolamia* sp.**

Madurante	Media de Rendimiento (kg/TM)	Grupo
glifosato 463 g/ha	97.485	A
sin madurante	90.537	B

El testigo sin aplicación de madurante químico, registró una media de rendimiento de 90.54 kg de azúcar/TM de caña, la diferencia entre medias es de 6.94 kg de azúcar, esto se ilustra en la figura 2.



**Figura 2. Comparación del rendimiento de azúcar (kg/TM de caña) para los niveles evaluados del factor madurante.**

Esto determina que aún bajo los diferentes niveles de daño foliar, el glifosato utilizado como madurante incrementó el contenido de azúcar en los tallos de caña de la variedad CP-722086. En condición adversa por el necrosamiento o quemadura producida por el ataque de los adultos de chinche salivosa, se incrementó en 6.94 kg de azúcar con relación al testigo. Esto debido probablemente a la

supresión del crecimiento en el meristemo apical, por lo que la planta cambió su actividad metabólica y se dedicó a la acumulación de sustancias de reserva en el tallo (sacarosa).

El efecto de acumulación de azúcar, es debido a que el glifosato tiene un efecto neutralizante sobre las invertasas ácidas, lo que conlleva a la disminución de la concentración de azúcares reductores (glucosa y fructosa). La invertasa ácida es clave en la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa para su aprovechamiento en el metabolismo de la planta (respiración y crecimiento). Al darse las dos condiciones mencionadas, la planta almacena una mayor cantidad del azúcar fotosintetizado en el tallo, debido a que no consume dicha energía para procesos metabólicos.

A pesar de no registrarse diferencias significativas, se efectuó una comparación de medias utilizando una gráfica para el factor nivel de daño foliar (Figura 3), observando que el mayor rendimiento de azúcar lo registró el grupo de cañas que presentó un nivel de daño foliar menor al treinta por ciento (<30%), con un promedio de 99.16 kg de azúcar/TM de caña, seguido en orden descendente por el nivel de daño foliar entre 31-35%, con una media de 95.54 kg de azúcar/TM de caña. El menor rendimiento, lo presentó el nivel de daño entre 36-40%, con un promedio de 90.23 kg de azúcar/TM de caña y el grupo con nivel de daño entre 51-70%, con un promedio de 90.45 kg/TM. Esto hace pensar en una disminución del rendimiento a medida que aumenta el nivel de daño foliar por chinche, esto debido a que la planta gasta energía en recuperar el tejido perdido y su capacidad de fotosintetizar se ve disminuida en forma directamente proporcional por la reducción del área foliar.

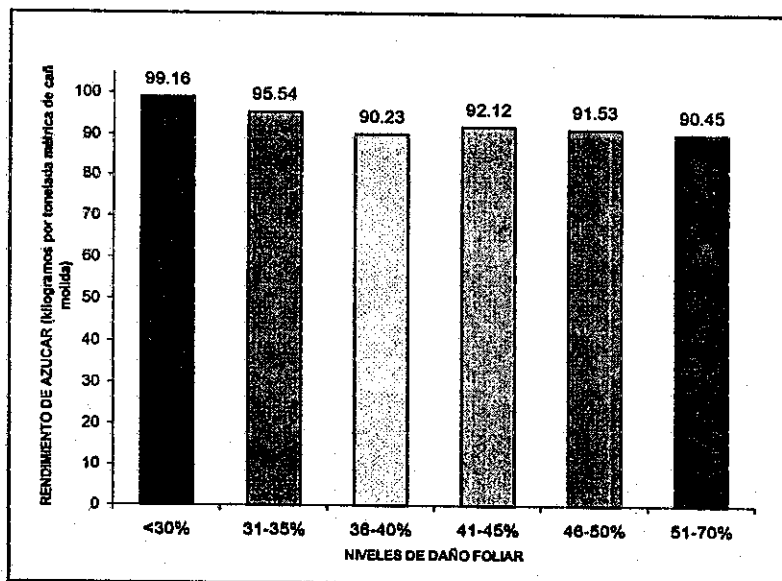


Figura 3. Rendimiento de azúcar (kg/TM) de los diferentes niveles del factor daño foliar (%) evaluados.

La interacción de los dos factores evaluados y sus diferentes niveles, dio como resultado doce tratamientos, a pesar de no registrarse diferencias significativas en el análisis de varianza, pudo observarse, el mayor promedio de rendimiento fue reportado por el testigo sin aplicación de madurante, con un nivel de daño menor a treinta por ciento (sin madurante + nivel de daño < 30%), con 100.14 kg de azúcar/TM de caña, el segundo lugar lo ocupó el tratamiento aplicado con glifosato con un nivel de daño entre cuarentiuno y cuarenticinco por ciento (glifosato + nivel de daño 41-45%), reportando 99.35 kg de azúcar/TM de caña, seguido por el tratamiento glifosato con nivel de daño menor al treinta por ciento (glifosato + nivel de daño <30%), con un promedio de 98.91 kg de azúcar/TM de caña. A pesar que el mejor rendimiento se obtuvo en la caña sin daño foliar y sin madurante químico, debe considerarse que al no aplicar, se observa el apareamiento de floración y formación de médula corchosa, lo cual redonda en pérdidas de azúcar en la fábrica, ya que el corcho y la basura disminuyen los rendimiento en el ingenio. En general pudo observarse que los tratamientos en los que se utilizó glifosato como madurante, presentaron mejor rendimiento de azúcar que los tratamientos con niveles de daño foliar similares en los que no se aplicó madurante químico (testigo), el glifosato incrementó el rendimiento de azúcar, independientemente del nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa, debido a que las funciones metabólicas de la planta cesan y se da una mayor acumulación de azúcar. Esto se ilustra en la figura 4.

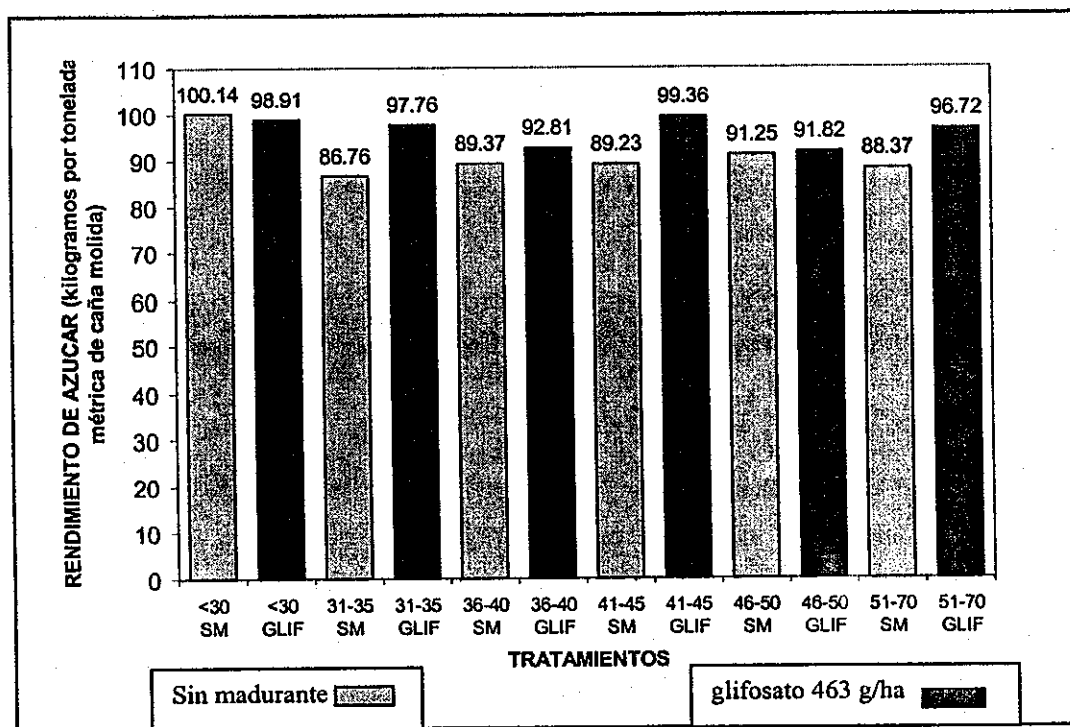


Figura 4. Promedios de rendimiento de azúcar en kg/TM de caña de los doce tratamientos evaluados.



En lo que al análisis de regresión simple se refiere, se evaluaron modelos de regresión lineal, cuadrático, cúbico, y logarítmico, tratando de buscar un modelo que se ajustara y explicara la variación de rendimiento de azúcar debida al daño foliar provocado por chinche salivosa. Se separó para el factor aplicación de madurante, ya que el comportamiento en cada uno de los casos fue distinto, observándose una tendencia a mayores pérdidas en la modalidad sin aplicación, a medida que aumentaba el nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa, mientras que en la modalidad aplicación con glifosato, la disminución en el rendimiento de azúcar conforme aumenta el nivel de daño presenta una menor magnitud, siendo probable que el madurante actúe como un amortiguador de la disminución del rendimiento producto del daño de chinche salivosa. A pesar de que varios modelos se ajustaron para ambos casos, puede decirse que los mismos explican en un bajo porcentaje el fenómeno estudiado ( $R^2$ ).

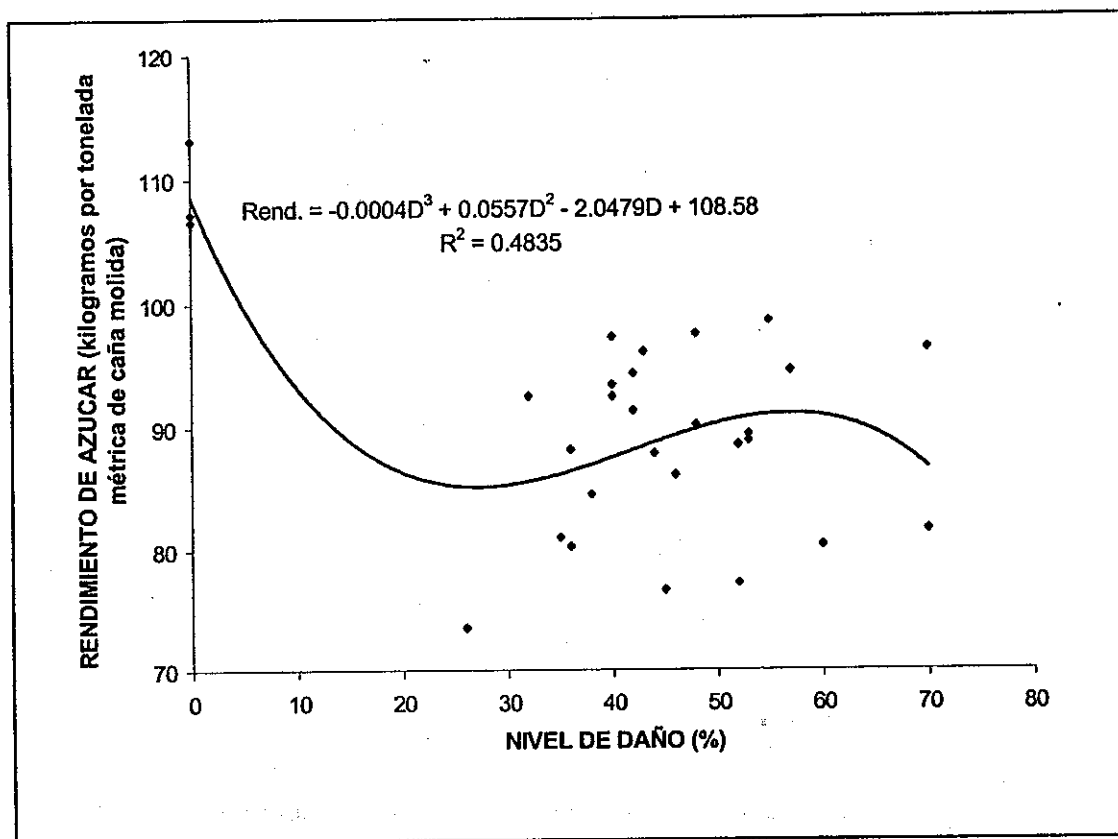
Un resumen de los resultados del análisis de regresión practicado (agrupando para el factor aplicación de madurante), entre las variables nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa (variable independiente) y rendimiento de azúcar en kg/TM de caña (variable dependiente), se presenta en el cuadro 3, los datos detallados para cada modelo analizado, pueden consultarse en el anexo.

**Cuadro 5. Resumen de los análisis de regresión realizados entre las variables nivel de daño foliar (%) provocado por chinche salivosa (variable independiente) y rendimiento de azúcar (kg/TM de caña).**

Madurante	SM	SM	SM	SM	CM	CM	CM	CM
Modelo	Lineal	Cuadrát.	Cúbico	Logarít.	Lineal	Cuadrát.	Cúbico	Logarít.
Intercepto	101.33	107.16	108.57	62.87	101.72	104.83	104.12	107.09
D	-0.26	-0.8169	-2.0479	6.7049	-0.139	-0.4078	-0.2389	-3.0123
D <sup>2</sup>	-	0.0085	0.0557	-	-	0.0043	-0.0025	-
D <sup>3</sup>	-	-	-0.0004	-	-	-	0.00007	-
R <sup>2</sup>	0.24	0.397	0.4835	0.0474	0.0923	0.137	0.142	0.0386
Pr>F	0.0069	0.0014	0.0008	0.2848	0.0806	0.1015	0.1976	0.2891

D= Nivel de daño. CM= Con madurante. SM= Sin madurante.

El comportamiento de los datos de rendimiento con respecto al nivel de daño en caña sin aplicación de madurante (testigo), no es explicado por los modelos de regresión evaluados, pero es explicada en mayor porcentaje ( $R^2=0.4835$ ) por el modelo cúbico, esto se ilustra en la figura 5.



**Figura 5. Comportamiento del rendimiento de azúcar en caña de azúcar sin aplicación de madurante al aumentar el nivel de daño foliar de chinche salivosa.**

Aunque los modelos de regresión evaluados no explican el comportamiento de los datos de rendimiento de azúcar en caña aplicada con glifosato como madurante, el modelo que más se ajustó fue el modelo cuadrático, con un  $R^2=0.137$ , lo que nos dice que el comportamiento del rendimiento es debido en un 14% al incremento en el nivel de daño foliar producido por la chinche salivosa. La figura 6, ilustra lo anteriormente descrito.

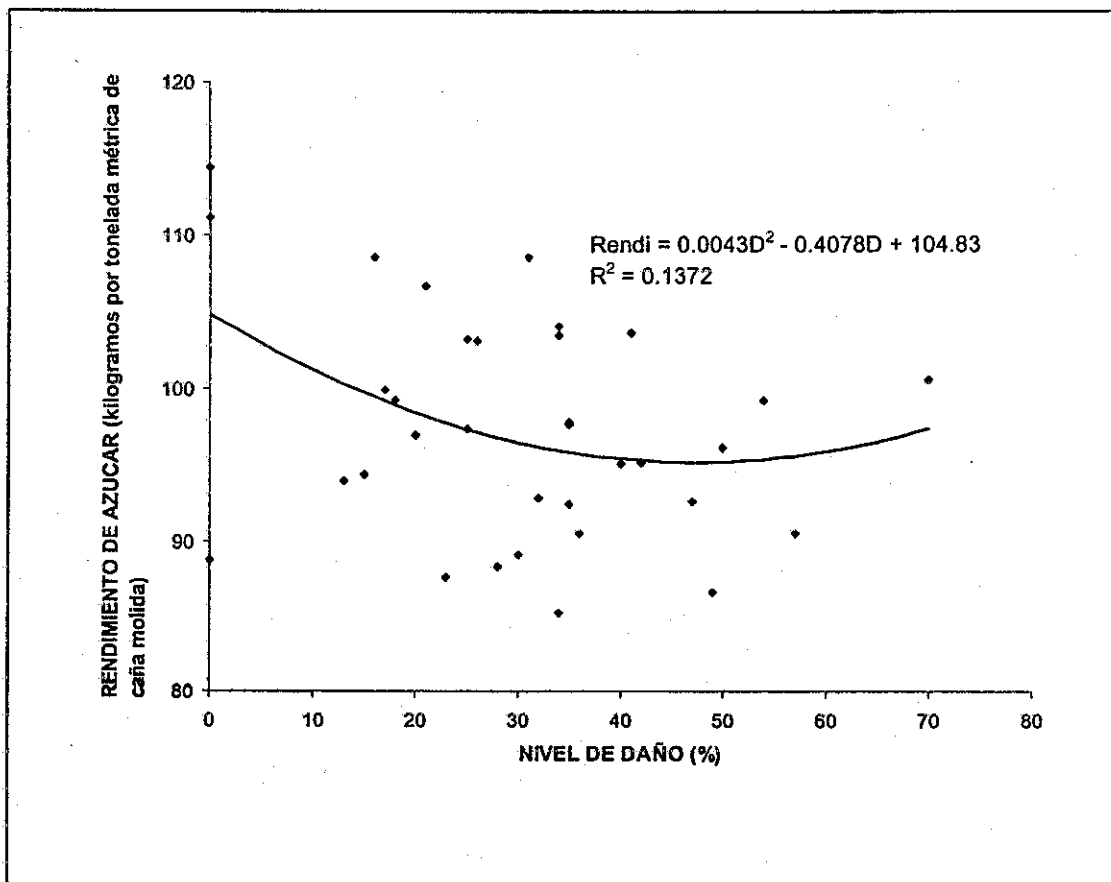


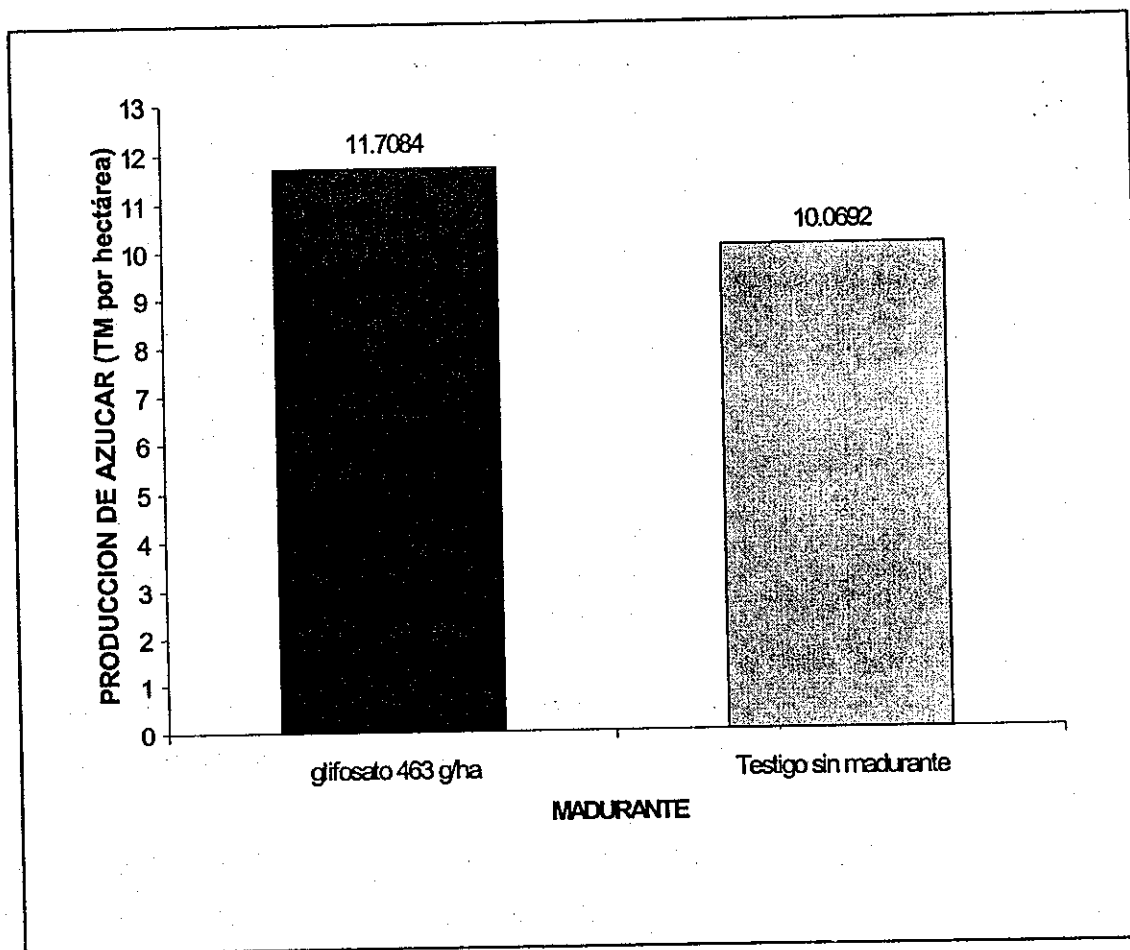
Figura 6. Comportamiento del rendimiento de azúcar en caña aplicada con madurante, al aumentar el nivel de daño de chinche salivosa.

## 8.2 Toneladas métricas (TM) de azúcar/ha:

Esta variable se obtuvo relacionando el rendimiento en kg de azúcar/TM de caña y las TM de caña/hectárea obtenidas al momento de la cosecha. El análisis de varianza (cuadro 5A) realizado a esta variable, encontró diferencia estadística altamente significativa para el factor aplicación de madurante, con un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.0001$ ).

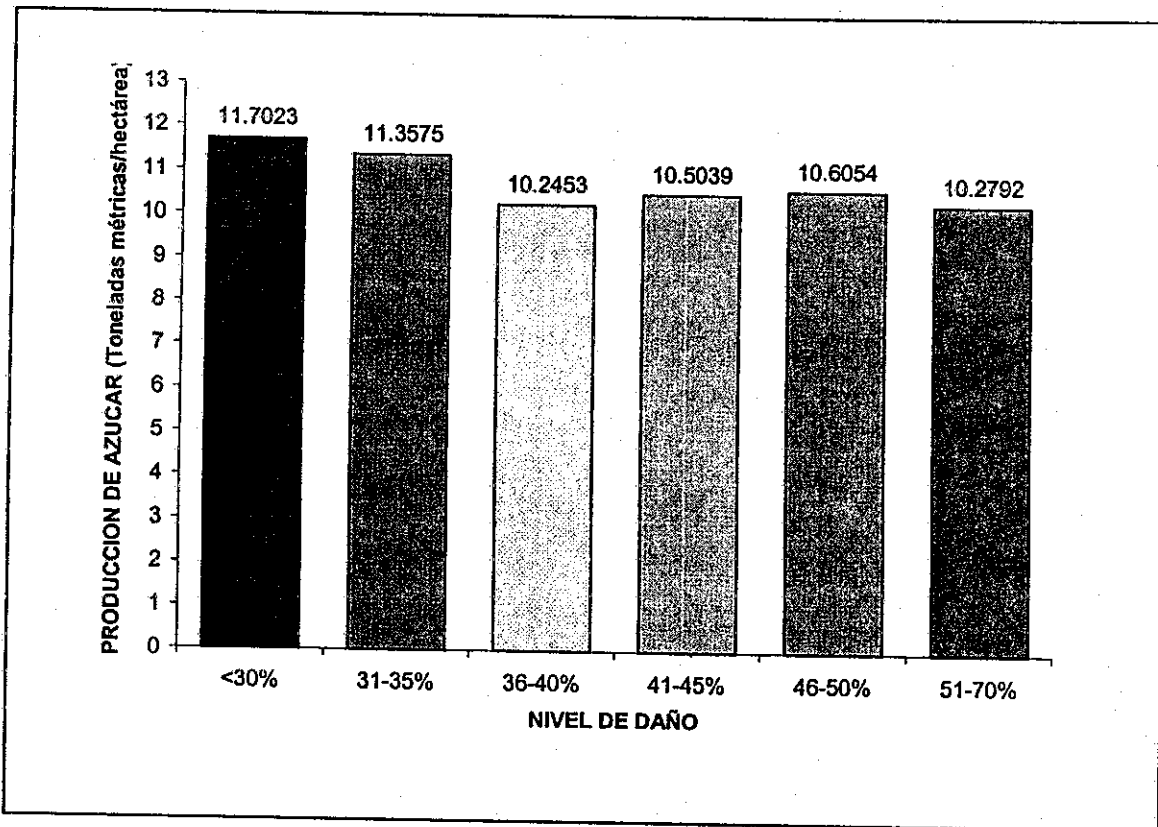
Una comparación gráfica de las medias de producción de azúcar en kilogramos por hectárea para el factor aplicación de madurante, se muestra en la figura 7, reportándose una diferencia de 1.6392 TM de azúcar/ha a favor del tratamiento aplicado con glifosato como madurante, el cual reportó un promedio de 11.7084 TM/ha de azúcar, comparado con el tratamiento testigo sin aplicación de madurante químico, que reportó un promedio de 10.0692 TM/ha de azúcar. Esto debido a que la aplicación de glifosato como madurante disminuye las funciones metabólicas de respiración y crecimiento en la planta, lo que redundó en una mayor acumulación de sacarosa en los tallos; mientras el testigo sin aplicación de madurante continuó sus funciones metabólicas a un ritmo acelerado por la pérdida de área fotosintética, lo que da

como resultado una disminución en la tasa de acumulación de sacarosa en los tallos, además de la degradación de la sacarosa como reacción de defensa por parte de la planta debida a la presencia de toxinas y enzimas inyectadas por el insecto al picar la vaina foliar.



**Figura 7. Promedios de producción de azúcar/ha de las dos modalidades del factor aplicación de madurante.**

Para el factor nivel de daño foliar, el análisis de varianza reportó valores de probabilidad que sobrepasaron el nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.2313$ ), lo cual indica que no existió diferencia estadística significativa entre los promedios de producción de azúcar por hectárea en los niveles de daño foliar evaluados. Sin embargo, se efectuó una comparación por medio de una gráfica (Figura 8), siendo el nivel de daño foliar  $< 30\%$  (11.7023 TM de azúcar/ha) y 31-35% (11.3573 TM de azúcar/ha), los que reportaron el mayor promedio de producción de azúcar por hectárea. El resto de los niveles evaluados, reportaron promedios de producción de azúcar/ha, que mostraron tendencia de disminución de la producción conforme se aumenta el nivel de daño foliar.



**Figura 8. Producción de azúcar/ha (TM) de los niveles de daño foliar de chinche salivosa evaluados.**

La diferencia entre los niveles evaluados en esta variable, indica que probablemente el daño de la chinche salivosa tuvo un mayor efecto sobre la producción (TM/hectárea), sin descartar que existió una disminución en el rendimiento de azúcar (kg/TM de caña).

La interacción de los factores estudiados (aplicación de madurante y nivel de daño foliar), reportó en el análisis de varianza, un valor de probabilidad que sobrepasó el nivel crítico de 0.05 ( $Pr > F = 0.4619$ ), lo cual determina que no existió diferencia estadística significativa entre el promedio de producción de azúcar/ha de los tratamientos evaluados. Sin embargo se observó un mayor promedio de producción de azúcar en el tratamiento glifosato + nivel de daño foliar 41-45% (11.9823 TM/ha) y el tratamiento glifosato + nivel de daño foliar <30% (11.8153 TM/ha), seguido en orden descendente por el tratamiento glifosato + nivel de daño foliar 31-35%. El promedio de producción de azúcar de cada uno de los tratamientos evaluados, se ilustra en la figura 9, donde se nota que en los seis niveles de daño, la caña aplicada con glifosato reportó mayor producción de azúcar/ha.

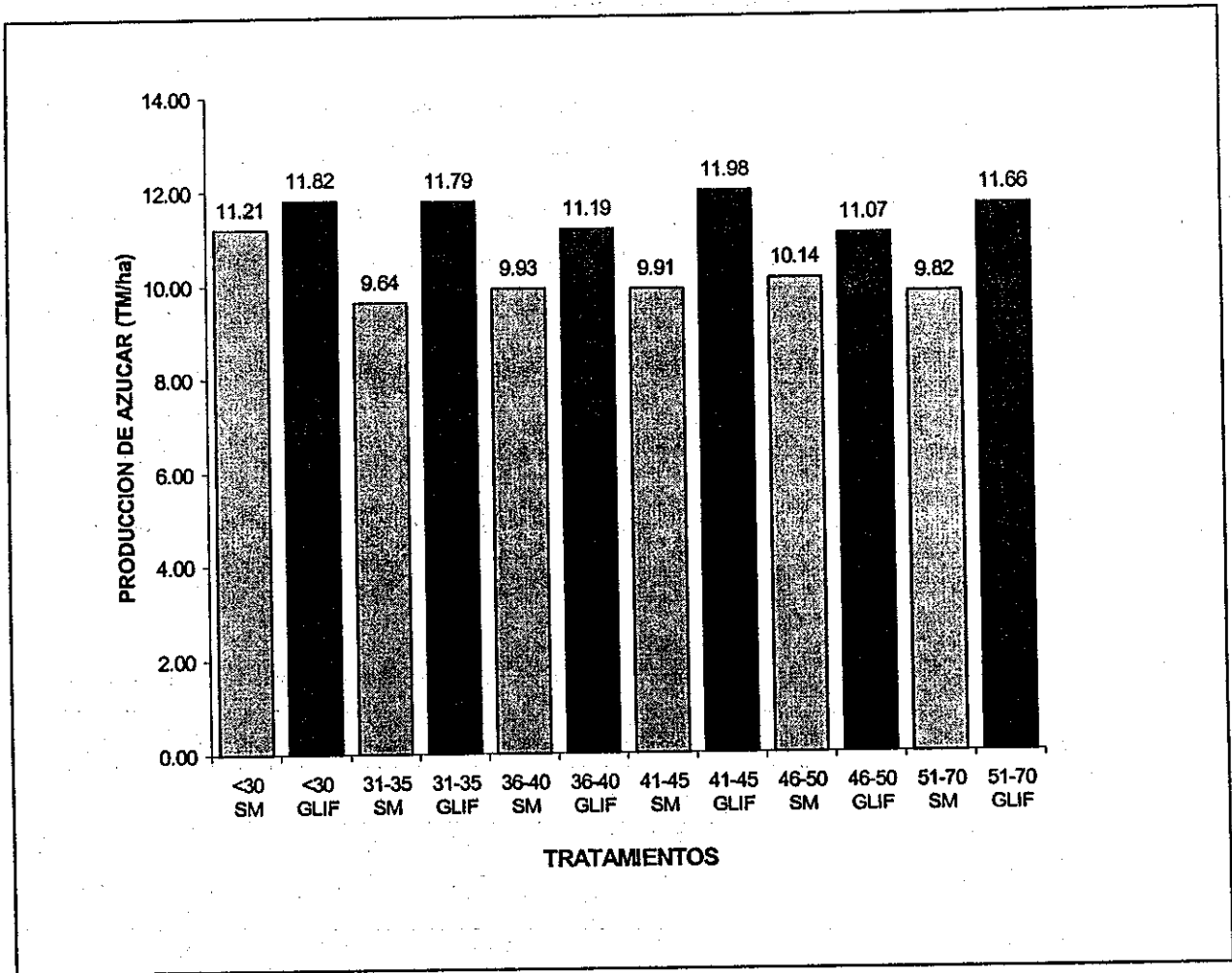


Figura 9. Producción de azúcar (TM/ha) de los tratamientos evaluados.

### 8.3 Análisis económico de los tratamientos evaluados:

Para llevar a cabo el análisis económico de los tratamientos evaluados, se utilizó la metodología de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), determinada utilizando el promedio de producción de azúcar en TM/ha de cada uno de los tratamientos evaluados. En el cuadro 4, puede observarse las diferentes combinaciones (resultado de la aplicación de madurante y los diferentes niveles de daño foliar producido por chinche salivosa) o tratamientos, seleccionados a partir del análisis de dominancia (Cuadro 10A). La mayor tasa marginal de retorno la proporciona el tratamiento 10 (glifosato + nivel de daño foliar 41-45%), con un valor de 351.94%, lo cual representa una proporción 3.5194/1. Esto significa que por cada quetzal invertido, se recupera Q. 1.00 y además se obtienen Q. 3.52, al utilizar el glifosato como madurante químico en dosis de 463 g/ha.

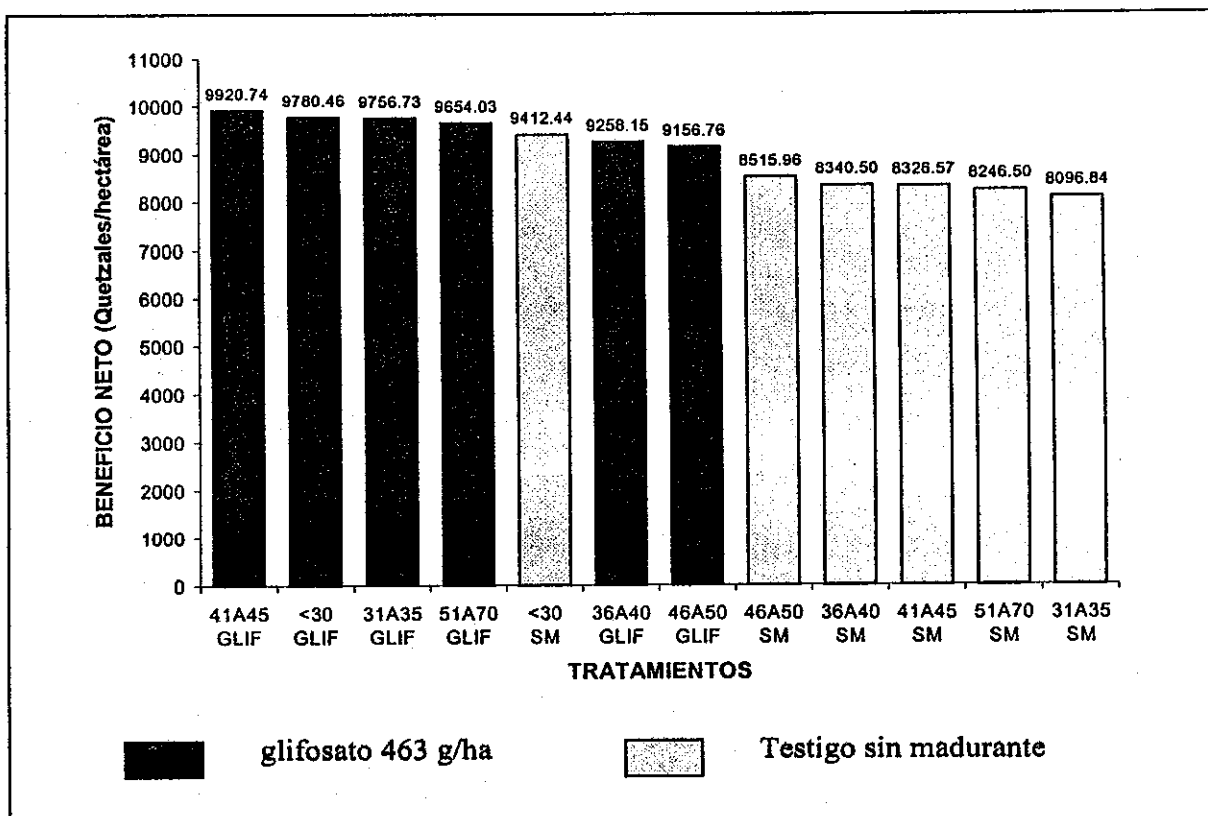
**Cuadro 6. Determinación de la tasa marginal de retorno (TMR) de los tratamientos evaluados.**

TRAT	MAD	ND	CQV(Q)	BN(Q)	-CQV(Q)	-BN(Q)	TMR	TMR(%)
1	TEST	<30%	0	9412.44	-	-	-	-
7	GLIF	<30%	144.43	9780.46	144.43	368.03	2.55	254.81
8	GLIF	31-35%	144.43	9756.73	144.43	344.30	2.38	238.38
10	GLIF	41-45%	144.43	9920.74	144.43	508.30	3.52	351.94
12	GLIF	51-70%	144.43	9654.03	144.43	241.59	1.67	167.27

#### Referencias:

TRAT=	Número de tratamiento evaluado.	CQV(Q) =	Costos que varían en quetzales
MAD=	Modalidad de aplicación de madurante.	BN(Q) =	Beneficio neto en quetzales.
TEST=	Testigo sin aplicación de madurante.	-CQV(Q) =	Diferencia entre CQV(Q).
GLIF=	glifosato a dosis de 463 g/ha.	-BN(Q) =	Diferencia entre BN(Q).
ND=	Nivel de daño foliar.	TMR =	Tasa marginal de retorno.

Puede observarse que el tratamiento que mayor beneficio neto presenta es el glifosato + nivel de daño foliar entre 41 y 45%, con Q.9,920.74/ha, seguido por el tratamiento glifosato + nivel de daño foliar <30% (Q.9,780.46/ha) y el tratamiento glifosato + nivel de daño foliar entre 31 y 35% (Q. 9,756.73/ha). Una comparación de los beneficios netos de cada uno de los tratamientos se ilustra en la figura 10.



**Figura 10. Beneficio neto de los tratamientos evaluados en el ensayo.**

Al efectuar el análisis económico para el factor madurante (Cuadro 10A), la tasa marginal de retorno para la modalidad aplicación de madurante se incrementa a 853.35%, y los beneficios netos obtenidos se incrementan a Q.1232.50/ha, con lo cual se demuestra la rentabilidad de la aplicación del glifosato como madurante en caña de azúcar variedad CP-722086.



## 9. CONCLUSIONES

- 9.1 La aplicación de glifosato en dosis de 463 gramos por hectárea, como madurante químico en caña de azúcar de la variedad CP-722086, reportó un incremento de rendimiento de 6.94 kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña molida.
- 9.2 El rendimiento de azúcar por tonelada métrica de caña para el factor nivel de daño producido por chinche salivosa, no presentó diferencia significativa, pero en general se pudo observar que disminuyó conforme se incrementó el nivel de daño foliar (%) producido por chinche salivosa.
- 9.3 La producción de azúcar por hectárea, reportó un incremento promedio de 1.6392 toneladas métricas, al aplicar glifosato a razón de 463 g/ha (11.7084 TM/ha), respecto al testigo sin madurante (10.0692 TM/ha).
- 9.4 El aplicar glifosato en dosis de 463 g/ha como madurante en caña de azúcar de la variedad CP-722086, es rentable en caña dañada por chinche <30% (tasa marginal de retorno = 254.81%), entre 31 y 35% (tasa marginal de retorno = 238.38%) y entre 41 y 45% (tasa marginal de retorno = 351.14%), por lo cual puede deducirse que dicha práctica es económicamente adecuada.

## 10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Aplicar glifosato en los lotes de caña que presenten un nivel de daño <40% (no quemados), pues se obtiene buenos incrementos en rendimiento.
- 10.2 Llevar a cabo investigaciones similares a escala experimental en otras variedades de caña de azúcar comercialmente importante, con otras dosis de glifosato, en otras localidades de la zona cañera de Guatemala.
- 10.3 Realizar investigaciones a escala semi-comercial y comercial, para validar los resultados de la presente investigación.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. **ALCALA CASTELLANOS, H.** 1987. El control del sazonado y la maduración de la caña de azúcar en México. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Col.). Memorias. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. v.2, p. 497-508.
2. **AMAYA ESTEVEZ, A.** 1986. Morfología de la caña de azúcar. En: El cultivo de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. p. 13-26.
3. **ANLEU FORTUNY, B.** 1997. Efecto del daño ocasionado por la chinche salivosa *Aeneolamia* sp. en las áreas de caña de azúcar cosechadas en la zafra 1996/1997. EPSA-Diagnóstico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36 p.
4. **ARCILA ARIAS, J.** 1986. Maduración química de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. En: El cultivo de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. p. 323-346.
5. **ASOCIACION DE AZUCAREROS DE GUATEMALA.** 1997. Informe anual 1996-1997. Guatemala, ASAZGUA. 20 p.
6. **AVILA PESQUERA, J.** 1996. Evaluación del número de trampas para el monitoreo de chinche salivosa *Aeneolamia* sp. en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. en La Democracia, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 42 p.
7. **BASF, RESEARCH & DEVELOPMENT (GERMANY).** 1989. Methods for the layout an evaluation of field trials. 2 ed. Federal Republic of Germany. p. 299-325.
8. **BOESCHE, A.** 1996. La situación del azúcar; el caso de Guatemala. Guatemala, ASAZGUA. 24 p.
9. **BUENAVENTURA, C.** 1986. Evaluación de la aplicación de madurantes químicos en el cultivo de la caña de azúcar en Colombia. En: El Cultivo de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. p. 309-321.
10. \_\_\_\_\_; **YANG, S.J.** 1985. Efecto del Roundup sobre la calidad y producción de caña de azúcar de las variedades PR 61632 y POJ 2878 a diferentes edades. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. v.2, p. 527-559.
11. **BUENAVENTURA, C. et al.** 1992. Evaluación del efecto del glifosato como madurante en cinco variedades de maduración tardía. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento Técnico no. 2. 39 p.
12. **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.

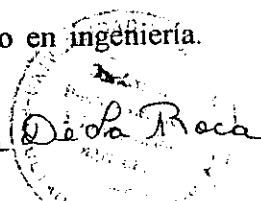
13. **CASTRO, P.R.** 1976. Fisiología de la caña de azúcar. Traducido por B. Ortiz Villanueva. México, Instituto para el Mejoramiento de la Producción Azucarera. 63 p.
14. \_\_\_\_\_ 1998. Maturadores químicos em cana-de-açucar *Saccharum* sp. Piracicaba, Brasil, Universidade de São Paulo. 14 p.
15. **CEBALLOS CASTILLO, L.F.** 1996. Establecimiento de la cría de chinche salivosa *Aeneolamia* sp. Informe Práctica Profesional Supervisada. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Sur. p. 4-6.
16. **CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR.** 1997. El problema de la chinche salivosa *Aeneolamia* sp. para la industria azucarera guatemalteca y plan de acción para su control. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala. 43 p.
17. **COMITE PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE LA CAÑA DE AZUCAR.** 1998. Manejo integrado de la chinche salivosa en caña de azúcar. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 33 p.
18. **CHAVES SOLERA, M.A.** s.f. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 40 p.
19. **CRUZ, J.R. DE LA.** 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
20. **FEWKES, D.** 1969. The biology of sugar cane froghoppers. In: Pests of sugar cane. Edited by J.R. Williams, J.R. Metcalf, R.W. Montgomery and R. Mathes. Amsterdam, Holland, Elsevier Publications. p. 283-307.
21. **FLORES, S.** s.f. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
22. **FONT QUER, P.** 1985. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Editorial Labor. 1244 p.
23. **GAVIRIA, J.M.** 1990. Informe sobre la visita realizada a las plantaciones de caña de azúcar de los ingenios azucareros Pantaleón y Concepción. Guatemala, Organización Pantaleón - Concepción. 25 p.
24. **GOMEZ, J.F.** 1986. Necesidades de fertilización de la caña de azúcar. En: El cultivo de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. p. 237-254.
25. **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.
26. **LEGENDRE, B.L.** 1996. Topping height and sugar yield: effects of cultivar, crop year and use of the chemical ripener glyphosate. Journal American Society of Sugar Cane Technologists (EE.UU.). 16: 50-57.

27. **LEONARDO HERNANDEZ, A.R.** 1995. Evaluación de cuatro productos químicos como maduradores en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. en el Ingenio Tzululá, Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas. 48 p.
28. **LITTLE, T.; JACKSON, F.** 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Traducido por Anatolio de Paula Crespo. México, Trillas. 270 p.
29. **LOPEZ PINEDA, R.A.** 1998. Diagnóstico general del área aplicada con madurantes químicos en los ingenios azucareros de Guatemala, zafra 97-98. EPSA-Diagnóstico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 37 p.
30. **MARTIN ORIA, J.R. et al.** 1987. La caña de azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, Científico Técnica. p. 14-27, 375-408.
31. **MARTINEZ GALICIA, E.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.
32. **MICROSOFT (EE.UU.).** 1997. Atlas mundial ENCARTA. Disco compacto. México, Microsoft México. 1 Disco compacto de datos (650 Megabytes).
33. **MONSANTO, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO (Gua).** s.f. Características y propiedades de Roundup. Guatemala. 18 p.
34. **MURCIA, H.** 1978. Administración de empresas asociativas de producción agropecuaria. San José, Costa Rica, IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos no. 36. 232 p.
35. **NUÑEZ ALVARADO, C.O.** 1995. Evaluación de tres dosis del hongo entomopatógeno *Metarrhizium anisopliae* para el control de chinche salivosa *Aeneolamia* sp. en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. en Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.
36. **ORDOÑEZ CADENAS, G.** 1995. Efecto de la edad del cultivo y duración del período 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.
37. **ORDOÑEZ CIFUENTES, V.H.** 1997. Evaluación del glifosato como madurante en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. bajo siete diferentes niveles de humedad en el suelo, San Andrés Villaseca, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur Occidente. 68 p.
38. **ORTEGA, J.A.** 1997. Fundamentos para el muestreo de insectos. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 12 p.

Presentado en: Seminario-Taller de Muestreo de Insectos s.n.t.

39. **ORTEGA, J.; MELGAR, M.F.** 1998. Revisión de técnicas para el análisis estadístico de datos comerciales en caña de azúcar. Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 42 p.
40. **OROZCO, H. et al.** 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar *Saccharum* sp. en Guatemala con fines de investigación en variedades. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 33 p.
41. **OROZCO, H.; SOTO, G.** 1996. Morfología de las variedades de caña de azúcar *Saccharum* spp. importantes en Guatemala y de variedades en evaluación regional grupo CGVO. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 36 p.
42. **REYES CASTAÑEDA, P.** 1990. Diseño de experimentos aplicados. 3 ed. México, Trillas. 348 p.
43. **RODRIGUEZ, O. et al.** 1982. Efectos de la floración sobre la calidad del jugo en 34 variedades de caña de azúcar. Maracay, Venezuela, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 10 p.
44. **SAMUELS, G.** 1984. La madurez de la caña de azúcar: teoría y práctica. En: Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar (2., 1984, Miami, Florida). Miami, Florida, EE.UU. Sociedad Interamericana de Técnicos de la Caña de Azúcar. p. 479-485.
45. **SANCHEZ, G. et al.** 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del Sur de Guatemala. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 242 p.
46. **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.
47. **SITUN, M.** 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Boletín Informativo (Gua.) no. 2:1-12.
48. **URRUTIA, V.M.** 1983. Descripción, modo de acción y fitotoxicidad del Roundup. En: Seminario Técnico Internacional Sobre el Uso del Herbicida Roundup a Bajo Volumen en Café (1983, San José, Costa Rica). Memorias. San José, Costa Rica, MONSANTO. p. 1-77.
49. **VASQUEZ CONGOTE, F.** 1993. Aplicación de madurantes químicos en caña de azúcar en el Ingenio Risaralda, Colombia. Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 17 p.
50. **VILLEGAS, F.; TORRES, J.** 1994. Efecto del Roundup usado como madurante en la producción de caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 17 p.
51. **VILLEGAS, F.; ARCILA, J.** 1995. Uso de madurantes. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 412 p.
52. **WHITE, J.A.; AGEE, M.H.; CASE, K.E.** 1986. Técnicas de análisis económico en ingeniería. Traducido por Vicente Agut Armer. México, LIMUSA. 577 p.

VO. 130  
 Miriam De la Roca



## 12. APENDICE

**Cuadro 7A. Resumen del análisis de varianza realizado a la variable producción de azúcar (TM/ha).**

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Pr > F
Madurante	1	23.1190	23.1190	25.48	0.0001 **
Nivel de Daño	5	6.4634	1.2926	1.42	0.2313 NS
Mad. * N.D.	5	4.2746	0.8549	0.94	0.4619 NS
Error	51	46.2752	0.9073	-	-
Total	62	96.8603	-	-	-

Coefficiente de Variación = 8.69 %

**Cuadro 8A. Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico de 5% (Alpha = 0.05) para el factor aplicación de madurante en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad CP-722086, dañada por chinche salivosa (*Aeneolamia* sp.) para la variable producción de azúcar (TM/ha).**

Madurante	Media de producción (TM/ha)	Grupo
glifosato 463 g/ha	11.708	A
sin madurante	10.069	B

**Cuadro 9A. Prueba de medias de Duncan a un nivel crítico de 5% (Alpha = 0.05) para el factor nivel de daño (%) en la variable producción de azúcar (TM/ha).**

Nivel de daño (%)	Media de producción (TM/ha)	Grupo
<30	11.702	A
31-35	11.358	B
46-50	10.605	C
41-45	10.504	C
51-70	10.279	D
36-40	10.245	D



Cuadro 10A. Análisis económico de los tratamientos evaluados (Análisis de dominancia y cálculo de la TMR)

TRAT	MAD	GND	XTMCH	XKAZTM	XKAZH	CQV(Q)	BB (Q)	BN (Q)	DOMINANCIA
1	TEST	<30	122.75	100.14	11205.28	0	9412.44	9412.44	ND
2	TEST	31A35	122.21	86.76	9639.10	0	8096.84	8096.84	D
3	TEST	36A40	122.21	89.37	9929.17	0	8340.50	8340.50	D
4	TEST	41A45	122.21	89.23	9912.58	0	8326.57	8326.57	D
5	TEST	46A50	122.21	91.25	10138.05	0	8515.96	8515.96	D
6	TEST	51A70	122.21	88.37	9817.26	0	8246.50	8246.50	D
7	GLIF	<30	129.8	98.91	11815.35	144.43	9924.89	9780.46	ND
8	GLIF	31A35	132.67	97.76	11787.10	144.43	9901.16	9756.73	ND
9	GLIF	36A40	132.67	92.81	11193.55	144.43	9402.58	9258.15	D
10	GLIF	41A45	132.67	99.36	11982.34	144.43	10065.17	9920.74	ND
11	GLIF	46A50	132.67	91.82	11072.84	144.43	9301.19	9156.76	D
12	GLIF	51A70	132.67	96.72	11664.83	144.43	9798.46	9654.03	ND

Costo del madurante/ha= Q. 43.00 (Aplicación) + Q. 18.00 (Trazo) + Q. 83.43 (Insumos) = Q. 144.43  
 Precio del azúcar = US\$ 5.44/100 libras \* Q. 7.02/US\$ 1.00 \* 100 libras/45.45 kg = Q. 0.84/kg

TRAT	MAD	GND	CQV(Q)	BN (Q)	Dif.CQV (Q)	Dif.BN (Q)	TMR	TMR(%)
1	TEST	<30	0	9412.44				
7	GLIF	<30	144.43	9780.46	144.43	368.03	2.55	254.81
8	GLIF	31A35	144.43	9756.73	144.43	344.30	2.38	238.38
10	GLIF	41A45	144.43	9920.74	144.43	508.30	3.52	351.94
12	GLIF	51A70	144.43	9654.03	144.43	241.59	1.67	167.27

TRAT = Número de tratamiento evaluado.

MAD = Modalidad de aplicación del madurante.

TEST = Testigo sin aplicación de madurante.

GLIF = gifosato aplicado en dosis de 463 g/ha.

GND = Grupo de nivel de daño foliar provocado por chinche salivosa.

XTMCH = Promedio de toneladas métricas de caña por hectárea.

XKAZTM = Promedio de rendimiento en kg de azúcar por tonelada métrica de caña.

XKAZH = Promedio de producción en kg de azúcar por hectárea.

CQV (Q) = Costos que varían en quetzales.

BB(Q) = Beneficio bruto obtenido en quetzales.

BN(Q) = Beneficio neto obtenido en quetzales.

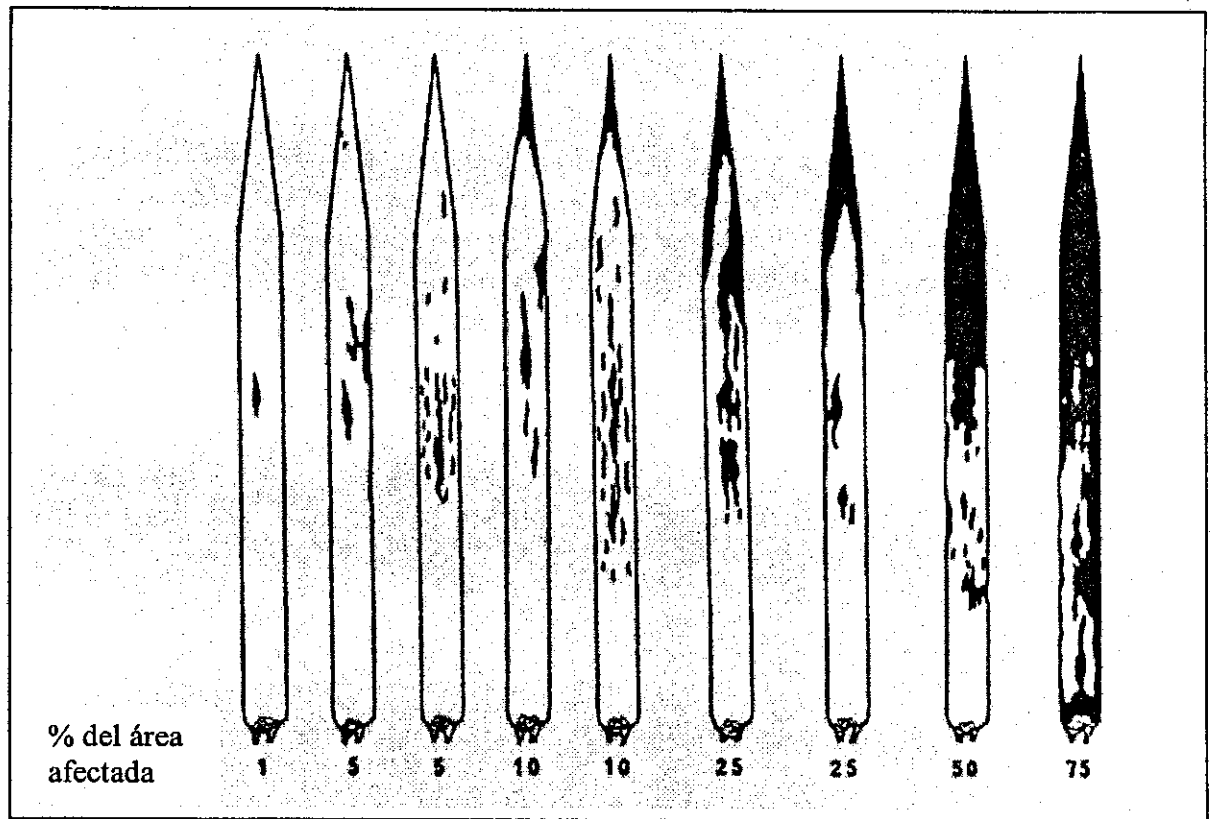
ND = Tratamiento no dominado.

D = Tratamiento dominado.

Dif. = Diferencia.

TMR = Tasa marginal de retorno.

TMR(%) = Tasa marginal de retorno en porcentaje.



Fuente: BASF RESEARCH & DEVELOPMENT (GERMANY). (7).

Figura 11A. Escala de daño foliar (en porcentaje) utilizada para la evaluación del área afectada por el hongo (*Septoria nodorum*) en cereales, utilizada como base para determinar el nivel de daño foliar producido por adultos de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar (*Saccharum* spp.).





FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS


LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL EFECTO DEL MADURANTE GLIFOSATO EN EL RENDIMIEN-  
TO DE LA CAÑA DE AZUCAR *Saccharum* spp. VARIEDAD CP-722086, DA-  
ÑADA POR CHINCHE SALIVOSA *Aeneolamia* sp. EN TIQUISATE, ESCUINTLA".


DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RAMIRO ARNOLDO LOPEZ PINEDA

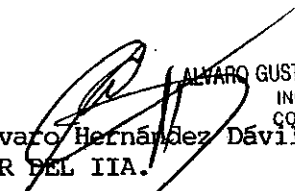
CARNET No: 9417088

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eugenio O. Orozco y Orozco  
Ing. Agr. Alvaro Hernández Dávila  
Dr. César A. Azurdia Pérez

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. Manuel Martínez Ovalle  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez  
A S E S O R

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

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA  
ING. AGRONOMO  
COLEGIADO # 602

I M P R I M A S E

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

cc:Control Académico  
Archivo  
AH/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C. A.  
TELEFONO 476-9794 § FAX (502) 476-9770  
E-mail: lia@usac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

