

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**AREA INTEGRADA**



**JOEL ESTUARDO MORALES LEMUS**

**GUATEMALA, JULIO DEL 2011.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
AREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL CENTRO GUATEMALTECO DE  
INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR, CENGICAÑA.

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



POR

JOEL ESTUARDO MORALES LEMUS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DEL 2011.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Marino Barrientos Garcia
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	P. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverria Escobedo

GUATEMALA, julio del 2011.

Guatemala, julio del 2011.

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

"IDYENSENADATODOS"

Joel Estuardo Morales Lemus

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: ...Al inicio del camino, prometiste estar junto a mí en todo momento. Y en situaciones difíciles, veo solo un par de huellas, las tuyas al soportar mi peso.

A MI PATRIA: La motivación diaria de buscar siempre la verdad y justicia, inspirado en su belleza

MIS PADRES: Roberto Morales y Estela Lemus, ejemplo e inspiración diaria de fortaleza y trabajo.

MIS HERMANOS: Azucena, Roberto, Luis y Judith, por que se que cuento con todo su comprensión y apoyo.

A MIS MAESTROS: Por sus enseñanzas y confianza.

MIS AMIGOS: En especial, Luis, Emerson, Juan José y Saúl, por contar con su amistad incondicional y ser motivación de vida.

AL GRUPO NOSOTROS: "Compañeros en la montaña, amigos para siempre"

## AGRADECIMIENTO

Agradezco la valiosa ayuda aportada por las instituciones y personas que confiaron en mí, a lo largo de mi ejercicio profesional supervisado y en el desarrollo del trabajo de investigación, en especial a:

- Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar, CENGICÑA. Y a su director Dr. Mario Melgar. Al confiar en mí y creer en mi trabajo, dándome enseñanzas para la vida.
- Al Ing. Gerardo Espinoza, por su apoyo, confianza y amistad, al guiarme en el inicio de mi vida profesional.
- A todo el personal de CENGICAÑA, por darme todo el apoyo y conocimientos a su alcance, y compartir conmigo sus excelentes cualidades de seres humanos.
- Al Ingenio Pantaleón, y su departamento de investigación y agronomía, por todo el apoyo en la realización del presente trabajo.
- A mi supervisor y asesor, Ing. Marco Vinicio Fernández e Ing. Manuel Martínez.
- A la agroindustria azucarera de Guatemala, y las personas que me brindaron su amistad en los distintos ingenios de la costa sur.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>CAPITULO I. Diagnóstico realizado en área de malezas, madurantes e Inhibidores de floración del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar.</b>	1
1.1.Presentación	2
1.2.Marco Referencial	2
1.3.Objetivos	3
1.4.Metodología	4
1.4.1.Fase de recolección de información primaria	4
A. Observación	4
B. Caminamiento	4
C. Entrevista profunda	4
1.4.2.Información secundaria	5
A. Revisión de literatura	5
B. Otras fuentes de información	5
1.4.3.Fase de campo	5
A. Triangulación de la información	5
1.4.4.Fase de gabinete	6
A. Realización de análisis FODA	6
1.4.5.Fase de presentación de resultados	6
A. Maximizar oportunidades y Minimizar debilidades	6
1.4.6.Recursos	6
A. Recursos físicos	6
1.5.Resultados	7
1.5.1.Estructura organizativa	7
1.5.2.Deberes y obligaciones del área	8
1.5.3.Análisis FODA	13
1.5.4.Jerarquerización de las problemáticas	16
1.6.Conclusiones	17
1.7.Bibliografía	19

<b>CAPITULO II. Investigación. Efecto del glifosato aplicado como madurante en el rebrote de caña de azúcar, variedad CP88-1165, evaluado a partir de aplicaciones comerciales.</b>	21
2.1.Presentación	22
2.2.Definición del problema	23
2.3.Marco teórico	25
2.3.1.Marco conceptual	25
A.Sistema radicular	25
B. Tallo	26
C. Nudo	27
D. Entrenudo	28
E. Curva de producción	28
F. Fitotoxicidad	29
G. Características de la variedad CP88-1165	30
H. Glifosato	30
2.3.2.Marco referencial	34
A. Finca San Bonifacio	34
B. Variedades de caña de azúcar	34
C. Historial de producción en toneladas de caña por hectárea	35
D. Antecedentes del cultivo del lote	35
E. Franjas de sobredosificación	35
F. Antecedentes de investigación	36
2.4.Objetivos	38
2.5.Hipótesis	38
2.6.Metodología	39
2.6.1.Metodología experimental	39
A. Características del material experimental	39
B. Manejo del cultivo	42
C. Variables de respuesta	42
D. Medición de variables climáticas	46
2.7.Resultados	47

2.7.1.Sintomatología del rebrote	47
A. Efectos násticos	47
B. Albinismo	48
C. Población de caña de azúcar	49
2.7.2.Efectos del glifosato sobre el número de tallos molederos	51
2.7.3.Efectos del glifosato sobre la altura de la planta	53
2.7.4.Efecto del glifosato sobre el diámetro de planta	57
2.7.5.Determinación de la escala de nivel de daño	58
2.7.6.Efecto del glifosato sobre el rendimiento de caña de azúcar	59
2.7.7.Comportamiento de la acumulación de azúcar en primera soca	61
2.7.8Influencia de las variables climáticas en el crecimiento y desarrollo	63
2.7.9.Implicaciones económicas del efecto del glifosato	65
2.8.Conclusiones	67
2.9.Recomendaciones	69
2.10.Bibliografía	70
<b>CAPITULO III. Servicios realizados en el área de malezas, madurantes e inhibidores de floración de CENGICAÑA.</b>	<b>74</b>
3.1.Presentación	75
3.2.Área de acción	76
3.3.Objetivo general	76
3.4.Servicios prestados	77
3.4.1.Elaboración del protocolo, del proyecto comportamiento y distribución de las principales malezas en la zona cañera de Guatemala.	77
A. Definición del problema	77
B. Objetivos	78
C. Metodología	79
D. Evaluación	86
3.4.2. Catálogo de los principales herbicidas utilizados en la agroindustria azucarera de Guatemala	87
A. Definición del problema	87

B. Objetivos	87
C. Metodología	88
D. Resultados	90
E. Evaluación	91
3.4.3. Asistencia y apoyo a las distintas actividades del área	92
A. Definición del problema	92
B. Objetivos	92
C. Metodología	93
D. Resultados	96
E. Evaluación	96
F. Bibliografía	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Organigrama de CENGICAÑA	7
Figura 2. Sistema radicular y tipos de brotes	26
Figura 3. Estructura de macollamiento	27
Figura 4. Meristemo apical y primordio floral	28
Figura 5. Comportamiento de la producción respecto al número de cortes	29
Figura 6. Estructura molecular del glifosato	31
Figura 7. Croquis de aplicación del madurante	36
Figura 8. Croquis del lote y distribución de parcelas	42
Figura 9. Incremento de los efectos násticos, relacionado con glifosato	48
Figura 10. % de albinismo por tratamiento	49
Figura 11. Número de tallos primarios y secundarios por metro lineal	51
Figura 12. Número de tallos antes del cierre del cañal	52
Figura 13. Comportamiento del número de tallos molederos en el tiempo	53
Figura 14. Comportamiento de la altura de la caña en el tiempo por tratamiento	55
Figura 15. Comportamiento de promedios de la altura de los tratamientos	57
Figura 16. Tipos de daños observados en el cultivo bajo efecto del glifosato	58
Figura 17. Comportamiento del diámetro del cultivo	59
Figura 18. Comportamiento de medias del rendimiento final en TCH	61
Figura 19. Concentración de pol % caña, del cultivo	64
Figura 20. Comportamiento de las variables climáticas	65
Figura 21. Ambientes homogéneos	81
Figura 22. Patrón de muestreo	83
Figura 23. Marco de muestreo	85
Figura 24. Esquema de organización de la información	90

## INDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1. Resultados esperados del proceso de inhibición floral	9
Cuadro 2. Resultados esperados del proceso de madurantes	10
Cuadro 3. Resultados esperados del proceso de manejo de malezas	11
Cuadro 4. Resultados esperados del proceso de agroquímicos	12
Cuadro 5. Resultados esperados del proceso de estudios fisiológicos	13
Cuadro 6. Análisis FODA del área de malezas	14
Cuadro 7. Análisis de resultados de FODA	15
Cuadro 8. Matriz de jerarquerización	16
Cuadro 9. Orden de prioridades	16
Cuadro 10. ANDEVA, variable número de tallos molederos	53
Cuadro 11. Desviación estándar de número de tallos molederos	54
Cuadro 12. ANDEVA, variable altura de planta	55
Cuadro 13. Desviación estándar de altura de planta	56
Cuadro 14. ANDEVA, variable diámetro de planta	58
Cuadro 15. Desviación estándar de diámetro de planta	59
Cuadro 16. Escala de nivel de daño de caña en primera soca, CP88-1165	60
Cuadro 17. ANDEVA, variable rendimiento de caña en TCH	61
Cuadro 18. ANDEVA, variable pol % caña	63
Cuadro 19. Ingreso bruto por tratamiento	67
Cuadro 20. Boleta de campo	84
Cuadro 21. Escala de infestación	84

**TRABAJO DE GRADUACIÓN: REALIZADO EN EL ÁREA DE MALEZAS,  
MADURANTES E INHIBIDORES DE FLORACIÓN, DEL CENTRO GUATEMALTECO DE  
INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. -CENGICAÑA-  
RESUMEN**

El área de malezas madurantes e inhibidores de floración se ha reactivado recientemente (marzo del 2008). Esta área se encuentra a cargo del Ing. Gerardo Espinoza, con la finalidad de generar tecnologías en el control de malezas, inhibidores de floración, madurantes y otros procesos fisiológicos, como evaluación del sistema radicular del cultivo.

Dentro del área existía un vacío, el de asistente técnico, el cual cumple con la asistencia en todos los procesos de la información. Dentro de este cargo se desarrolló el ejercicio profesional supervisado (EPS), el cual estuvo dividido en el trabajo de diagnóstico del área, la investigación y los servicios prestados.

Este trabajo fue muy importante. El diagnóstico realizado sirvió para conocer y comprender el área, como el centro en general, los procesos y el quehacer en la industria. Este trabajo permitió de forma acelerada, aclimatarse al ambiente de trabajo y comprender el desarrollo del mismo.

Otro aspecto del EPS consistió en la realización del trabajo de investigación, el cual consistió en la evaluación de las consecuencias de la aplicación de madurante en plantilla sobre la producción de primera soca, en la variedad CP88-1165, considerada altamente susceptible, esto con la colaboración del ingenio Pantaleón.

De igual forma dentro de las actividades diarias, se prestaba apoyo en el establecimiento de ensayos en campo, como también la recolección y análisis de la información. La asistencia técnica y capacitación a los distintos ingenios fue otra actividad del área, en la cual también se prestó apoyo.

Estas últimas actividades constituyeron los servicios prestados a la institución. En general, el EPS desarrollado con el apoyo de CENGICAÑA, fue ejecutado en el período de febrero a noviembre del 2009.

## **CAPITULO I**

DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE MANEJO DE MALEZAS, MADURANTES E INHIBIDORES  
DE FLORACIÓN DEL CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIÓN Y  
CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR, CENGICAÑA.

## **1.1. Presentación**

El centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA), es una institución financiada por los ingenios azucareros, por medio de la asociación de azucareros de Guatemala (AZASGUA). La finalidad de esta es generar tecnología y transferirla a la industria, para que el cultivo de la caña de azúcar sea rentable y sostenible a través del tiempo (ASAZGUA, 2006).

La institución está formada por programas y uno de ellos es el agronómico, el cual está constituido por áreas. En el año 2008 se reactivó el área de malezas, madurantes e inhibidores de floración a cargo del Ing. Agr. Gerardo Espinoza.

El presente trabajo utilizó la herramienta del análisis FODA, para realizar un diagnóstico de la situación actual del área, y las principales problemáticas con las que cuenta. También se plantearon alternativas para maximizar las fortalezas y minimizar las debilidades.

Basados en este, se elaboró el plan de servicios y se planteó una investigación, que se ejecutó durante el ejercicio profesional supervisado, en el periodo de febrero a noviembre del 2009.

## **1.2. Marco referencial**

La industria azucarera es una de las más grandes del país, generando alrededor de 300,000 empleos directos e indirectos en época de zafra. De esa suma, 33,000 empleos corresponden a cortadores de caña (ASAZGUA, 2006), esto representa una gran fuente de empleo. A nivel nacional la agroindustria azucarera guatemalteca representa el 23.82 % del valor total de la producción agrícola guatemalteca y 13.65 % De las exportaciones totales del país (ASAZGUA, 2006).

El control de malezas es una práctica común en el cultivo de la caña de azúcar, y existen prácticas que buscan aumentar el rendimiento del cultivo como el uso de madurantes y de la inhibición de la flor. Es importante el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de

controlar las malezas que compiten con los cañaverales, de tal forma que se reduzcan las pérdidas económicas.

Así mismo, se considera de igual importancia el uso de madurantes herbicidas y no herbicidas e inhibidores de floración, para hacer de la caña de azúcar un cultivo rentable y sostenible económicamente (CENGICAÑA , 2009).

De esta manera la evaluación periódica de los logros del área es de importancia, y analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, esto con la finalidad de evaluar el cumplimiento del plan estratégico de la institución.

### **1.3. Objetivos**

General:

Diagnosticar el estado actual del área de Malezas, Madurantes e Inhibidores de floración, de Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.

Específicos:

- Conocer y analizar la estructura organizativa dentro de la cual se encuentra el área de malezas y madurantes, de CENGICAÑA.
- Analizar por medio del FODA, la problemática y situación actual del área de malezas, madurantes e inhibidores de floración de CENGICAÑA.

## **1.4. Metodología**

### **1.4.1. Fase de recolección de información (Información primaria)**

#### **A. Observación**

Se realizó una inducción, por parte de la institución a cargo del Ing. Adlai Meneses, donde se presentaron las políticas de la empresa, su visión y misión dentro de la industria azucarera.

También se planteó la estructura de la industria, y donde se encuentra CENGICAÑA, dentro de la misma.

La inducción en el puesto de labores, estuvo a cargo del Ing. Gerardo Espinoza, por el área de malezas y madurantes.

#### **B. Caminamiento**

Se visitaron los principales ensayos que se están evaluando en el área de malezas y madurantes, con la guía del Ing. Gerardo Espinoza.

#### **C. Entrevistas a profundidad**

Para esto se realizó una entrevista al encargado del área de malezas y madurantes de CENGICAÑA, Ing. Gerardo Espinoza. Esto para conocer las líneas de trabajo del área, dentro del plan operativo ya esquematizado.

## **1.4.2. Información secundaria**

### **A. Revisión de literatura**

Se recolectó información de documentos encontrados en la biblioteca de CENGICAÑA, tesis de grado, folletos informativos, artículos científicos, memorias de labores, mapas, etc. Estos desarrollados dentro del área de interés.

### **B. Otras fuentes de información**

Dentro del área de malezas y madurantes de CENGICAÑA, existe un comité de malezas y madurantes, integrado por representantes de cada ingenio que aporta a la institución, dentro del área mencionada. El comité permite el intercambio de información entre ingenios, mediado por la institución.

En el comité se plantean las principales problemáticas, relacionadas a malezas, madurantes e inhibidores de floración en la industria azucarera. Y se plantearon líneas a seguir, priorizando y planteando soluciones a estas problemáticas. Por medio de las memorias de las reuniones de dicho comité se recolecto esta información de importancia.

## **1.4.3. Fase de campo**

### **A. Triangulación de la información**

Esto se realizó con pláticas en distintas visitas al campo, donde se observaron las principales tecnologías utilizadas y desarrolladas por el área. También se realizó visitas a los distintos ensayos que se realizaron por parte del área, basados en el plan estratégico.

#### **1.4.4. Fase de gabinete (Análisis de la información)**

##### **A. Realización de un análisis FODA**

Con la información recolectada por distintos medios se identificaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Esto por medio de la utilización de la herramienta FODA, esto ayudó a identificar áreas de trabajo y como maximizar los recursos y disminuir las dificultades.

#### **1.4.5. Fase de presentación de resultados**

##### **A. Maximización de fortalezas y minimización de debilidades**

Por medio de una matriz se realizó el análisis de las fortalezas, y como se pueden maximizar y utilizar para reducir las debilidades aprovechando las oportunidades con las que cuenta el área estudiada.

#### **1.4.6. Recursos**

##### **A. Recursos físicos**

Estos recursos consistieron básicamente en materiales que se utilizaron para poder hacer el estudio. Estos recursos se describen a continuación.

Libreta de campo.

- 1 computadora.
- Documentos de la biblioteca de CENGICAÑA.
- 1 cámara fotográfica.

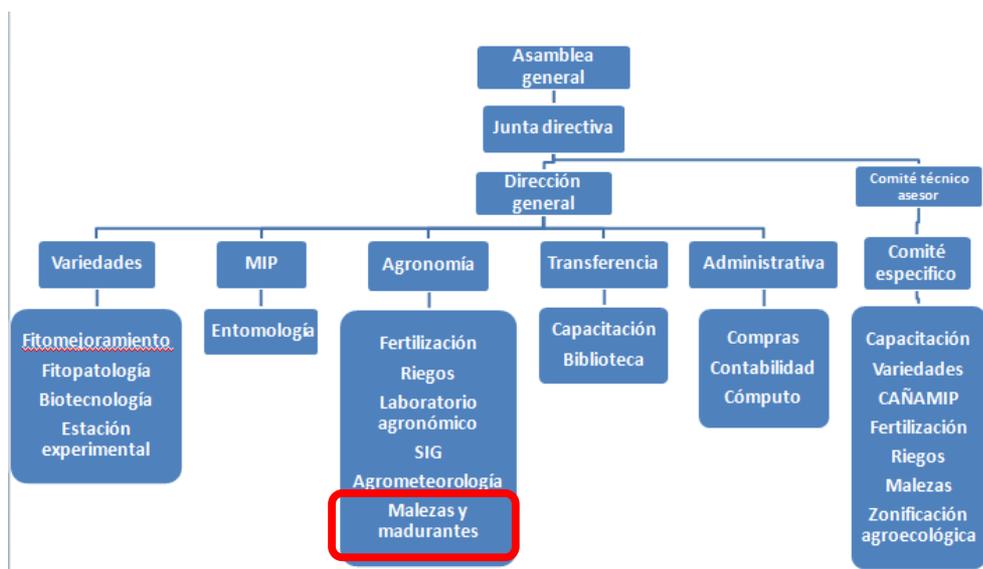
## 1.5. Resultados

### 1.5.1. Estructura organizativa

CENGICAÑA, es una institución financiada desde el año 1992 a la fecha, por los ingenios azucareros, por medio de AZASGUA. El centro tiene como objetivo el obtener nuevas variedades de caña de azúcar y generar nuevas tecnologías, de tal forma que el cultivo sea rentable y sostenible

La institución está formada por programas y uno de ellos es el agronómico, el cual está constituido por áreas. El área de malezas, madurantes e inhibidores de floración, fue reactivada recientemente, al inicio de 2008, a cargo del Ing. Gerardo Espinoza, esta área había estado suspendida desde el año 2000, debido a recortes en el presupuesto de la institución, producto de la caída del precio del azúcar en el mercado internacional. Esta decisión fue tomada, respondiendo a las prioridades establecidas por la junta directiva de CENGICAÑA. Como ya se mencionó, el área pertenece al programa de agronomía a cargo del Ing. Ovidio Pérez, el cual responde al director general, Dr. Mario Melgar.

Figura1. Organigrama de CENGICAÑA.



### **1.5.2. Deberes y obligaciones del área**

Dentro del plan estratégico 2010-2015, de la institución, se encuentra el plan operativo del área. Parte esencial de este, es la definición del cliente, como los ingenios que aportan al presupuesto de CENGICAÑA.

La meta a largo plazo del área es lograr al menos una estrategia de manejo que disminuya el 25% del daño o pérdidas económicas causadas por malezas y lograr la mayor rentabilidad económica en el uso de madurantes, comparada con las prácticas utilizadas de forma comercial en la industria.

El área está en el proceso de ingresar al sistema de gestión de calidad, para lo cual se ha estipulado el alcance, el cual consiste en investigar y desarrollar tecnologías para el control de malezas y manejo de madurantes.

Los objetivos de calidad del área son: el desarrollar al menos una tecnología promisoría para el óptimo manejo de malezas, madurantes e inhibidores de floración.

La variable para medir estos objetivos fueron, la disminución de la densidad poblacional de malezas y/o daño causado por malezas con respecto al testigo definido en el ensayo. Y mayor rentabilidad económica que la practica aplicada en el área.

En el área existen distintos proceso los cuales se describen en los cuadros siguientes:

Cuadro 1. Resultados esperados del proceso de inhibidores de floración

SUBPROCESO	RESULTADOS ESPERADOS			BENEFICIOS
	CORTO PLAZO 2010	MEDIANO PLAZO 2011- 2012	LARGO PLAZO > 2012	
<b>1. Inhibidores de Floración</b>	<p>Haber obtenido datos y publicado resultados de la aplicación de inhibidores de floración en variedades comerciales para el cultivo de caña de azúcar en Guatemala</p> <p>Tener información sobre la respuesta a la aplicación del inhibidor de floración en variedades promisorias</p>	<p>Continuar con la búsqueda de la ventana de aplicación de inhibidores de floración en la industria cañera, así como establecer como una primera versión preeliminar para el manejo del sistema integrado de la floración y para la recomendación de dosis y épocas de aplicación del inhibidor en caña de azúcar en Guatemala.</p> <p>Contar con resultados de nuevas evaluaciones de la respuesta al inhibidor de floración y precisar recomendaciones de dosis y épocas de aplicación.</p>	<p>Contar con recomendaciones de dosis y épocas de aplicación específicas según diferentes genotipos de caña.</p>	<p>Aumento de la productividad al aplicar la dosis y época correcta y adecuadamente el inhibidor de floración al cultivo.</p> <p>Reducción de costos por manejo adecuado del inhibidor de floración en condiciones de manejo y ambientes determinados.</p>

Cuadro 2. Resultados esperados del proceso de madurantes

SUBPROCESO	RESULTADOS ESPERADOS			BENEFICIOS
	CORTO PLAZO 2010	MEDIANO PLAZO 2011- 2012	LARGO PLAZO > 2012	
<b>2. Madurantes</b>	<p>Haber generado, obtenido datos y publicado resultados de la aplicación y respuesta de madurantes en variedades promisorias para el cultivo de caña de azúcar en Guatemala</p> <p>Tener información sobre la respuesta de caña de azúcar a la aplicación de diferentes madurantes No Herbicidas.</p>	<p>Tener establecida y definida una guía de recomendaciones y respuestas de la aplicación de madurantes en variedades promisorias de la industria cañera, como una primera versión para el manejo del sistema caña de azúcar en Guatemala.</p> <p>Contar con resultados de nuevas evaluaciones de la respuesta de caña de azúcar a la aplicación de madurantes No Herbicidas y precisar recomendaciones de manejo de la aplicación y producto.</p>	<p>Contar con recomendaciones de dosis y épocas de aplicación específicas según diferentes genotipos de caña.</p>	<p>Aumento de la productividad al aplicar el madurante con la dosis, época correcta y método de aplicación adecuado al cultivo.</p> <p>Reducción de costos por manejo adecuado del madurante en condiciones de manejo y ambientes determinados.</p>

Cuadro 3. Resultados esperados del proceso de manejo de malezas

SUBPROCESO	RESULTADOS ESPERADOS			BENEFICIOS
	CORTO PLAZO 2010	MEDIANO PLAZO 2011- 2012	LARGO PLAZO > 2012	
<b>3. Manejo de Malezas.</b>	<p>Haber Generado información, publicado y entregado datos sobre fitotoxicidad por la aplicación de herbicidas en variedades promisorias en plantía.</p> <p>Tener información sobre el control de la densidad de malezas de importancia en caña de azúcar a la aplicación de diferentes Herbicidas (con moléculas nuevas), así como coadyuvantes o potencializadores que mejoren la efectividad de los herbicidas.</p>	<p>Tener establecida y definida una guía de recomendaciones y respuestas de variedades promisorias a la aplicación de herbicidas tanto plantía y Primera soca de la industria cañera, como una primera versión para el optimo manejo de las variedades.</p> <p>Contar con resultados de evaluaciones continuas en la aplicación de moléculas nuevas de herbicidas en diferentes épocas, coadyuvantes o potencializadores en el control de la densidad de malezas y precisar recomendaciones de manejo de la aplicación y producto.</p>	<p>Contar con recomendaciones de dosis y épocas de aplicación específicas según diferentes genotipos de caña.</p>	<p>Aumento de la productividad al aplicar herbicidas para el control de malezas sin provocar daño de fitotoxicidad con la dosis, época correcta y método de aplicación adecuado al cultivo.</p> <p>Reducción de costos por manejo de malezas y el uso adecuado de los herbicidas, coadyuvantes o potencializadores en condiciones de manejo y ambientes determinados.</p>

Cuadro 4. Resultados esperados del proceso de agroquímicos

SUBPROCESO	RESULTADOS ESPERADOS			BENEFICIOS
	CORTO PLAZO 2010	MEDIANO PLAZO 2011- 2012	LARGO PLAZO > 2012	
4. Agroquímicos.	Tener Actualizada la base de datos del uso de Agroquímicos (Genéricos) utilizados en la Agroindustria Cañera de Guatemala.	Tener establecida y definida una base de datos de los agroquímicos utilizados en la agroindustria con la información de residualidad por producto y país comprador de azúcar o país de destino.	Contar con recomendaciones de uso para la utilización de productos agroquímicos compatibles con el ambiente y cumplir con las normas de dosificación necesarias para el cultivo de caña de azúcar.	La utilización de agroquímicos bajo las normas exigidas por diversos países compradores de azúcar como producto final y el uso de productos compatibles con el ambiente y el cultivo de caña de azúcar, aumentando la productividad.

Cuadro 5. Resultados esperados del proceso de estudios fisiológicos

SUBPROCESO	RESULTADOS ESPERADOS			BENEFICIOS
	CORTO PLAZO 2010	MEDIANO PLAZO 2011- 2012	LARGO PLAZO > 2012	
<b>4. Otros procesos Fisiológicos.</b>	Generar información sobre productos que mejoren el sistema radicular de diferentes variedades promisorias a través del uso de Rizotron	Haber Obtenido datos de evaluaciones continuas de productos enraizadores, establecer recomendaciones de uso de productos y variedades.	Contar con recomendaciones de uso para la utilización de productos enraizadores en diferentes condiciones.	Aumento de la productividad al aplicar producto reguladores del crecimiento del sistema radicular utilizando la dosis correcta y método de aplicación adecuado al cultivo.

### 1.5.3. Análisis FODA

Por medio de esta herramienta, se determinó que se poseen grandes fortalezas las cuales pueden desarrollarse en el tiempo, considerando el amplio campo de estudio del área y a la buena estructura de la misma, se deben de aprovechar al máximo las oportunidades determinadas, desarrollando convenios con distintas instituciones.

Cuadro 6. Análisis FODA del área de malezas

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<p>Personal capacitado y experto en el área de fisiología vegetal.</p> <p>Ingreso al Sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000</p> <p>Forma parte de un programa sólido y muy bien organizado.</p> <p>Tiene metas establecidas anualmente.</p> <p>Área con muchas líneas de trabajo a desarrollar</p> <p>Mucha de la investigación es por demanda de la industria.</p>	<p>Convenios con casas comerciales</p> <p>Facilidades de disponibilidad de áreas para ensayos de distintos ingenios</p> <p>Investigar conjunto con profesionales de distintos Ingenios.</p> <p>Capacidad de contar con asesores nacionales e internacionales.</p> <p>Establecimiento de relaciones con investigadores de caña de azúcar en otros países.</p> <p>Capacidad de generar convenios con universidades del país.</p>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>Es un departamento pequeño en relación a la demanda de la industria.</p> <p>Poco personal técnico y profesional en relación a la demanda de información.</p> <p>Poco presupuesto, para capacitación del personal profesional a nivel internacional.</p>	<p>Sujeto a recortes de presupuesto, debido a precios del azúcar.</p> <p>Alto riesgo de pérdidas de ensayos por factores externos. (quemaduras accidentales, lluvias, viento, etc. )</p>

Cuadro 7: Análisis del resultado del FODA

	<b>USO DE OPORTUNIDADES, PARA...</b>	<b>USO DE AMENAZAS, PARA...</b>
<b>MAXIMIZAR Y APROVECHAR FORTALEZAS</b>	<p>Se debe de capacitar constantemente el personal profesional y crear plazas para personal técnico.</p> <p>Se estructura de forma ordenada los alcances por cada año de tal forma que se establezca la carga de trabajo adecuada para el personal existente.</p> <p>Apoyarse en avances realizados por otras áreas dentro del programa.</p>	<p>Aprovechando el personal capacitado, se debe de generar tecnologías sostenibles en el tiempo.</p> <p>Se deben de tener alternativas dentro de las metas planteadas, que permitan cambios en los trabajos establecidos, en el caso de perder algún ensayo.</p> <p>Diversificar los ensayos dentro del área.</p>
<b>DISMINUIR DEBILIDADES</b>	<p>Aprovechar posibles convenios con casas comerciales, sin comprometer los resultados de la investigación.</p> <p>Realización de talleres y seminarios, donde se aproveche la experiencia de los distintos profesionales de los ingenios.</p> <p>Aprovechar seminarios de conferencistas nacionales e internacionales, para capacitar al personal profesional.</p> <p>Convenios con universidades para realización de investigación y generar espacios para personal técnico.</p>	

#### 1.5.4. Jerarquerización de las problemáticas

Con la ayuda de una matriz de jerarquerización de problemas se determinó el orden de los mismos.

A: Falta de capacitación constante del personal profesional

B: Carencia de convenios institucionales

C: Necesidad de generación de tecnologías sostenibles

D: Plantear alternativas dentro de las metas

E: Carencia en diversidad en ensayos

Para poder priorizar se realizó una comparación entre problemáticas, y se determinó cuál de estas era de mayor importancia, esto se determinó por medio de la matriz de jerarquerización (cuadro 8), y se generó el orden de prioridad de los mismos (cuadro 9).

Cuadro 8. Matriz de Jerarquerización.

	A	B	C	D	E
A		A	C	A	A
B			C	B	B
C				C	C
D					E
E					

Cuadro 9. Orden de prioridad

	Frecuencias
C	4
A	3
B	2
E	1
D	0

## 1.6. Conclusiones

El centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar fue creado por AZASGUA. La institución está formada por una asamblea general, junta directiva y dirección general. Existen varios programas, uno de ellos es el de agronomía, dentro del cual se encuentra el área de malezas, madurantes e inhibidores de floración, la cual fue reactivada el año 2008, obedeciendo a las prioridades de la junta directiva.

Las fortalezas con las que el área cuenta son, personal capacitado y experto en el área de fisiología vegetal. Ingreso al Sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000, formar parte de un programa sólido y muy bien organizado y tener metas establecidas anualmente. Las cuales se pueden aprovechar, al crear un programa constante de capacitación del personal profesional, aprovechando estudios en otras áreas del programa.

Las oportunidades con las que cuenta el área, es la capacidad de crear convenios con casas comerciales, también las facilidades de disponibilidad de áreas para ensayos de distintos ingenios, el desarrollo de investigación en conjunto con profesionales de distintos Ingenios. La capacidad de contar con asesores nacionales e internacionales y la creación de convenios con universidades del país

Las debilidades observadas en el área, y las cuales se deben de minimizar aprovechando las fortalezas es el contar con un departamento pequeño en relación a la demanda de la industria de tecnologías nuevas para el control de malezas, uso de madurantes e inhibidores de floración. De igual forma, el no contar con el suficiente personal técnico y profesional en relación a la demanda de información, como también contar con poco presupuesto, para capacitación del personal profesional a nivel internacional. Considerando lo anterior, el aprovechar convenios existentes y futuros con instituciones afines, ayudaría a minimizar las debilidades.

Las principales amenazas observables en el área es que se encuentra sujeto a recortes de presupuesto, debido a precios del azúcar a nivel internacional. Alto riesgo de pérdidas de ensayos por factores externos (quemaduras accidentales, lluvias, viento, etc.).

Con base al análisis FODA, se determinaron las principales problemáticas del área, las cuales consisten en la prioridad de realizar ensayos y obtener datos y publicar resultados de la aplicación de inhibidores de floración en variedades comerciales y promisorias para el cultivo de caña de azúcar en Guatemala, generar ensayos, obtener datos y publicar resultados de la aplicación y respuesta de madurantes en variedades promisorias para el cultivo de caña de azúcar en Guatemala. También generar información, publicar y entregar datos sobre fitotoxicidad por la aplicación de herbicidas en variedades promisorias en plantía. Y por último, tener actualizada la base de datos del uso de Agroquímicos (Genéricos) utilizados en la Agroindustria Cañera de Guatemala.

## 1.7. Bibliografía

1. Arcila, J; Villegas, F. 1995. Uso de madurantes. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA.28p.
2. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA). 2009. Informe anual 2007-2008. Guatemala.87P.
3. Espinoza, G. 2009. Aumulación de sacarosa y función de glifosato como madurante en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA.8p.
4. Estrada, M. 2008. Diagnóstico del sistema agrícola, diseño y plan de manejo de sistemas agroforestales. Guatemala, USAC.16p.
5. Legendre, B; Gravois, K; Bischoff, K. 2004. Timing of application of glyphosate to maximize sugar per acre and possible alternatives to the use of glyphosate en enhancing the yield of sugar of louisiana sugarcane en 2004. Louisiana.24p.
6. López, E. 2008. Elaboración de proyectos de investigación, notas de acompañamiento de curso. Guatemala, USAC.54p.
7. López, E. 2008. Estadística, con aplicaciones en agronomía y ciencias forestales. Guatemala, USAC.84p.
8. Orozco, H., Catalán, M; Castro, O; Quemé, J. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala, CENGICAÑA.34p.
9. Ortiz, J. 2003. Evaluación de tres productos químicos a tres dosis aplicados como madurantes en caña de azúcar(*Saccharum officinarum* L.) en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr.Guatemala, USAC.61p.

10. Rincones, C; Gómez, R. 1984. Revista científica, caña de azúcar (en línea). Revista científica, Caña de Azúcar. Venezuela. Consultado 2 mar 2009. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/canadeazucar/cana0102/texto/comportamiento.htm>
  
11. Yon, M. 1999. Efecto de dos madurantes sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) aplicados en estado de floración. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.83p.

## **CAPITULO II**

### **INVESTIGACIÓN**

**EFFECTO DEL GLIFOSATO, APLICADO COMO MADURANTE EN EL REBROTE DE CAÑA DE AZÚCAR, VARIEDAD CP88-1165, EVALUADO A PARTIR DE APLICACIONES COMERCIALES.**

**GLYPHOSATE EFFECT APLICATED AS MATURING, RE-GROWTH OF SUGAR CANE, VARIETY CP88-1165, EVALUATED FROM COMMERCIAL APPLICATIONS.**

## 2.1. Presentación

El uso del glifosato, como madurante se ha expandido en la industria cañera, obteniendo resultados aceptables en el incremento de rendimientos tanto en campo como en fábrica. Pero el glifosato por ser un herbicida no selectivo, que a pesar de aplicarse en bajas dosis, se presentan efectos de fitotoxicidad en los cañaverales. Es frecuente observar en los campos de cultivo el efecto denominado “olas” (Comité malezas y madurante.CENGICAÑA, 2009), que consiste en una gran variabilidad de alturas en la plantación, siguiendo un patrón, producto de sobredosificación de madurantes, debido muchas veces a traslapes en las láminas de aplicación.

Se ha observado que existen variedades como la CP88- 1165, que son muy susceptibles a sobredosificaciones e incluso con dosis adecuadas, presentan síntomas de fitotoxicidad en la primera soca. En el año 2009, este problema aumentó, afectando a cañaverales ubicados en distintos estratos de la zona cañera, presentado sintomatologías similares. Esto indica que se requiere un criterio estandarizado, tanto para el evitarlo, como para tener herramientas de juicio en el manejo de lotes afectados (CENGICAÑA, 2009).

Existen escalas de medición para determinar el nivel de daño en caña de azúcar (Rincones y Gómez, 1984), pero estas son visuales, esto provoca discrepancias debido al criterio de cada ingenio. Considerando lo anterior, el presente trabajo, se centra en la creación de una escala basada en variables cuantificables, como el porcentaje de albinismo y de epinástia, decremento de altura en referencia a plantas no afectadas por la aplicación y diferencia del número de brotes respecto al número de brotes adecuados o esperados por metro lineal. Las variables mencionadas anteriormente, son síntomas de fitotoxicidad por glifosato, observables y medibles en los rebrotes de caña de azúcar, y provocan un efecto en los procesos fisiológicos en las etapas iniciales de la planta y por lo tanto en el rendimiento final.

Para la primera parte de la investigación, se realizó un ensayo en la finca San Bonifacio, propiedad de la corporación Pantaleón/Concepción, en donde se observaron lotes con

traslapes, en la aplicación aérea de glifosato. En esta área se colocaron parcelas de evaluación tanto en las zonas de traslape, no traslape y no aplicación, para encontrar y comparar los distintos niveles de daño dentro de un cultivo, producto de la aplicación de glifosato. Con esto se encontró la influencia en la producción final, tanto en términos de productividad en campo, como en fábrica.

La segunda parte del trabajo, consistió en determinar si el impacto de fitotoxicidad en la planta, tiene alguna influencia, en términos económicos, esto por medio de la determinación beneficio-costos, comparados con los distintos niveles de daños encontrados en el lote estudiado. Esto permitirá tener un criterio para, en un futuro recomendar resiembras con base al nivel de daño encontrado en las zonas de traslapes.

## **2.2. Definición del problema**

La industria azucarera posee una gran variedad de materiales genéticos, contando con 43 opciones, (CENGICAÑA, 2009) dentro de los cuales existen diferentes respuestas ante plagas, fertilización, malezas, humedad, etc. La variedad CP88-1165 posee características deseables para la industria, como hábito de crecimiento de tallo semirrecto, follaje escaso, producción promedio en la zona media y baja de la costa sur (167 toneladas de caña por hectáreas, en plantilla), según la cuarta prueba regional de CENGICAÑA, colocándola como una variedad promisorio. En esta variedad y para la zona media de la región cañera, se observa un incremento, del 2.15% en toneladas de caña por hectárea, entre plantilla y primera soca (Orozco *et al.* 2004). Una disminución en el tonelaje, consecuencia de la fitotoxicidad, no justifica la resiembra debido a su costo, pero en zonas de traslape se pueden observar daños, producto de glifosato, que disminuyen en una proporción mayor que lo esperado, el tonelaje entre plantilla y primera soca.

La aplicación de madurante en la caña de azúcar en una práctica que se ha tornado indispensable, pues esta aumenta la concentración de los azúcares en la planta antes de ser cortada. El glifosato es un herbicida aplicado como madurante, utilizado con mayor frecuencia en la industria, a pesar de que se han hecho esfuerzos en investigaciones de

madurantes no herbicidas (Espinoza, 2009). Existen estudios que demuestran los beneficios de la aplicación de glifosato en caña de azúcar, mostrando una rentabilidad de la labor del 200% al 1000%, según Martínez.

Se debe tener en cuenta que el glifosato es un herbicida, y a pesar de ser aplicado en bajas concentraciones (el rango de mayor frecuencia es de 0.9-1.0 l /ha), causa algún efecto de fitotoxicidad en la caña de azúcar. A pesar de que el glifosato no presenta residualidad en los tejidos vegetales, se genera un desequilibrio en la producción de proteínas estructurales y enzimáticas, como también genera baja producción de metabolitos secundarios esenciales para la vida de la planta, producto de la rotura del shiquimato (Espinoza, 2009), acumulados en el sistema radicular y por tal razón causó efectos en los rebrotes. Por lo que la investigación, estuvo orientada a identificar distintos niveles de daño dentro de un cañaveral, madurado con glifosato, aplicado de forma aérea, donde se observaron zonas de sobredosificación y dosificación deseada. De esta forma crear una escala tomando en cuenta variables cuantificables, síntomas de fitotoxicidad por glifosato en la planta.

En la industria las aplicaciones de madurantes se hacen de forma aérea, este método puede provocar traslape en algunas de las aplicaciones, lo que complica el problema de fitotoxicidad en los lotes, hasta llegar al extremo de no observar rebrotes en algunos surcos, lo que obliga a la realización de la resiembra de forma localizada en estos. Esta práctica aumenta los costos de producción, por lo que el encontrar el nivel de daño adecuado para realizar una resiembra, es necesario en la toma de decisiones.

## **2.3. Marco teórico**

### **2.3.1. Marco conceptual**

#### **A. Sistema radical**

Constituye el anclaje de la planta y el medio para la absorción de nutrimentos y de agua del suelo. Está formado por dos tipos de raíces:

Raíces de la estaca original o primordiales: Son aquellas que se originan a partir de la banda de primordios radicales, localizada en el anillo de crecimiento del esqueje o estaca original que se siembra, son delgadas, muy ramificadas y su período de vida llega hasta el momento que aparecen las raíces en los nuevos brotes, lo cual ocurre entre los 2 y 3 meses de edad (Godoy, 1997).

Raíces permanentes: Son aquellas que brotan de los anillos de crecimiento radical de los nuevos brotes, son numerosas, gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta.

La cantidad, la longitud y la edad de las raíces permanentes dependen de la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura del mismo (Espinoza, 2009).

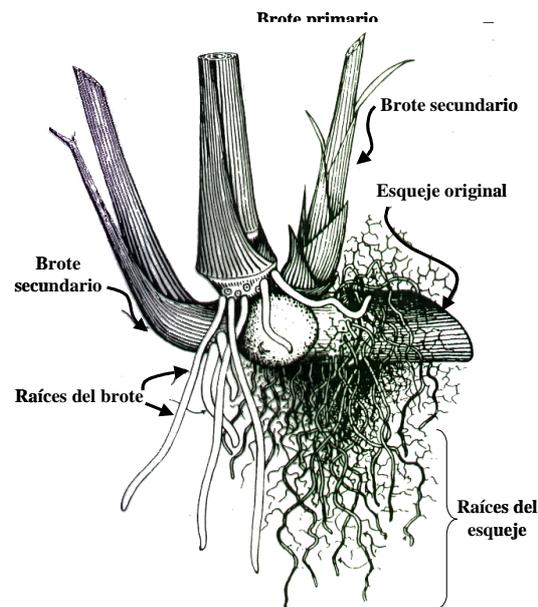


Figura 2. Sistema radicular y tipos de brotes. Tomado del trabajo realizado por Rincones, 1984.

## B. Tallo

Es el órgano más importante de la planta de la caña, ya que en él se almacenan los azúcares. La caña de azúcar forma cepas constituidas por la aglomeración de los tallos (macollas), que se originan de las yemas del material vegetativo de siembra y de las yemas de los nuevos brotes subterráneos (Polo, 2005).

El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento del tallo dependen principalmente de las variedades (López, 2007).

El tamaño o longitud de los tallos depende las condiciones agroecológicas de la zona donde crece y del manejo que se le brinde a la variedad.

El tallo se denomina primario, secundario, terciario, etc., si se origina de las yemas del material vegetativo original, del tallo primario, o de los tallos secundarios, respectivamente.

Los tallos de la caña de azúcar están formados por nudos en los que se desarrollan las yemas y las hojas, estos nudos se encuentran separados por entrenudos (Orozco *et al.* 2004).

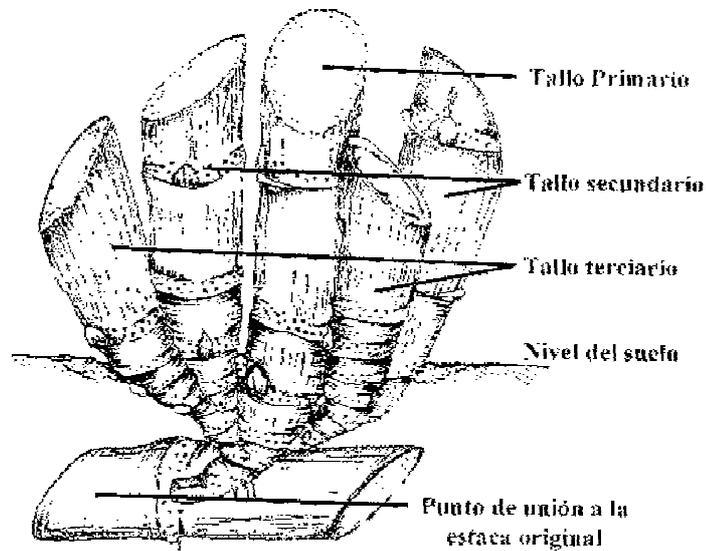


Figura 3. Estructura del macollamiento. Tomado del trabajo realizado por Rodríguez, 1998.

### C. Nudo

Es la porción dura y más fibrosa del tallo de la caña de azúcar que separa dos entrenudos vecinos. Está formado por:

El anillo de crecimiento.

La banda de raíces o primordios radicales.

La cicatriz foliar

El nudo propiamente dicho.

Yema y

El anillo ceroso

En la parte superior de la yema y sobre el entrenudo se proyecta una hendidura llamada canal de la yema. Las partes más importantes de la yema, son las alas, el poro germinativo y el apéndice.

## D. Entrenudo

Es la proporción del tallo localizada entre dos nudos. El diámetro, el color, la forma y la longitud de los entrenudos cambia con las variedades. Las formas más comunes de entrenudos son: cilíndrico, abarrilado, en forma de hueso, conoidal, obconoidal y cóncavo-convexo (Polo, 2005).

En la parte terminal del tallo se encuentra el meristemo apical, rodeado por los primordios foliares.

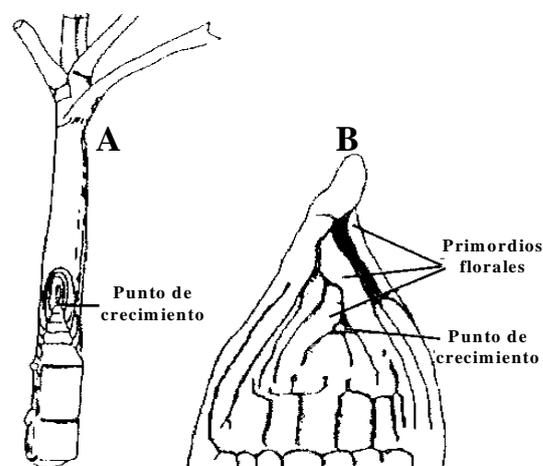


Figura 4. Meristemo apical y primordio floral. Tomado del trabajo de Rincones, 1984.

## E. Curva de producción

La curva de producción nos muestra el comportamiento en función del tiempo de la producción del cultivo, este comportamiento es específico para la variedad CP88-1165 en el estrato medio de la zona cañera del país (Orozco *et al*; 2004). Esta curva es característica debido a tener forma de campana con un sesgo hacia la izquierda, en el centro es donde se encuentra la mayor producción en términos de toneladas de caña por hectárea.

A partir de este punto la curva sigue un comportamiento decreciente, conforme aumenta el número de socas del cañaveral. Esta tendencia es aceptada, pues los ingresos brutos, a pesar de ser menores respecto a cada soca, son mayores a los ingresos producto de un cañaveral en plantilla, pero más los costos de resiembra.

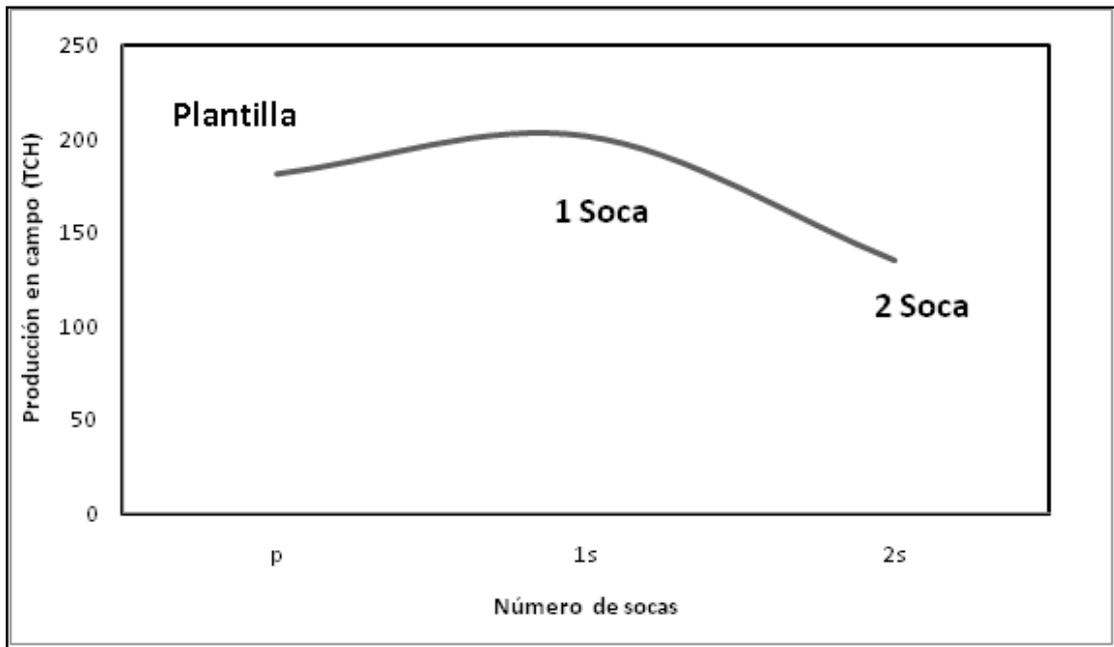


Figura 5. Comportamiento de la producción respecto al número de cortes, Variedad CP88-1165 para el estrato medio de la zona cañera guatemalteca.

Fuente: Programa de variedades, CENGICAÑA.

## F. Fitotoxicidad

Los síntomas más comúnmente observados, por la aplicación de glifosato, es albinismo (clorosis) seguida de necrosis. Otro síntoma foliar es el enrugamiento o malformación denominados efectos násticos (especialmente de áreas de rebrotes) y necrosis de meristemos tanto apicales como radiculares, esto es frecuente en los estolones de las socas (Rodríguez, 1995). En contraste con herbicidas de contacto, los síntomas de fitotoxicidad por glifosato, generalmente tienen un desenvolvimiento lento, con ocurrencia varios días o semanas después de la aplicación. En el caso de la caña de azúcar visible incluso en la socas.

El glifosato produce una menor síntesis de clorofila. Esto se ha comprobado tanto en laboratorio como en campo, el albinismo fue en estos casos, un síntoma común de fitotoxicidad en las plantas por glifosato, similar a la deficiencia del hierro, durante el crecimiento posterior de la planta el albinismo desaparece, generando nuevas hojas la planta.

Existen evidencias de que el glifosato causa efectos en la disminución de la síntesis de ácido aminolevulínico (ALA), el cual es un precursor de la biosíntesis de hierro y magnesio el cual es precursor de la síntesis de la clorofila, de igual forma el hierro precursor de la síntesis del fitocromo (Yamada y Camargo, 2007).

### **G. Características de la variedad CP88-1165**

Esta es una variedad de regular deshoje natural. Presenta hábito de crecimiento de tallos semirrectos y follaje escaso. Los entrenudos presentan una coloración rojiza y formando un crecimiento curvo ligeramente en zigzag (Orozco *et al.*; 2004). Posee un canal en el lado de la yema en todo el largo del entrenudo.

El nudo forma un crecimiento obconoidal en el lado opuesto de la yema, la cual es ovalada con alas y anillo de crecimiento semiliso. Posee aurícula en forma lanceolada larga y corta en la misma vaina y la presencia de la lígula es creciente lineal (Orozco *et al.* 2004).

Se ha observado que esta variedad es una de las más susceptibles a la aplicación de glifosato, ocasionando problemas de rebrote, incluso con dosis por debajo de 1 litro/ha. El rebrote inicia su emergencia del suelo aproximadamente un mes luego del corte, esto en condiciones ideales de humedad.

### **H. Glifosato.**

La mayoría de los productos que se han evaluado como madurantes en caña de azúcar son herbicidas específicos para especies de hojas angostas (gramíneas), de aplicación postemergente y de acción sistémica con base en Asulam y compuestos del grupo oxifenoxido (Ortiz, 2003). En el valle geográfico del río Cauca, Roundup presenta buenos

resultados en términos de efectividad, persistencia de su actividad y economía (Arcila y Villegas, 1995).

La molécula de glifosato N (fosfometil) glicina, el ingrediente activo de Roundup, está relacionada con la glicina, el aminoácido esencial más simple, siendo su fórmula estructural la siguiente:

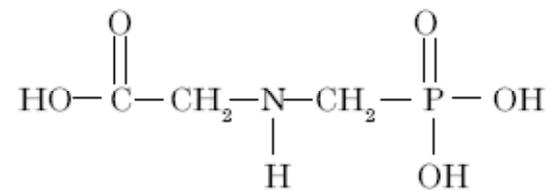


Figura 6. Estructura molecular del glifosato. Tomado del trabajo de Torres y Acosta, (1998.)

#### a. Mecanismo de acción

El ingrediente activo de glifosato penetra en el follaje y se trasloca por el simplasto (tejido vivo de la planta), junto con los productos de la fotosíntesis, y se acumula en los meristemas, principalmente en el punto de crecimiento.

La hipótesis más aceptada considera que el glifosato inhibe la acción de dos enzimas, la mutasa corísmica y la deshidratasa prefénica, que intervienen en la síntesis del ácido coríasmico el cual es, a su vez, precursor de tres aminoácidos exclusivos que solamente sintetizan las plantas: el triptofano, la tirosina y la fenilalanina (Espinoza, 2009).

Se ha demostrado también que el glifosato actúa sobre la enzima invertasa ácida, necesaria para desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa que intervienen directamente en el crecimiento de la planta. El ingrediente activo de glifosato (Roundup) parece reducir los niveles de invertasa ácida en cañas tratadas y, por consiguiente, también disminuye los niveles de glucosa y fructosa (Römhheld, 2007).

Como resultado de lo anterior, menos sacarosa se desdobla para crecimiento y se almacena en las células, principalmente en las del tercio superior del tallo. En consecuencia, la inhibición de la síntesis de estos tres aminoácidos, de los ocho que

sintetizan las plantas, es la base de la toxicidad diferencial de Roundup. (Rincones y Gómez, 1984).

#### **b. Uso de glifosato, como madurante**

Con la aplicación de estos productos se busca modificar las condiciones naturales de maduración a fin de incrementar el contenido de azúcar, sin afectar significativamente la producción cultural (Rodrigues, 1995).

Además, los madurativos al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar un desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica, mejorando la eficiencia global de la cosecha.

#### **c. Efectos en productividad en fábrica.**

Se han observado respuestas favorables en el 83% de las situaciones evaluadas, con incrementos de hasta un 28.7%, en trabajos realizados en la industria azucarera colombiana (Arcila y Villegas, 1995). Los máximos incrementos se han observado entre la sexta y décima semana posterior a la aplicación, lo cual destaca a este período como el óptimo para efectuar la cosecha. El incremento promedio obtenido varió entre un 6% y un 11%.

#### **d. Síntomas observados por uso de madurante.**

Los tallos de lotes tratados presentan los entrenudos apicales (tercio superior) más cortos y manifiestan un amarillamiento progresivo y generalizado del follaje a partir de la quinta - sexta semana posterior a la aplicación (Rincones y Gómez, 1984), especialmente en el

sector del despunte, porción en que las yemas apicales muestran una brotación pobre, la que avanza con el paso del tiempo.

#### Impacto económico

La aplicación del glifosato es una práctica rentable. Un manejo eficiente de esta tecnología permite obtener beneficios económicos que superan ampliamente los costos de aplicación (40 Kg. extras de azúcar por hectárea) al lograr en promedio entre 500-700 Kg. de azúcar/ha (Godoy, 1997) y en un plazo corto (6<sup>o</sup> - 10<sup>o</sup> semanas del tratamiento). El impacto económico es mayor si se consideran los beneficios indirectos que genera la aplicación (inicio de la molienda, mejor calidad de cosecha, menor trash, mayor altura de despuntado, etc.) (Larrahondo y Villegas, 1995).

#### **e. Uso de glifosato como madurante en la agroindustria azucarera guatemalteca.**

En la actualidad la práctica agronómica, de inducción de la caña de azúcar a la maduración, bajo condiciones no favorables, para su maduración natural, es una práctica común en la industria azucarera de Guatemala (López, 2007).

#### Dosis de Glifosato

En base a experiencias se han evaluado dosis de glifosato, que van desde 0.2 a 0.8 litros de ingrediente activo por hectárea (i.a./ha), obteniéndose en estos casos efectos significativos, aunque en la dosis más alta se detectó una respuesta ligeramente mayor. La menor dosis debería utilizarse en las socas jóvenes, en cambio la dosis mayor podría ser utilizada en lotes que serán, luego de la cosecha, descepados y renovados (Yon, 1999).

#### Riesgos de su Utilización

Para obtener el máximo aprovechamiento de esta técnica es fundamental realizar una adecuada planificación y un manejo exigente y cuidadoso que permita prevenir y minimizar los riesgos implícitos, los cuales se citan a continuación:

- \* Daños en cultivos vecinos.
- \* Reducción de la producción cultural del cañaveral aplicado por efecto de altas dosis o de aplicaciones muy tempranas.
- \* Posibles efectos en el rebrote y/o en el rendimiento cultural del ciclo siguiente en lotes estresados, por efecto de sobredosis, o fajas de sobre aplicación.
- \* Deterioro de la calidad fabril por retrasar la época de cosecha.
- \* Afectar la capacidad de brotación de yemas de lotes destinados a caña semilla (Yamada y Camargo, 2007).

### **2.3.2. Marco Referencial**

#### **A. Finca San Bonifacio**

##### **a. Características Edáficas**

Los suelos de la región son de textura Franco Arenoso, y el tipo de suelo es Entisoles. El drenaje es bueno, pero con una leve capacidad de retención de agua, debido a vetas de arena presente en la finca (Ingeniería del campo Ltda, 1996).

Historial de Producción

##### **b. Cultivos Existentes en la Finca**

La finca es explotada con el cultivo de caña de azúcar en su totalidad.

#### **B. Variedades de Caña de Azúcar**

En lotes cercanos al estudiado se encuentra la variedad CP72-2086, a la cual se aplicó madurante bajo las mismas condiciones de la variedad estudiada, la misma dosis y en el mismo vuelo. Esta variedad no presentó problemas de rebrote, y se encontraba en segunda soca.

### **C. Historial de producción en toneladas de caña por hectárea (TCH)**

El lote tenía una proyección de producción de 90 TCH, y se obtuvo un rendimiento real de 83.5 TCH en plantía. Con una aplicación de 0.95 litros de producto comercial por hectárea (l p.c./ha), la presentación del producto fue Roundup SL.

### **D. Antecedentes del cultivo del lote**

La variedad evaluada es CP88-1165, a la cual se le realizó la aplicación de madurante el 28 de noviembre 2008. Y el corte se realizó el 21 de enero del 2009.

La aplicación se realizó por medio de helicóptero, y se obtuvo un coeficiente de variación de 3.58%. La concentración fue 0.95 l p.c./ha de la presentación del producto fue Roundup SL. La dosis por tonelada de caña estimada fue de 10.56 cc/ tonelada de caña y la dosis real 11.43 cc. Se contó con un total de 7.71 semanas de maduración.

Luego del corte, se realizó un muestreo para determinar las yemas viables y las afectadas por la aplicación de glifosato, encontrándose un total de 16 en 5 metros. Para esto, se tomaron 5 metros en dos surcos, para evaluar el porcentaje de yemas viables, esta medición se realizó a los 20 días después del corte. La densidad de yemas viables debe ser mayor de 12 en 5 metros, para no realizar una resiembra.

### **E. Franjas de sobredosificación**

Con la ayuda del croquis del lote y del croquis de la aplicación se determinó que el daño observado de rebrote en franjas, era causa de un traslape de la lamina de aplicación de glifosato utilizado, como madurante. Estas se habían identificado previamente por el personal de Pantaleón, y corroborado con la ruta de vuelo del helicóptero. También se identificaron zonas donde no se aplicó madurante, dentro del mismo lote y la misma variedad, debido a la a las características del campo. El área del lote es de 19.7 hectáreas, la aplicación se realizó en dirección noreste a suroeste, de forma perpendicular a la dirección de los surcos.



Figura 7. Croquis de aplicación del madurante, cada banda indica una faja de aplicación.

#### **F. Antecedentes de investigación.**

A nivel internacional se han realizado estudios semejantes en Lousiana, E.E.U.U. donde se ha encontrado que las variedades evaluadas bajo las condiciones de la región, poseen la capacidad de recuperarse y tener produBcciones semejantes a las no afectadas. Por lo que se cree en estas variedades bajo las condiciones del subtrópico y trópico, deberían no presentar ningún tipo de problema, y tener una mayor capacidad de recuperación (Legendre *et al.* 2004).

A nivel nacional, CENGICAÑA y la universidad de San Carlos han realizado varias investigaciones, abordando el tema desde el punto de influencia del glifosato en la producción de forma directa, determinando que la utilización del glifosato como madurante, mejora el rendimiento tanto en campo como en fábrica. Pero no se ha determinado y cuantificado las perdidas por aplicaciones de glifosato en futuras socas.

## 2.4. Objetivos

General:

Evaluar los efectos secundarios en rebrotes de caña de azúcar, por aplicación del glifosato, como madurante con finalidad de establecer una escala que relacione el daño con la producción.

Específicos:

- Evaluar la fitotoxicidad en función del efecto del madurante en caña de azúcar postcorte.
- Cuantificar y comparar el crecimiento en altura de caña de azúcar, durante el ciclo del cultivo.
- Proponer una escala de valores en función del daño observado en el rebrote, producto de fitotoxicidad por glifosato.
- Determinar la producción de caña por hectárea (TCH).
- Encontrar un nivel de daño, donde económicamente es recomendable la resiembra.

## 2.5. Hipótesis

El análisis de los efectos causados por el glifosato, en la etapa postcorte, permite elaborar una escala, la cual indica el nivel de daño del cultivo, que puede ayudar a identificar la necesidad de resiembra con ventajas económicas.

## **2.6. Metodología**

### **2.6.1. Metodología experimental**

#### **A. Características del material experimental.**

##### **a. Variedad**

La variedad que sirvió para la evaluación fue CP88-1165, esta es una variedad desarrollada en Canal Point, Florida, Estados Unidos. Bajo las condiciones nacionales se ha observado que es susceptible a la aplicación de glifosato, aplicado en plantía.

Localización de franjas de traslape.

Con la ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS), se georeferenciaron, las franjas donde se observó efecto de sobredosificación. Con la ayuda de sistemas de información geográfica (SIG), se contrapuso con el croquis de vuelo, el cual marcó las áreas de cobertura de la ruta abarcada por cada aplicación previamente obtenido.

El área total de la parcela formó el área de estudio, dentro de la cual se contó con un área neta de toma de datos de 1,620 m<sup>2</sup>, distribuido en 18 subparcelas en todo el lote.

##### **b. Diseño experimental**

Para el análisis de las variables se utilizó un diseño bifactorial (factor principal, zonas de traslape, no traslape y no aplicación (Testigo); factor secundario, las distintas épocas de muestreo), con un arreglo de parcelas divididas en el tiempo. Se realizaron cuatro repeticiones en las distintas franjas de traslape, que son distintas entre sí, causando niveles distintos de daño, esto debido a que las franjas poseen distintos patrones de traslape, en este caso se asumieron como bloques, dos franjas adyacentes, una de traslape y otra de no traslape.

Los tratamientos del factor principal consistieron en las zonas de traslape (T1), las zonas de no traslape (T2) y las de no aplicación (T3), conformando un bloque experimental.

### **c. Tratamientos**

El factor principal (tratamientos) se consideró como las zonas de traslape (sobredosificación) y las zonas de no traslape, comparados con un testigo absoluto, el cual es la zona de no aplicación. El factor secundario, consistió en las distintas fechas de muestreo (realizadas cada 30 días, iniciando los 40 días después del corte), que indicó el comportamiento de la caña en sus distintas etapas fisiológicas. También se contó con parcelas donde se realizaron labores de resiembra.

Zonas de traslape: estas franjas poseyó distintas características, por lo tanto distintos niveles de daño entre sí, debido a que el patrón de deriva en la aplicación es distinta en cada franja de aplicación. Considerando lo anterior, se colocó una parcela por cada franja de sobredosificación. Es importante tener en cuenta que en esta zona de sobredosificación, se observaron los efectos de fitotoxicidad más severos, debido a que la dosis aplicada fue el doble de la estimada.

Zonas de no traslape: fueron las áreas donde la dosis de glifosato fue la correcta, y no existió ninguna sobredosificación producto de la deriva de la cortina de aplicación. En estas zonas se encontraron efectos de fitotoxicidad de una forma leve o moderada, de igual forma que en las zonas de traslape, se colocó una parcela de muestreo en cada franja de no traslape.

Zonas de no aplicación: esta área se localizó en puntos identificados, donde la avioneta no pudo realizar aplicación, observado en el croquis de vuelo y se realizaron visitas al lote, de forma previa para localizar estas franjas. Estas sirvieron como un testigo absoluto, pues en estas plantas no se encontraron daños por glifosato, como albinismo o efectos násticos, por lo que sirvió como un comparador de lo que se considera como una planta en óptimas condiciones.

Zonas de resiembra: en los lugares donde se realizaron resiembra, se establecieron parcelas, estas no estuvieron sometidas a tomas de datos como las otras zonas, estas fueron útiles para tener datos comparativos de producción y costos de resiembra.

#### d. Unidad experimental

El área total del lote estudiado es de 19.7 hectáreas, dentro de la cual se distribuyeron 18 parcelas de 9 m de ancho (1 chorra, 6 surcos) y 10 m de largo, para un total de 90 m<sup>2</sup> por parcela neta, estas dimensiones obedecen a metodologías previas, que han determinado esta unidad de muestreo como la más adecuada (Alvarez,1982).

Croquis de campo

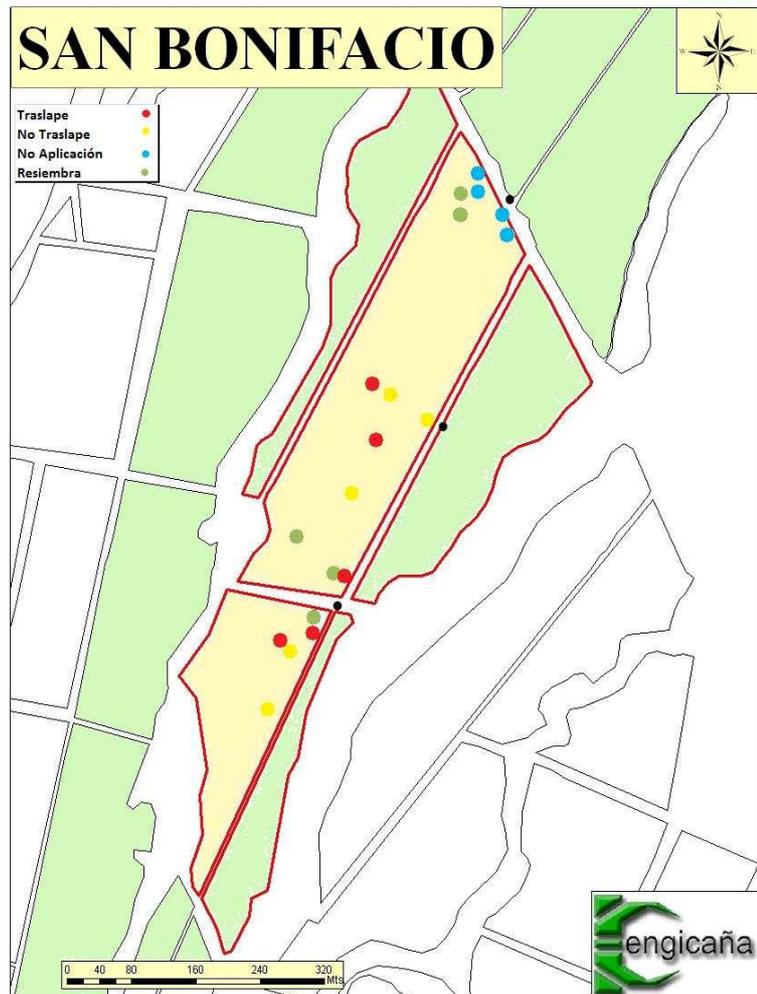


Figura 8. Croquis del lote y la distribución de las parcelas evaluadas.

## **B. Manejo del cultivo**

Las labores del cultivo fueron manejadas de acuerdo al manejo de la empresa Pantaleón, realizando actividades como: desbasurado, paso de cultivadora, fertilizaciones, riego, control de malezas, entre otras.

Actividades del lote 1402 de finca San Bonifacio (004)

1. Requema
2. Riego Gravedad-Aspersión: Frecuencia de riegos de 15 días.
3. Escarificado
4. Control de malezas
  - a. Mecánico
  - b. Manual
  - c. Químico
5. Fertilización Mecánica: (Se realizaron a los 76 días por decisión de mantenimiento de la planta o volteo).
6. Paralelo al control de malezas se realizó la resiembra con esquejes.

## **C. Variables de respuesta**

Las variables que se estudiaron pueden comprenderse, como las relacionadas al crecimiento del cultivo y las relacionadas a la producción.

Dentro de las relacionadas al crecimiento del cultivo, tenemos: población de rebrote, albinismo y efectos násticos, las mediciones se realizaron únicamente a los 40 días después del corte. Las variables población de tallos molederos y crecimiento del tallo (altura y diámetro), se realizaron cada 30 días a partir de los 40 días después del corte.

Las variables de producción como el TCH, se tomó en el momento del corte y el comportamiento de la concentración de azúcar, se realizaron muestreos de precosecha cada 8 días, desde el momento de la aplicación del madurante hasta el momento de la cosecha.

### **a. Población de Rebrote (Número de Brotes por Metro)**

Para conocer la población de rebrotes se realizaron muestreos en 10 m de dos surcos, seleccionados al azar, de cada unidad experimental, este muestreo se realizó a los 40 días después del corte.

### **b. Fitotoxicidad.**

La fitotoxicidad del glifosato, presenta sintomatologías que están directamente relacionadas a la intoxicación de la planta en el ciclo anterior, las variables siguientes se evaluaron a los 40 después del corte:

### **c. Albinismo (%)**

Para determinar el porcentaje de albinismo se contó la población total de rebrote, de la cual se determinó el número de rebrotes albinos, se utilizó la siguiente formulas:

$$\% \text{ albinismo} = \frac{\text{Número de rebrotes con albinismo}}{\text{Población total de rebrotes.}} \times 100$$

### **d. Efectos Násticos (%)**

Para determinar el porcentaje de efecto násticos (E.N.) o cogollo retorcido, se contó la población total de rebrote, de la cual se determinó el número de rebrotes con cogollo retorcido, se utilizó la siguiente formulas:

$$\% \text{ E.N.} = \frac{\text{Número de rebrotes con E.N.}}{\text{Población total de rebrotes.}} \times 100$$

Población de Tallos Molederos (Número de Tallos Molederos por Metro)

Para determinar la población de tallos molederos, se realizaron muestreos cada treinta días, iniciando a los 40 días después del corte (momento donde se inicia a diferenciar el tallo moledero), hasta los 160 días después del corte. Estos se realizaron en 10 metros 6 surcos de cada Unidad Experimental.

#### **e. Crecimiento de tallo**

Se determinó a través de 10 tallos seleccionados al azar y marcados previamente en dos surcos centrales de cada unidad experimental midiendo desde la base del tallo hasta la última lígula visible la variable altura (metros) y en el entrenudo central el diámetro (centímetros). Se realizó esta medida cada 30 días después del corte hasta los 320 días después del corte. Estas mediciones se realizaron a las mismas plantas seleccionadas al inicio, a lo largo de las distintas fechas de muestreo, esto para darle continuidad, para esto se marcaron en la base de la planta con una cinta distintiva, para identificarlas.

#### **f. Nivel de daños**

De acuerdo a los resultados de las variables medidas a los 40 días después del corte, se clasificaron las parcelas con efectos de daño, asociándolo con el tipo de daño estimado de forma visual.

Esto se realizó a partir de la caracterización de las áreas estudiadas. Para ello se necesitó establecer un comparador absoluto, el cual consistió en una parcela del mismo lote, de la misma variedad, y condiciones, a la cual no se aplicó glifosato, y por lo tanto no presentaron problemas de rebrote.

El % de diferencia de brotes ( $[(15 - \text{número de brotes}) / 15] * 100$ ), es un indicador de daño por glifosato, debido a la pérdida de la dominancia apical, se espera el estímulo en la proliferación de tallos. Esto se puede determinar con base a la cantidad de 15 brotes por metro lineal, por ser ese el número deseable. Y al establecer el porcentaje de decremento en las variables de altura, de los datos tomados de los lotes tratados respecto al testigo (1-

altura tratado/altura testigo), se pueden establecer los niveles de daño por medio de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Nivel de daño (\%)} = & 0.25 * \% \text{albinismo} + 0.3 * \% \text{E.N.} \\ & + 0.35 * \% \text{decremento de altura} \\ & + 0.1 * \% \text{de diferencia de brotes} \end{aligned}$$

La ponderación de cada una de las variables obedece a la influencia sobre el rendimiento.

El valor del nivel de daño de cada tratamiento se asoció al tipo de daño (leve, moderado, severo y muy severo), obteniendo el rango de nivel de daño para los tipos de daño. Con esto se realizó la escala de nivel de daño.

#### **g. Toneladas de caña por hectárea (TCH)**

Se determinó el 26 de diciembre del 2009, 11 días antes de la cosecha del lote. Se cortó el surco central de los 6 surcos de la unidad experimental, y se peso utilizando para ello una balanza electrónica.

#### **h. Kilogramos de azúcar por tonelada de caña**

El día de la cosecha se procedió a cortar cinco tallos completos de los seis surcos centrales de cada unidad experimental muestreada; estas se llevaron al laboratorio del Ingenio respectivo para análisis de calidad del jugo, brix, azúcares reductores, Pol (%), pureza y determinar su rendimiento industrial.

## **D. Medición de variables climáticas**

### **a. Fotoperiodo**

Las horas/luz efectivas fueron determinadas según datos obtenidos a través del heliógrafo ubicado en las estaciones manejadas por Agrometeorología cercanas al área del experimento que recolecta estos datos (estación Mangalitos).

### **b. Radiación ( $\text{Watt}\cdot\text{m}^2$ )**

Esta se obtuvo de las mediciones recibidas por el Piranómetro, cercanas al área del ensayo con el apoyo del área de Agrometeorología (estación El Balsamo).

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

Se llevó el registro diarios de temperaturas mínimas, medias y máximas, se observó el comportamiento. Se realizaron gráficos semanales (estación El Balsamo).

### **c. Precipitación pluvial**

Se determinó la cantidad de lluvia precipitada (mm) durante los meses que duró el ensayo (estación El Balsamo).

## 2.7. Resultados

### 2.7.1. Sintomatología del rebrote

#### A. Efectos násticos

Los efectos násticos se manifiestan como un síntoma de la intoxicación de la planta por glifosato (Espinoza, 2009), en este sentido se realizó un muestreo a los 40 días después del corte y se observó un mayor porcentaje en las parcelas con traslape en la aplicación. Estos síntomas desaparecen en su totalidad a los 70 días después del corte. Los efectos násticos identificados por malformaciones de la hoja, provocan la muerte de la misma y disminución en la tasa fotosintética de la planta, afectando el desarrollo de la planta directamente (Yamada y Camargo, 2007), en este periodo, que comprende los primeros 70 días de crecimiento.

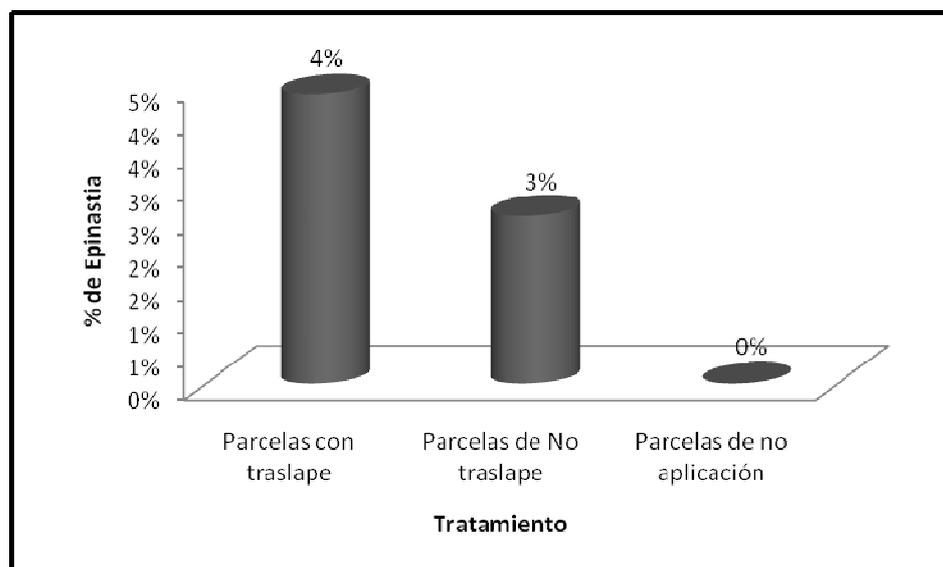


Figura 9. Incremento de los efectos násticos, relacionado al incremento de glifosato. Escuintla, 2009.

## B. Albinismo

El albinismo es otro síntoma asociado a la intoxicación de la planta con glifosato, y semejante a la deficiencia de hierro en la planta, por lo que se observan hojas albinas, carentes de clorofila. Esto se debe a que el glifosato provoca decremento en la síntesis del ácido aminolevulínico, el cual es un precursor de la síntesis de la clorofila y el cual depende del hierro (Yamada y Camargo, 2007). Por lo que a pesar de no existir deficiencia de hierro se observa este síntoma.

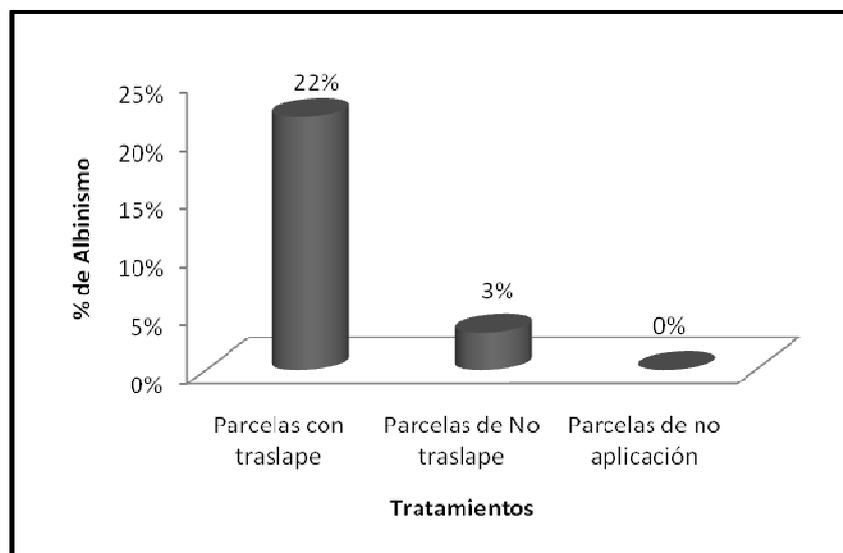


Figura 10. % de albinismo por tratamiento, con incremento en dosis mayores de glifosato. Escuintla, 2009.

Se observa que en las parcelas con traslape existe un mayor porcentaje de albinismo debido a la sobredosis, por lo que está asociado a una menor producción de ácido aminolevulinico. Esto comparado con la parcela de no traslape, se observa una diferencia de 19%, por lo que se puede decir que la sobre aplicación causa un efecto en el albinismo del rebrote de la caña.

De igual forma que los efectos násticos, este síntoma desaparece antes de los 70 días después del corte (Gravena, citado por Yamada y Camargo, 2007). Este síntoma también influye en el desarrollo de la planta, debido una disminución directa en la fotosíntesis, en

las hojas afectadas (Espinoza, 2009). A estas problemáticas podemos atribuir el efecto de heterogeneidad en el crecimiento del cultivo, causando el efecto denominado ola.

### **C. Población de caña de azúcar**

La población inicial es un factor determinante en la producción final de caña de azúcar. Cuando hablamos de tallos primarios, se hace referencia a los tallos más desarrollados, y tallos secundarios los que son posteriores a los primarios y se observan menos desarrollados que los primeros (Bezuidenhouta *et al*, 2002).

En las parcelas donde existió un traslape en la aplicación (T1) y por lo tanto una sobredosisificación, se observó que existe influencia sobre la población (número de plantas por metro lineal), la cual está por debajo de la población de las parcelas Testigo (T3), que puede encontrarse entre 15-20 tallos/metro lineal.

Debido al mecanismo de acción del glifosato, este dentro de la planta inhibe la síntesis de triptofano que es precursor de la formación de raíces y brotación (Römheld, 2007). En las parcelas donde no existe traslape o aplicación de la dosis recomendada (T2), se observa una población, de 15 tallos/metro, por arriba de T2, por lo que podemos decir que existo una estimulación de la brotación (Velini, 2008), debido a que al aplicarse dosis muy bajas, sigue existiendo producción de triptófano y con esto una inducción de la brotación, pero una pérdida de la dominancia apical, fenómeno conocido como hormesis (Velini *et al*, 2009).

Se observa que en la parcela T3 existe un mayor porcentaje de tallos primarios, comparado con las parcelas T1 y T2, por lo que se puede asumir que estos últimos poseen un desarrollo más lento que la parcela de no aplicación. También se observa que los porcentajes de tallos secundarios en las parcelas con traslape (83%) y no traslape (80%) son altos, sobre todo el de no traslape, por lo que se puede presumir que los tallos secundarios estarán mayor tiempo en competencia entre sí (Bell y Garside, 2005).

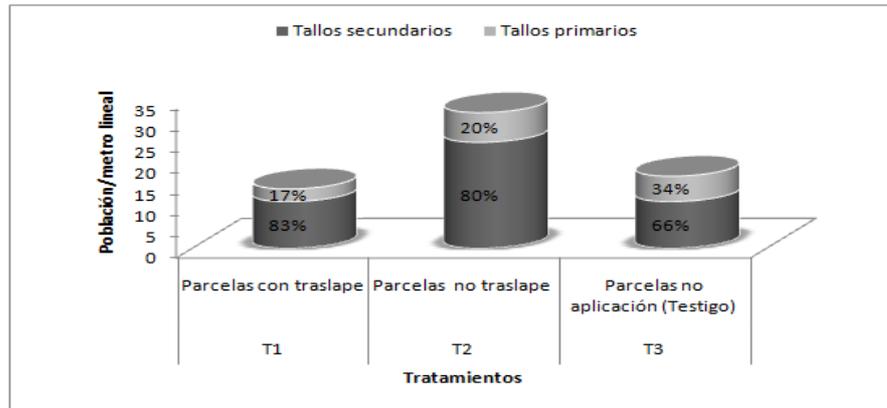


Figura 11. Número de tallos primarios y secundarios por metro lineal. Escuintla, 2009.

El comportamiento de la población respecto a dos momentos de observación, 40 y 70 días después del corte (ddc), observamos una estabilización en 14 tallos por metro lineal a los 70 ddc, tanto en la parcela de traslape y testigo. Se observa en estudios similares que el número de tallos por metro para la variedad CP88-1165 se encuentra alrededor de 10 a 15 tallos (Semana científica, 2009).

Pero en la parcela de no traslape a los 70 ddc, a pesar de existir un comportamiento de disminución de tallos por metro, respecto a los observados a los 40 ddc, no se ha estabilizado en el número esperado, respecto a la parcela testigo, y como ya se mencionó esto incrementa el tiempo de competencia entre tallos y causa un efecto secundario que se verá más adelante en el crecimiento del cultivo.

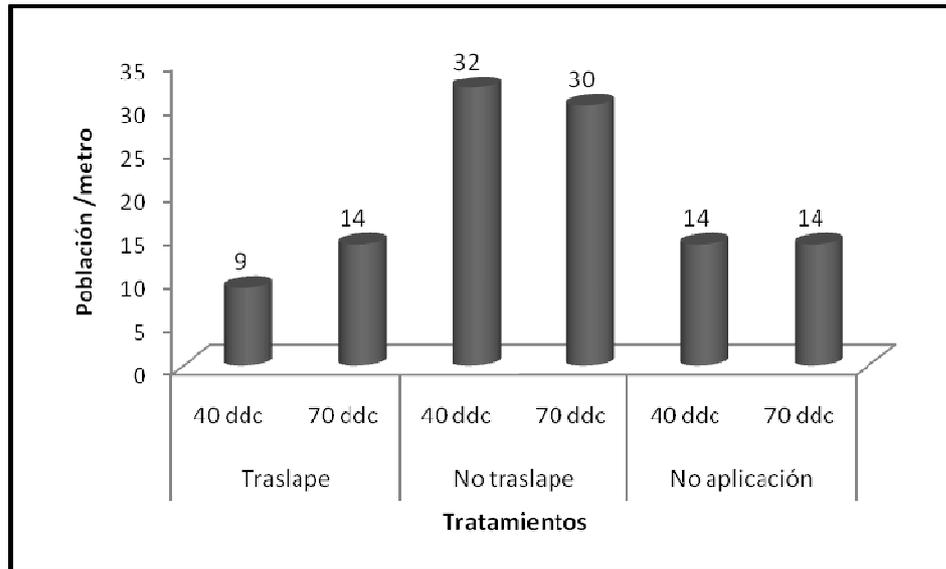


Figura 12. Número de tallos antes del cierre del cañal. Escuintla, 2009.

### 2.7.2. Efecto del glifosato, sobre el número de tallos molederos

La población de tallos molederos está directamente relacionada con la población inicial e influye en la producción final. Se observa que en las parcelas de no aplicación, existe un comportamiento de incremento continuo de tallos molederos respecto al tiempo, contrario con las parcelas de no traslape que presenta mayores fluctuaciones, alcanzando un pico a los 100 días después del corte y luego un decremento hasta alcanzar la estabilización en un total de 10 tallos molederos por metro.

Cuadro 10. ANDEVA, variable número de tallos molederos. Transformación  $\sqrt{x}$ .

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Raiz Tallos molederos	60	0.81	0.69	16.15

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	23,67	23	1,03	6.70	<0.0001
Bloque	0,27	4	0,07	0.43	0.7829
Tratamiento	1,60	2	0,80	4.41	0.0513
Tratamiento*Bloque	1,45	8	0,18	1.18	0.3355
DDC	8,35	3	2,78	18.12	<0.0001
Tratamiento*DDC	12,00	6	2,00	13.02	0.0001
Error	5,53	36	0,15		
Total	29,20	59			

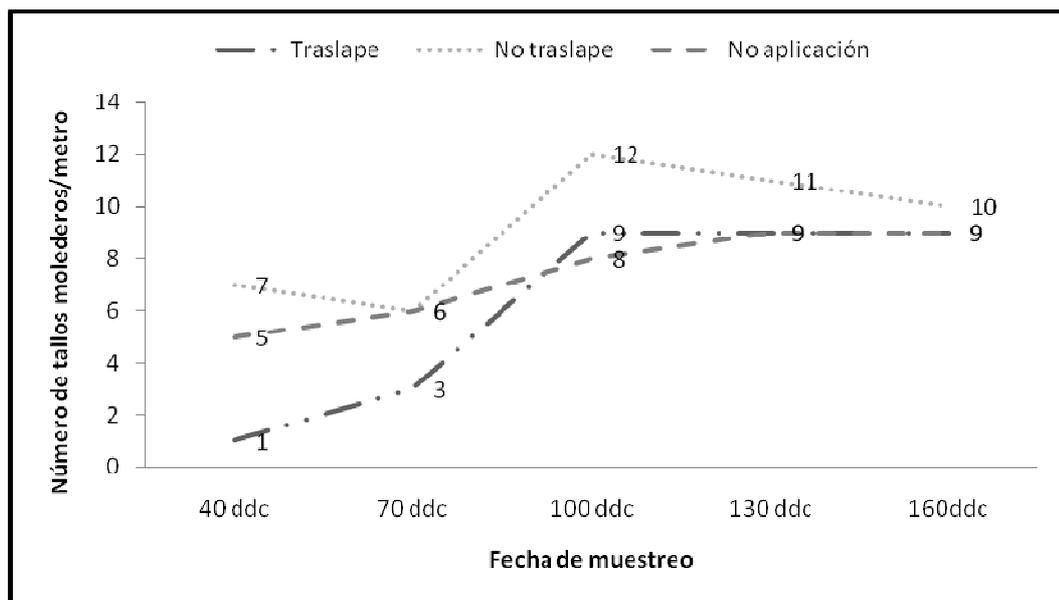


Figura 13. Comportamiento del número de tallos molederos en el tiempo. Escuintla, 2009.

A pesar que a los 160 días después del corte, en las tres parcelas se observa una estabilización en la población de tallos molederos en un número de 9 a 10, se observa mayor variabilidad en las parcelas con no traslape, esto significa que a lo largo del surco en áreas de no traslape podemos encontrar tramos con mayor frecuencia con poblaciones

por arriba y por debajo de 9 a 10 tallos. Contrario de las parcelas de no aplicación donde es más homogénea la población a lo largo del surco.

Cuadro 11. Desviación estándar de número de tallos molederos de cada tratamiento.

<b>Desviación Estándar (DE)</b>	
<b>Traslape</b>	16.1
<b>No traslape</b>	27.5
<b>No aplicación</b>	9.7

Al presentar una mayor desviación estándar en las parcelas de traslape, podemos decir que existe mayor variabilidad, por lo tanto es más frecuente que el testigo, encontrar áreas con valores por abajo el promedio general de tallos moledero por metro.

### **2.7.3. Efecto del glifosato, sobre la altura de planta**

La altura de la planta es un factor importante en la producción final, que depende de las primeras etapas del cultivo y las condiciones óptimas para estimular un crecimiento y desarrollo deseable, afectando de forma directa el tonelaje (Wegner *et al*, 2008). En las parcelas de no aplicación se observa que en todo momento existió una mayor altura, comparado con las de no traslape, traslape y parcelas de resiembra tomado hasta los 320 días después del corte y la resiembra realizada 70 días después del corte. La altura de la planta responde al desarrollo de la planta y los problemas de competencia de los tallos en las etapas iniciales y el decremento de la tasa fotosintética producto de la intoxicación de la planta.

Cuadro 12. ANDEVA, variable Altura de planta.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (m)	75	0.97	0.95	15.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	76,88	26	2,96	137.29	<0.0001
Bloque	0,04	4	0,01	0.49	0.7410
Tratamiento	0,65	2	0,33	17.19	0.0013
Tratamiento*Bloque	0,15	8	0,02	0.88	0.5412
DDC	75,44	4	18,86	875.69	<0.0001
Tratamiento*DDC	0,60	8	0,07	3.45	0.0011
Error	1,03	48	0,15		
Total	77,91	74			

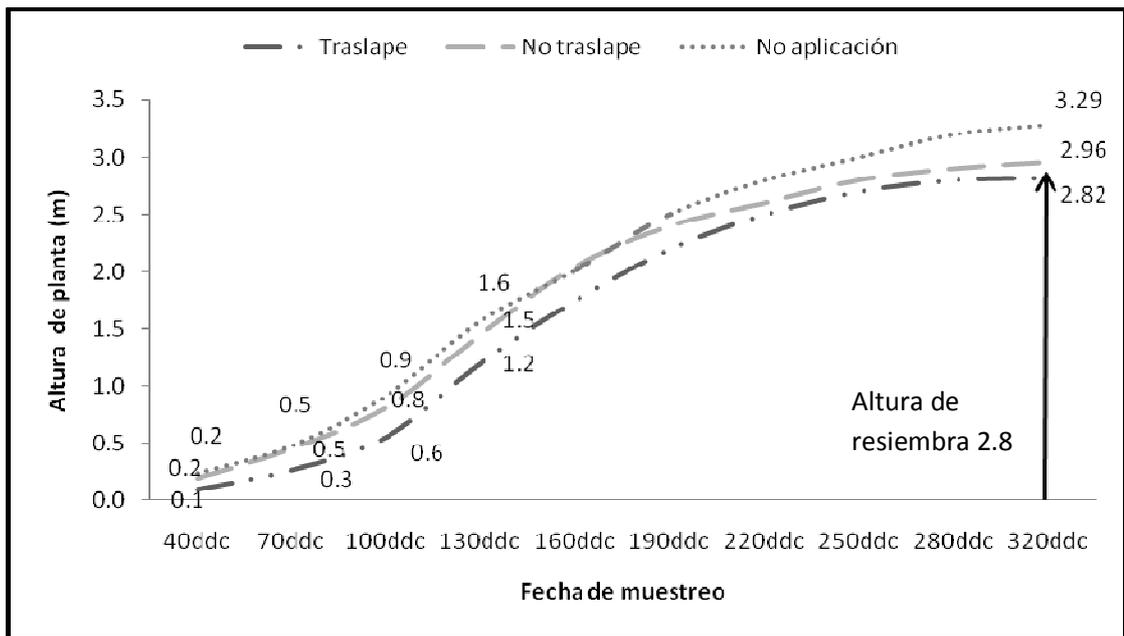


Figura 14. Comportamiento de la altura de la caña de azúcar en el tiempo. Escuintla, 2009.

En este caso la variabilidad también juega un papel importante, pues esto indica que tan homogénea es la altura de las parcelas. Se observó que la mayor variabilidad la presenta la parcela de traslape, comparado con la parcela de no aplicación que nos indica una

mayor homogeneidad en la altura de las plantas, que se espera que repercuta en el tonelaje por hectárea.

Cuadro 13. Desviación estándar de la altura de planta por tratamiento.

	<b>DE</b>
<b>Traslape</b>	0.10
<b>No traslape</b>	0.09
<b>No aplicación</b>	0.05

Se observa que existen diferencias significativas entre las fechas de muestreo y los tratamientos. En base a esto se puede decir que la altura de las parcelas de testigo fue en todo momento mayor comparado con la parcela de traslape, hasta los 130 días después del corte luego la altura de las parcelas de traslape iguala a las parcelas de no aplicación. Las altura de las parcelas de traslape estadísticamente es igual a la altura de las parcelas de no traslape y no aplicación del muestreo previo, por lo que se puede decir que existe un atraso de un mes de las parcelas de traslape respecto a las de no traslape y no aplicación. Este atraso de un mes dura 100 días después del corte, luego sigue existiendo un atraso, pero este es de menor tiempo.

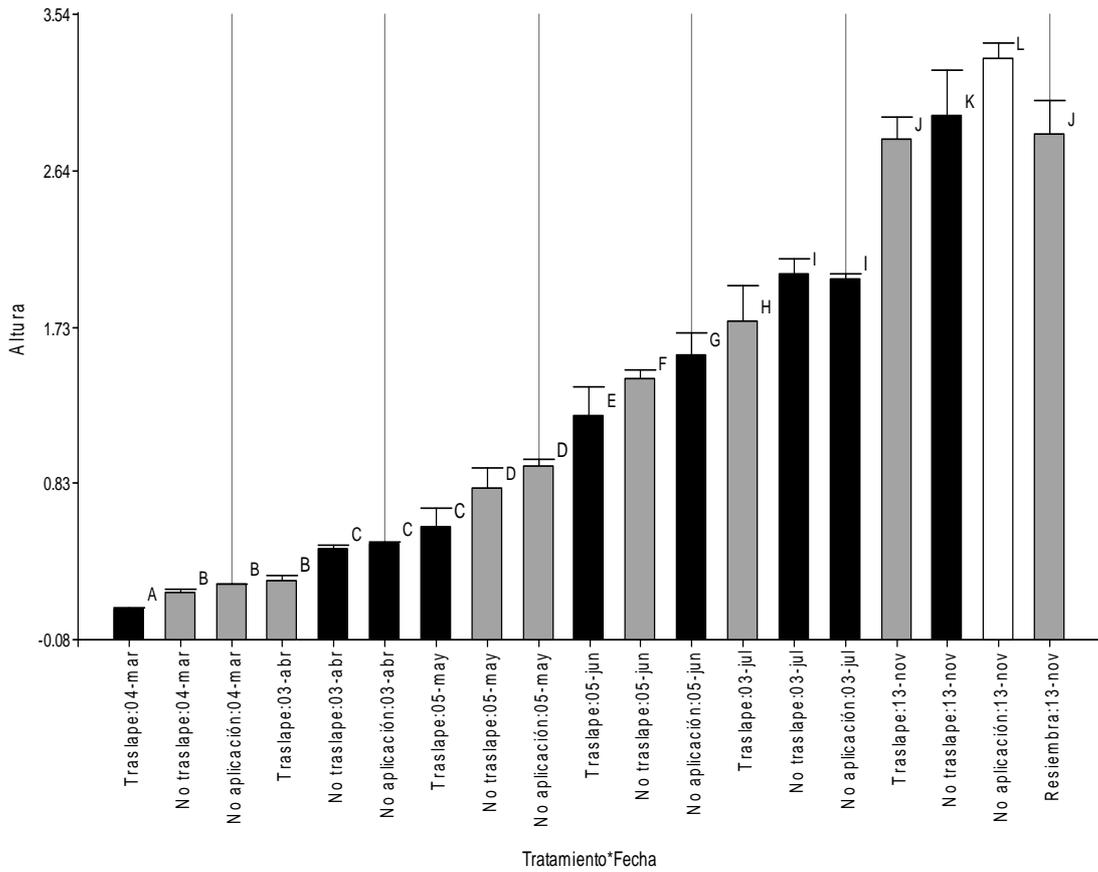


Figura 15. Comportamiento de promedios de la altura de los tratamiento en el tiempo. Escuintla, 2009.

Es importante el ver la variabilidad dentro de cada media comparada, esto lo podemos observar en la longitud de los alambres por arriba de las barras, los alambres más largos son los que denotan mayor variabilidad y por lo tanto condiciones de heterogeneidad en las parcelas. Las parcelas que presentan mayor variabilidad son las parcelas de traslape y no traslape, por lo que poseemos escenarios no deseados, como se pueden observar en la figura 16.

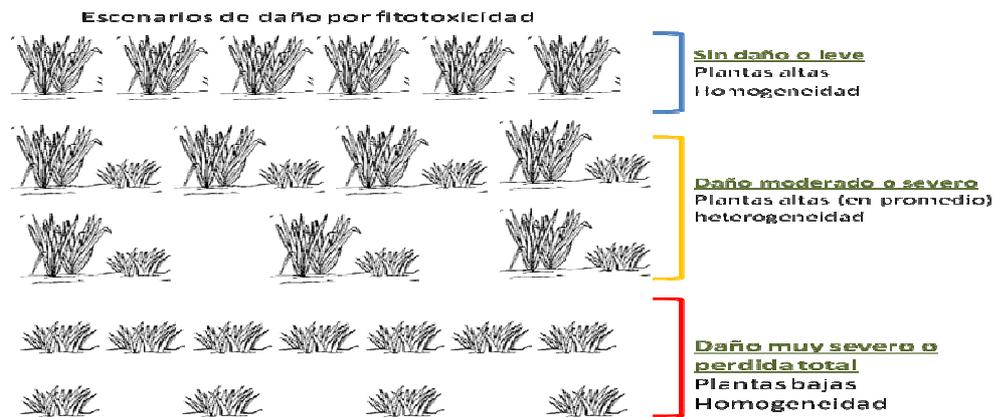


Figura 16. Tipos de daño observados en el cultivo, bajo el efecto del glifosato.

#### 2.7.4. Efecto del glifosato, sobre el diámetro de planta

Al igual que la variable altura, el diámetro de planta en las parcelas testigo fue mayor en todos los momentos presentando diferencias significativas comparado con el diámetro de las parcelas de traslape y no traslape, las cuales no presentaron diferencias entre sí. Esto evidencia la influencia del glifosato utilizado como madurante, en el crecimiento del cultivo en un segundo ciclo. Se debe tener en cuenta que las parcelas de resiembra presentan diámetros por debajo de las parcelas testigo, esto se debe al atraso respecto a la edad general de todo el cultivo, el cual es de 70 días.

Cuadro 14. ANDEVA, variable diámetro de planta.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro (cm)	75	0.99	0.98	16.15

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	76,88	26	2,96	137.29	<0.0001
Bloque	0,04	4	0,01	0.49	0.7410
Tratamiento	0,65	2	0,33	17.19	0.0013
Tratamiento*Bloque	0,15	8	0,02	0.88	0.5412
DDC	75,44	4	18,86	875.69	<0.0001
Tratamiento*DDC	0,60	8	0,07	3.45	0.0032
Error	1,03	48	0,15		
Total	77,91	74			

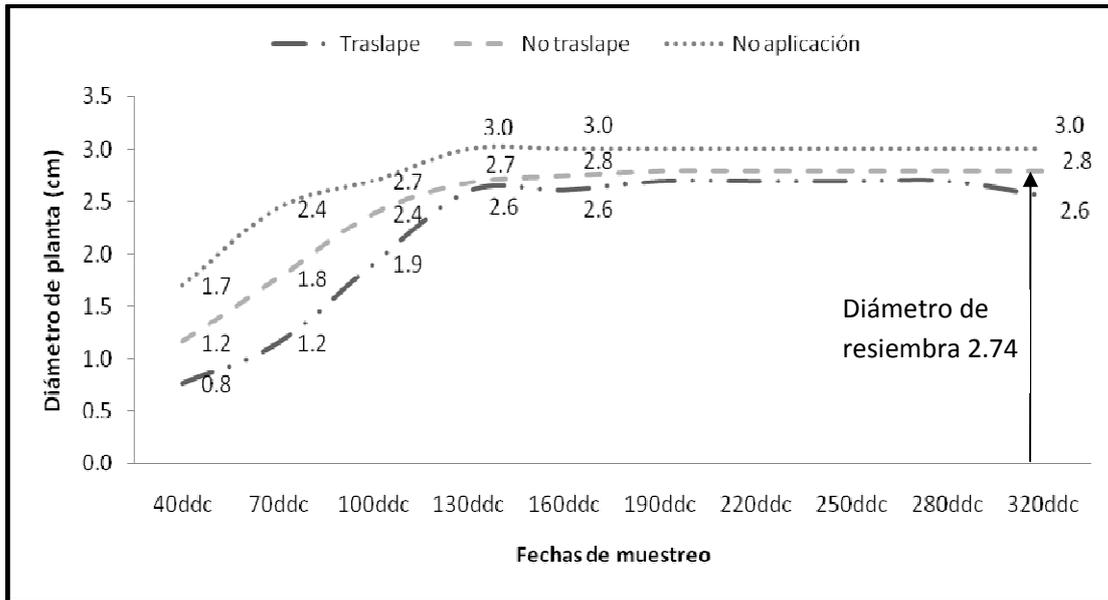


Figura 17. Comportamiento del diámetro de la caña de azúcar en el tiempo. Escuintla, 2009.

Cuadro 15. Desviación estándar del diámetro de planta por tratamiento.

	DE
<b>Traslape</b>	0.10
<b>No traslape</b>	0.09
<b>No aplicación</b>	0.05

### 2.7.5. Determinación de la escala de nivel de daño

Luego de establecer las parcelas de no aplicación, no traslape y traslape, se definieron los daños como leves, moderados y severo en ese orden. Se tomaron los datos de % de albinismo, % de efectos násticos, % de decremento de altura respecto a la parcela de no aplicación y % de diferencia de brotación respecto a las parcelas de no aplicación. En base a lo planteado en el inciso 2.5.3.7. se determinó el nivel de daño (%). Esta escala sirve de base para definir un nivel de daño y relacionarlo con los decrementos en el rendimiento.

Cuadro 16. Escala de nivel de daño de la caña de azúcar en primera soca, CP88-1165.

<b>Tipo de daño</b>	<b>Nivel de daño (%)</b>
<b>Leve</b>	5-10
<b>Moderado</b>	11-25
<b>Daño severo</b>	26-40
<b>Daño muy severo</b>	41-60
<b>Daño total</b>	> 60

### 2.7.6. Efecto del glifosato, sobre el rendimiento de caña de azúcar

El rendimiento (TCH) es efecto directo del crecimiento del cultivo y la población (Arcila y Villegas, 1995). En la figura 18 se observa que no existe diferencia significativa entre las parcelas de no aplicación y no traslape, esto a pesar de que como se observó en las variables anteriores, la altura y diámetro de planta de las parcelas de no traslape, era menor en comparado con las parcelas testigo. Pero en este caso debemos de tomar en cuenta que al inicio existió una marcada diferencia entre la población de estos dos tratamientos, siendo mayor la de las parcelas de no traslape, y a pesar de una tendencia de disminución del número de tallos por metro, siguió siendo este mayor que en los demás casos.

Considerando lo anterior, la competencia que sufrió el cultivo entre sí en el caso de las parcelas de no traslape, debido a una alta población, causa una disminución en el crecimiento del cultivo, pero que no se ve reflejado en el rendimiento, esto al existir una mayor población por metro, comparado con las parcelas testigo.

Cuadro 17. ANDEVA, variable rendimiento de caña de azúcar en TCH.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg	16	0.72	0.53	19.85

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	24425,47	6	4070,91	3.86	0.0346
Bloque	1931,80	3	643,93	0.61	0.6250
Tratamiento	22493,67	3	7497,89	7.11	0.0095
Error	9494,64	9	1054,96		
Total	33920,11	15			

Estas comparadas con las de traslape y resiembra (razón por la que aparece un cuarto tratamiento) observamos una diferencia significativa, lo cual nos permite decir que existe una pérdida de rendimiento producto áreas con traslape donde existió una sobredosificación y áreas de resiembra, siendo esta última la que menor rendimiento presentó.

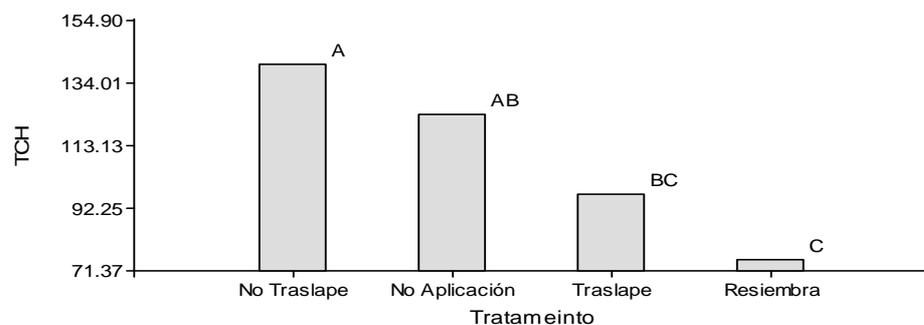


Figura 18. Comparación de medias del rendimiento final en toneladas de caña por hectárea.

Al tener como testigo las parcelas de no aplicación, observamos que existe un decremento del 21% en el rendimiento de las parcelas donde existió traslape y un 39% de decremento en las parcelas con resiembra. Si asumimos que en las parcelas de

resiembr, existía un nivel de daño igual a las parcelas de traslape, esperaríamos un rendimiento igual, por lo que podemos encontrar el diferencial de producción, lo que nos indica que existe un 23% de decremento por tener una edad de 70 días más que las parcelas de traslape. Lo anterior indica que se pierde un 0.3% de producción respecto al promedio general del lote, por cada día que se atrasa la resiembra luego de ser cortado el lote.

Considerando tener (parcelas con resiembra) una producción igual o mayor a las parcelas de traslape, la labor de resiembra no debe de realizarse más allá de 40 días después del corte, por lo que la toma de decisión de realizar esta labor debe ser tomada entre los 30 y 35 días después del corte, cuando los síntomas de toxicidad del glifosato son visibles. De no ser de esta forma, las perdidas pueden estar en alrededor de 0.3 toneladas de caña por hectárea en primera soca.

El rendimiento del lote, cosechado el 7 de enero del 2010, fue de 112.5 TCH. En base a los datos de cosecha ( $15m^2$ ) de las parcelas de los distintos tratamientos, se obtuvo una estimación promedio de 116 TCH, considerando el área total dentro del lote afectado bajo las condiciones estudiadas. Las ponderaciones utilizadas fueron: 10% de área no aplicada, 20% de resiembra, 50% de área con aplicación y 20% de áreas con traslape.

Al observar la figura 5 del comportamiento de la producción a través de las socas de esta variedad en la zona media, observamos un incremento del 11% del tonelaje entre la plantía y primera soca, este comportamiento se ratificó en el lote evaluado al tener un rendimiento del 83.5 TCH en plantilla y 112.5 TCH en primera soca. Esto puede darnos una idea de que se pueden tener como máximo un 20% de área total bajo efecto de sobredosificación con un daño severo (menor del 25% en la escala propuesta en la Cuadro7), sin que este afecte de forma radical el rendimiento del lote.

### 2.7.7. Comportamiento de la acumulación de azúcar, en primera soca.

Como se puede observar en la figura 19, el comportamiento de la curva de maduración es idéntico en todos los tratamientos, lo cual se confirma al no encontrarse diferencias significativas entre tratamientos en la variable Pol % Caña (Cuadro 18). La concentración de azúcar siguió un comportamiento de incremento, hasta la cuarta fecha cuando existió una caída de esta. Pero en la última fecha de muestreo, se observa una acumulación muy cercana a la esperada (19 Pol % Caña), respecto a la variedad y el estrato (Orozco *et al*, 2004).

Cuadro 18. ANDEVA, variable Pol % Caña.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Población	20	0.90	0.84	4.35

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	48,41	7	6,92	15.44	0.0001
Bloque	46,15	4	11,54	25.75	0.0001
Tratamiento	2,26	3	0,75	1.68	0.2236
Error	5,38	12	0,45		
Total	53,79	19			

Se observó que la concentración de azúcar en el cultivo, no se ve afectado por aspectos agronómicos del ciclo anterior, por lo que ningún tratamiento (en primera soca) es afectado por la aplicación de glifosato en plantilla, sobre la variable Pol % Caña. El rendimiento de azúcar del lote fue de 114.6 kg/tonelada de caña.

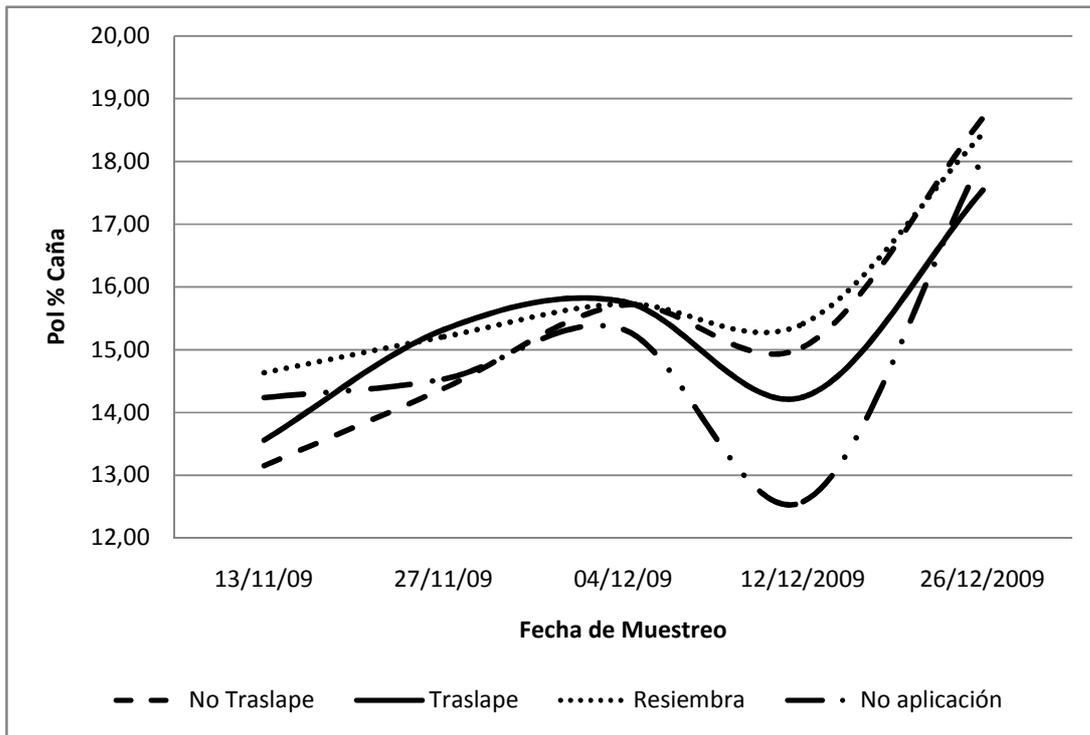


Figura 19. Concentración del Pol % Caña del cultivo por tratamiento en el tiempo. Escuintla, 2009.

### 2.7.8. Influencia de las variables climáticas en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

La concentración de azúcar en la caña, responde a aspecto genéticos de la planta en interacción con el ambiente. La maduración del cultivo responde a los aspectos agronómicos, como la variedad, fertilidad y riego; como también a aspectos climáticos, como la precipitación, la temperatura, la radiación solar y la intensidad lumínica.

En la figura 20, se observa que en la etapa de inducción floral, que va de finales de julio a inicios de agosto, existió un incremento en las lluvias y radiación, esto estimuló una disminución en la posterior floración, siendo este un año poco florador (menor del 50%) y una estimulación en el crecimiento del cultivo aumentando la biomasa, lo cual se vio reflejado en la cosecha. De igual forma luego de la aplicación de madurante, se observa un decremento en la precipitación, lo que favorece a la acumulación de azúcares en la planta, pero a mediados del mes de diciembre se registra una precipitación en la zona, lo

cual coincide con el decremento de azúcares del cuarto muestreo de precosecha de la figura 19.

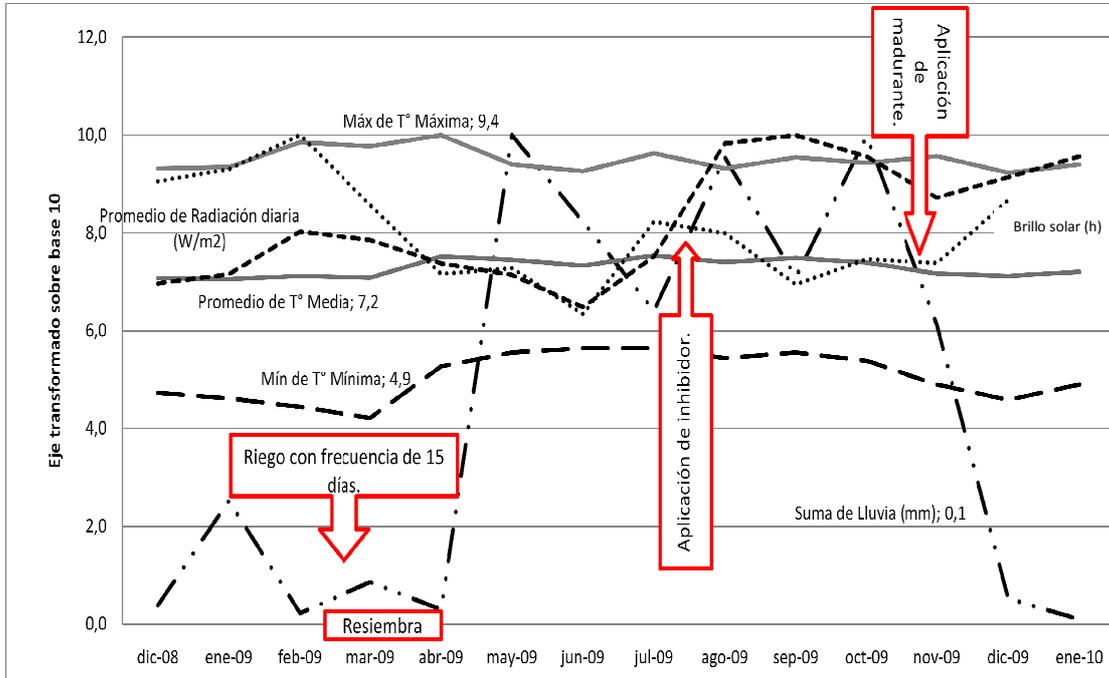


Figura 20. Comportamiento de las variables climáticas en el momento de las distintas labores agronómicas en el cultivo. Escuintla, 2009.

Los factores indicados, anteriormente permitieron una mayor capacidad de recuperación del cultivo, a lo largo del ciclo.

### 2.7.9. Implicaciones económicas del efecto del glifosato.

Si se realiza una resiembra no más allá de los 40 días después del corte, se tiene un índice de daño económico (IDE) igual a 84%. Lo anterior nos indica que existe una relación positiva en la labor de resiembra, percibiendo un 20% de beneficio económico bruto sobre las áreas con daños severos.

$$IDE = \frac{Cr}{PIA \left( \frac{KgA}{TCr} - \frac{KgA}{TCa} \right)}$$

IDE = índice de daño económico.

Cr = costo de resiembra por hectárea.

PIA = precio internacional del azúcar.

KgA/TCr = Kilogramos de azúcar por tonelada de caña del área resembrada.

KgA/TCa = Kilogramos de azúcar por tonelada de caña del área afectada.

$$0.84 = \frac{243.76}{0.506(114.7 - 114.5)}$$

En el cuadro 19, considerando la pérdida del 0.3% por cada día de atraso en la resiembra, se observó una relación favorable. Esto considerando un precio internacional del azúcar en \$0.506 el kilogramo de azúcar y un costo de resiembra de \$243.76 la hectárea. Debemos de tener en cuenta, que el beneficio económico lo encontramos, en la capacidad de incrementar el TCH, considerando los aspectos discutidos en el inciso 7.7. Debemos de tener en cuenta que realizar resiembras posteriores a lo mencionado, no trae beneficios económicos, pues tienen rendimientos (TCH), iguales o inferiores a las áreas con daño severo.

Cuadro 19. Ingresos brutos por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>TCH</b>	<b>Kg A/ha</b>	<b>\$ brutos</b>
No aplicado	123.42	14143.55	7156.64
Resiembra	93.00	10657.80	5392.85
Aplicado	140.67	16120.40	8156.92
Traslape	88.00	10084.80	5102.91
		IDE	0.84

## 2.8. Conclusiones

En función de los objetivos e hipótesis planteadas se originan las siguientes conclusiones:

Se observó que los efectos se vieron incrementados respecto a las áreas sobre dosificadas, por lo que el grado de severidad de la fitotoxicidad presentada por la planta, obedece a la cantidad de glifosato asperjado sobre el cultivo.

La aplicación de glifosato y dosis asperjada sobre el cultivo, en plantía en la variedad CP88-1165, tiene un efecto directo sobre la variable altura, que guarda una relación directa con el rendimiento en toneladas por hectárea. Podemos observar un decremento de la altura en un 14.5% en áreas donde se aplican las dosis recomendadas (10 cc/tonelada de caña), y un decremento de 20.5% en la altura en las áreas donde se observa una fitotoxicidad severa, considerado como zonas de traslapes. En las zonas de resiembra, luego de 70 días después del corte, existe un decremento de altura igual a las zonas con fitotoxicidad severa, comparado con las zonas donde no presentó síntomas de intoxicación de glifosato.

La tabla propuesta a continuación, permite determinar el tipo de daño del cultivo, causado por glifosato, en función de la ecuación propuesta en el inciso 12.5.3.7. la cual determina el nivel de daño (%), tomando en cuenta la sintomatología de la intoxicación por glifosato y la severidad de la misma, planteando una metodología de muestreo para determinar el tipo de daño, efecto de la aplicación de madurante en plantía.

<b>Tipo de daño</b>	<b>Nivel de daño (%)</b>
<b>Leve</b>	5-10
<b>Moderado</b>	11-25
<b>Daño severo</b>	26-40
<b>Daño muy severo</b>	41-60
<b>Daño total</b>	> 60

La productividad de caña (rendimiento en TCH), no se ve afectada por una aplicación de glifosato en plantía, cuando se utilizan dosis iguales o menores a 10 cc/tonelada de caña. Esto a pesar de que sí existe una influencia en el crecimiento del cultivo, pero que se ve compensado por la estimulación de brotación aumentando la densidad. Cuando aumenta la dosis recomendada en base a la biomasa del cultivo, podemos observar decrementos en la producción de un 21%, respecto a no aplicación glifosato. Con relación a la resiembra, se encontró que existe una pérdida de 0.3%, por cada día que se atrase la Labor de resiembra.

Cuando se tienen daños severos en base a la escala propuesta anteriormente, es económicamente factible la práctica de resiembra, siempre y cuando ésta no demore más allá de los 30 días. Con lo anterior se percibe un incremento del 20 % en el ingreso bruto, considerando que este incremento en los ingresos se debe a una mayor producción de caña. Cuando se observan daños leves, considerando la metodología propuesta, no se recomienda la resiembra, debido a que no se encuentra un decremento en la producción final.

## 2.9. Recomendaciones

El realizar muestreo (para determinar la conveniencia de la labor de resiembra) entre los 20-30 días después del corte, donde se observen problemas de rebrote en la variedad CP88-1165, producto de la aplicación de glifosato en plantía. Se recomienda la validación de la metodología propuesta en el presente trabajo. Esto permitirá establecer la conveniencia de realizar la labor de resiembra, no más allá de 30 a 35 días.

Estimar la producción del lote afectado, en función de las pérdidas planteadas y relacionarlas con el área estimada de los distintos tipos de daño. Esto para interpretar si el comportamiento del tonelaje se comportará como se espera, en relación a la primera soca (Figura 5).

Evaluar el uso de madurantes no herbicidas y/o graminicidas, en plantía, para la variedad CP88-1165. Tomando en cuenta decrementos en los cortes futuros. También evaluación de nuevos volúmenes de aplicación, específicos para la variedad evaluada.

Generalizar las condiciones adecuadas, para las aplicaciones aéreas, como también iniciar evaluaciones de volúmenes de recuperación, con fines de mejora de la calidad de la aplicación aérea.

No aplicar glifosato, como madurante, a la variedad CP88-1165 en plantía.

## 2.10. Bibliografía

1. Alvarez, V. 1982. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) bajo condiciones de la finca Bulbuxya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 49 p.
2. Arcila, J; Villegas, F. 1995. Uso de madurantes en CENICAÑA: el cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA. 15 p.
3. ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, GT). 2006. Presentación (en línea). Guatemala. Consultado 3 mar 2009. Disponible en <http://www.azucar.com.gt/02ingenios.htm>
4. Bell, M; Garside, A. 2005. Shoot and stalk dynamics and the yield of sugarcane crops in tropical and subtropical Queensland, Australia. *Field Crop Research* 92:231-248.
5. Bezuidenhout, C; O'Leary, G; Singels, A; Bajic, V. 2003. Aprocess-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane. *Agricultural Systems* 76:589-599.
6. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2009. Informe anual 2007-2008. Guatemala. 48 p.
7. Coporación Pantaleón-Concepción, GT. 2009. Evaluación del poder germinativo de distintas variedades comerciales de caña de azúcar. *In* Semana científica (2009, Ingenio Pantaleón, Guatemala). Memorias. Guatemala. 50 diapositivas.
8. Espinoza, G. 2009. Acumulación de sacarosa y función de glifosato como madurante en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA. 5 p.

9. Espinoza, G. 2009. Gira de campo (02-2009, costa sur), ayuda memoria 02-2009: caracterización de rebrote en caña de azúcar. Guatemala, CENGICÑA, Comité de Malezas y Madurantes. 8 p.
10. Estrada, M. 2008. Diagnóstico del sistema agrícola, diseño y plan de manejo de sistemas agroforestales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 9 p.
11. Godoy, N. 1997. Efecto del glifosato como madurante aplicado a diferentes edades y cosechado en distintos periodos post aplicación en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad CP72- 1210. Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, URL, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 57 p.
12. Hines, W; Montgomery, D. 1995. Probabilidades y estadística para ingeniería y administración. México, CECSA. 348 p.
13. Ingeniería del Campo, CO. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICÑA. 215 p.
14. Larrahondo, J; Villegas, F. 1995. Control y características de maduración. Cali, Colombia, CENICANA. 42 p.
15. Legendre, B. 2009. Timing of application of glyphosate to maximize sugar per acre and possible alternatives to the use of glyphosate in enhancing the yield of sugar of Louisiana sugarcane in 2004 (correspondencia personal). Louisiana, US, Louisiana University. 8 p.
16. López, E. 2008. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 170 p.

17. López, E. 2008. Elaboración de proyectos de investigación, notas de acompañamiento de curso. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 87 p.
18. López, E. 2008. Estadística, con aplicaciones en agronomía y ciencias forestales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 163 p.
19. López, R. 2007. Maduración inducida e inhibición de la floración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la zona cañera de Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 28 p.
20. Ordoñez, V. 1997. Evaluación del glifosato como madurante en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) bajo 7 diferentes niveles de humedad en el suelo, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNSURORI. 80 p.
21. Orozco, H; Catalán, M; Castro, O; Quemé, J. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 24 p
22. Ortiz, J. 2003. Evaluación de tres productos químicos a tres dosis aplicados como madurantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 88 p.
23. Polo, P. 2005. Caracterización de la floración en 306 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con fines de mejoramiento para dos localidades de la zona cañera de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 60 p.
24. Rincones, C; Gómez, R. 1984. Revista científica, caña de azúcar (en línea). Recuperado 2 2009. Disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/canadeazucar/cana0102/texto/comportamiento.htm>

25. Rodrigues, J. 1995. Fisiologia da cana de açúcar. São Paulo, Brasil, Universidad Estadual Paulista. 45 p.
26. Römheld, V. 2007. Dinâmica do glifosato na rizosfera das plantas-alvo e não alvo. *Informações Agronômicas* 11(9):1-12.
27. Torres, J; Acosta, J. 1998. Fisiología de la caña de azúcar: maduración y el sazonamiento (en linea). Cuba, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Consultado 3 mar 2009. Disponible en <http://www.umcc.cu/gestacad/monos/2002/Jesus%20Torres.pdf>
28. Velini, E; Alves, E; Godoy, M; Meschede, D; Souza, R; Duke, S. 2008. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. *Pest Manag Sci.* 64:489-496.
29. Velini, E; Trindade, M; Barberis, L; Duke, S. 2009. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. *Weed Science* 58(1).
30. Yamada, T; Camargo, P. 2007. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. *Encarte Técnico* 119:1-24.
31. Yon, M. 1999. Efecto de dos madurantes sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) aplicados en estado de floración. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 55 p.

### **CAPITULO III**

#### **SERVICIOS REALIZADOS**

### **3.1. Presentación**

Dentro de las actividades diarias realizadas, se encuentran los distintos servicios prestados a CENGICAÑA, estos estaban comprendidos por el apoyo técnico al área de malezas, madurantes e inhibidores de floración.

Estas tareas estuvieron distribuidas en la recolección y análisis de datos, establecimiento y seguimiento de ensayos a nivel de campo y apoyo en las distintas actividades de capacitación a los ingenios.

También se trabajó en la elaboración del catalogo de herbicidas, el cual sirve como material didáctico para las futuras capacitaciones, complementando la información utilizada en la industria. Este documento se encuentra publicado en la página oficial del centro y existen planes de actualizaciones sistemática, para su publicación en físico, en un futuro.

Otro servicio , consistió en la elaboración del protocolo para la elaboración de mapas de comportamiento y distribución de las principales malezas de la industria. Este trabajo acopla distintas metodologías, utilizadas en trabajos semejantes, a las condiciones del área. Este trabajo se dejó en el centro, con la finalidad de ejecutarse en un futuro.

### **3.2. Área de acción**

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICAÑA, fue creado por la Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA, en 1992 para apoyar el avance tecnológico de la agroindustria azucarera, con el objetivo de mejorar la producción y la productividad del cultivo de la caña de azúcar y sus derivados, es financiado por los ingenios que conforman la agroindustria azucarera de Guatemala, que hacen sus aportes al presupuesto del centro, proporcional a la producción.

Considerando lo anterior, el área de malezas, madurantes e inhibidores de floración, trabaja conjuntamente con los distintos ingenios de la agroindustria azucarera.

### **3.3. Objetivo general**

Asistir y apoyar en las distintas actividades y ensayos que se realizaron en el área de malezas, madurantes e inhibidores de floración, siguiendo el plan estratégico establecido, durante el periodo de febrero a noviembre del 2009.

### **3.4. Servicios prestados**

#### **3.4.1. Elaboración del protocolo del ante proyecto sobre el comportamiento y distribución de las principales malezas en la zona cañera de Guatemala.**

##### **A. Definición del problema**

En la industria azucarera se buscan técnicas orientadas a disminuir los costos de producción. Dentro del costo de agroquímicos, el de herbicidas, usados exclusivamente para control de malezas, comprende un 80%, de forma general en la industria. En base a esto, es importante desarrollar alternativas de manejo, variando productos y dosis, enfocadas a la condiciones específicas de las distintas zonas productivas.

Considerando lo anterior, en el presente trabajo se realiza un primer esfuerzo, para determinar la distribución y comportamiento de las principales malezas en la zona. Se define una metodología adaptada de distintos trabajos desarrollados en Venezuela y México, con el fin de realizar un mapa que muestre la distribución de las principales malezas de la zona cañera y descripción del comportamiento de estas en las distintas zonas de distribución.

Existen varios esfuerzos donde se trabajó para definir la distribución de malezas en caña en el valle de Aragua (Rincones, 1989), el área muestreada en este estudio, consistió en un total de 1451 ha, el cual constituye un 10% del área total cultivada, y se realizaron 9 muestreos en total, cada muestreo se consideraba como el área total de una finca, dentro de la cual se realizaban tres submuestreos (tres lotes), y este consistía en lanzar al azar cuadros de 1m x1m tres veces dentro de un lote.

Existen otras experiencias, como la realizada en la región sureste de México, para determinar el comportamiento y distribución de las malezas de la caña de azúcar (Ordoñez; Milanés, 2005), en este estudio se realizó una sectorización del área,

considerando zonas homogéneas, en base al grupo de suelo, estado del cañaveral (soca o plantilla) y época (seca o lluviosa).

Se ha definido que la distribución de malezas, se caracteriza por encontrarse agrupadas en zonas (Leguizamón, 2005), obedeciendo a condiciones ecológicas, pues dentro de cada agroecosistema existen condiciones distintas de competencia entre especies, disponibilidad de nutrientes, agua y luz, que definen el comportamiento de una especie vegetal. En el comportamiento de las malezas en cultivos como la caña de azúcar, las labores agrícolas, tales como la mecanización son factores importantes en la distribución de las mismas.

## **B. Objetivos**

- Elaborar el protocolo que plantee la metodología a seguir en la recolección y procesamiento de datos, para la elaboración de mapas del comportamiento y distribución de las principales malezas en la zona cañera de Guatemala.
- Determinar la cantidad de unidades de muestreo, en base a la zonificación del área cañera.
- Determinar ambientes homogéneos de muestreo dentro de las zonas cañera.

## C. Metodología

### a. Fase de gabinete

Determinación de las malezas a muestrear

En base a estudios previos (Brolo, 2004), donde se ha determinado el valor de importancia de las malezas que interfieren con la caña de azúcar, se determinarán las principales especies vegetales que compiten con el cultivo de interés. Siendo estas:

<i>Rottboellia conchinchinensis</i>	<i>Phyllodendron sp.</i>
<i>Leptochloa filiformis</i>	<i>Baltimora recta</i>
<i>Panicum fasciculatum</i>	<i>Bidens pilosa</i>
<i>Panicum maximun</i>	<i>Melampodium divaricatum</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Ageratum conyzoides</i>
<i>Echinochloa colonum</i>	<i>Tridax procumbens</i>
<i>Commelina diffusa</i>	<i>Melanthera nívea</i>
<i>Tinantia erecta</i>	<i>Euphorbia hypericifolia</i>
<i>Tripogandra sp.</i>	<i>Euphorbia prostrata</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Phyllanthus niruri</i>
<i>Cyperus ferax</i>	

### b. Determinación de la cantidad de unidades de muestreo

Se utilizará el 10% del área cosechada (zafra 2008-2009) de cada zona productiva (20 en total), y en base al estudio realizado por Rincones (1989), donde se tomaron 9 unidades de muestro por cada 1450 ha, se determinó el total de unidades a muestrear por zona productiva. Cada unidad de muestreo se considera una finca, por lo que se encontró que el número de fincas a muestrear es 107, distribuidas en forma ponderada en toda la zona cañera.

### c. Ubicación de las unidades de muestreo

#### i. Determinación de ambientes homogéneos

Con la ayuda de un SIG, se realizará una combinación entre el mapa de lotes de los ingenios de la agroindustria azucarera las zonas productivas y la zonificación agroecológica (Villatoro, 2009), producto de esta se obtendrán los ambientes homogéneos.

#### ii. Selección de las fincas y lotes a muestrear

En base al mapa de ambientes homogéneos (Figura 21), se distribuirá de forma determinística los puntos a muestrear que corresponden a la zona de producción de forma ponderada, asignando dentro de cada ambiente al menos un punto. Por ejemplo, si en la zona litoral centro, se determina que el número de unidades a muestrear son 22 fincas, se ubicará una finca en cada ambiente homogéneo.

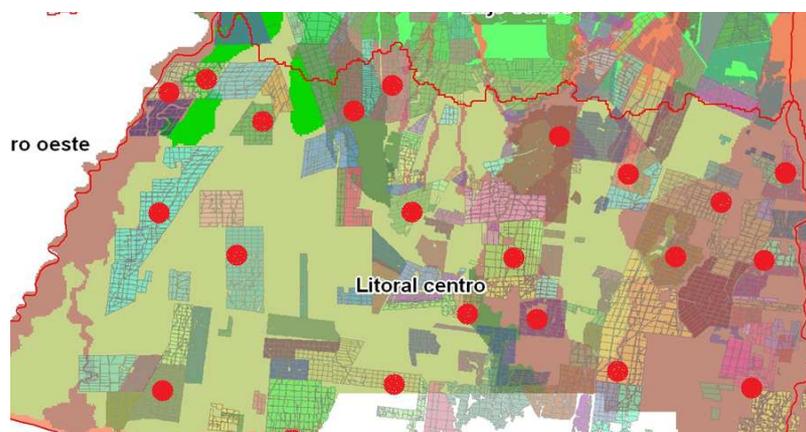


Figura 21. Ambientes homogéneos

En cada punto de muestreo (finca), se ubicarán cuatro submuestreos (4 lotes), seleccionando los lotes que se encuentran en la parte central de los ambientes homogéneos y de las fincas. En total se muestrearán 428 lotes.

Con esta información se generará una base de datos que contiene la siguiente información: zona productiva en la que se encuentra la finca, zona agroecológica, ingenio, nombre de la finca, número de lote.

Para el caso especial del ingenio Madre Tierra, debido a que no se cuenta con la información de la ubicación de las fincas que administra, se ubicarán las coordenadas de un punto central de la zona homogénea de muestreo y con la ayuda del encargado de dicho ingenio, se ubicó una finca y lotes cercanos al punto.

#### **d. Fase de campo**

##### **i. Selección final del lote de muestreo**

Se ubicarán las fincas a muestrear y se realizarán la programación en función de la fecha de corte del lote. Utilizando la base de datos generada, el ingenio debe de trabajar de preferencia en los lotes indicados, los cuales deben de cumplir con los siguientes requisitos:

No sea semillero

No debe de existir algún tipo de ensayo en el lote

No sea un lote para renovación

No se seleccionaran lugares influenciados por vetas de arena, anegados o afectados por sombra.

En caso de no cumplir con estas condicionantes o por algún motivo de peso no se pueda muestrear el lote indicado, se debe seleccionar un lote lo más cercano al propuesto, indicándose esta modificación.

Es importante que se tenga la programación de cosecha del lote, con la finalidad de realizar el cronograma de muestreo.

## ii. Muestreo del lote

Los muestreos se realizarán a lo largo de la zafra 2009-2010. El muestreo se debe de realizar entre 40 y 45 días después del corte. Es importante que los puntos de muestreo no estén bajo la influencia de herbicidas, por lo que se debe tener en cuenta las labores a realizar en el lote a muestrear. En el caso de que exista una aplicación de herbicida previa a la fecha de muestreo, se debe de seleccionar los puntos de submuestreo previo a la aplicación y se deben de estaquillar, formando un cuadro de 2x2, en estos puntos se deben de cerrar boquillas, en el momento de la aplicación.

Se deben de realizar 5 puntos de submuestreo por lote, siguiendo un patrón de "W" a lo largo del lote (Figura 22), de preferencia en el pante central o el más grande.

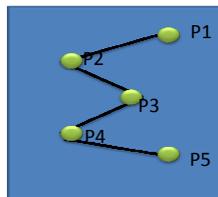


Figura 12. Patrón de muestreo

En cada punto de muestreo, se debe de colocar un marco de 1x1 metro (Dell, 1995), el cual sirve de referencia. De este marco se debe de tomar la información.

## iii. Variables a medir

### Porcentaje de cobertura de especies vegetales

En base al marco utilizado y dividido en cuatro cuadrantes, se debe de recolectar la información siguiendo el siguiente cuadro:

Cuadro 20. Boleta de campo

FINCA	LOTE	MALEZA	% DE COBERTURA (5 PUNTOS)					FECHA DE CORTE	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE APLICACIÓN DE ÚLTIMA HERBICIDA
			P1	P2	P3	P4	P5			
		M1								
		M2								
		M3								
		M4								
		M5								
		M6								
		M7								
		M8								
		M9								
		M10								

Se debe tener una boleta por lote, e indicar en la celda el nombre científico y común de la maleza, correspondiendo una especie a cada letra (M1,M2...M10). Si no se encuentran 10 malezas en el cuadro de muestreo se colocan únicamente las encontradas.

En base al marco de 1x1m, dividido en cuatro cuadrantes, donde cada cuadrante corresponde a un 25%, se debe de estimar (forma visual) cuantos cuadrantes son cubiertos por el total de la maleza dentro del marco, esto corresponderá a un porcentaje y a un nivel de infestación en base al siguiente cuadro:

Cuadro 21. Escala de infestación

Nivel de infestación	Valor de la escala	% de cobertura
Infestación leve	0	0-25
Infestación moderada	1	26-50
Infestación severa	2	51-75
Infestación muy severa	3	76-100

**Ejemplo:**

Al seleccionar el punto de submuestreo, se marca el cuadro de 1m x 1m y dentro del mismo una cruz, para dividir el marco en cuatro cuadrantes iguales.

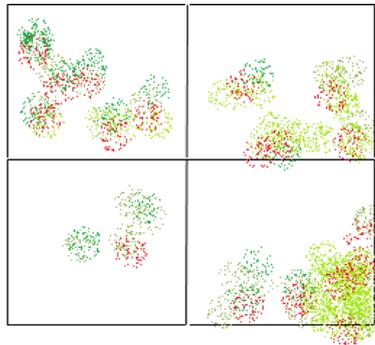


Figura 22. Marco de muestreo

En este caso, de forma visual se debe de estimar cuantos cuadrantes son cubiertos por la maleza muestreada, por ejemplo si se quiere determinar el porcentaje de cobertura de la maleza, representada por los puntos en la figura 23, se estima cuantos cuadrantes es capaz de cubrir en su totalidad la misma. De esta forma se estima un 75% de cobertura de esta maleza y en base a la escala propuesta, se concluye que existe una infestación severa.

**e. Fase de Gabinete II****i. Procesamiento de la información****Elaboración de la base de datos**

Se creará una base de datos donde se registre la finca muestreada, lote, ingenio, zona agroecológica, zona de producción, valor de la escala, nivel de infestación, % de cobertura por maleza, fecha de corte, fecha de muestreo y fecha de la última aplicación de herbicidas.

## **Elaboración de mapa de distribución de malezas**

Con la ayuda de un SIG se analizará la información y se cargará la base de datos, con la cual se generará un mapa por maleza de la distribución. Estos mapas estarán clasificados en base a la escala propuesta en el cuadro 2, donde se indicaran los puntos donde se encuentran los distintos niveles de infestación. Los mapas a realizarse serán:

Mapa de distribución de *Rottboellia conchinchinensis*

Mapa de distribución de *Cyperus spp.*

Mapa de distribución de *Panicum spp.*

Mapa de distribución de Commelinaceae (familia)

Mapa de distribución de Euphorbiaceae (familia)

Mapa de distribución de Poaceae (y/o *Echinochloa sp.* *Cynodon dactylon.* *Leptochloa filiformis.*)

Con la información se realizará un análisis de componentes principales y se construirá una B-plot, con el cual se analizará el comportamiento de la maleza, donde se relacionarán las zonas agroecológicas con el nivel de infestación de las malezas, por lo que se podrán encontrar factores en común de las distintas zonas agroecológicas, que favorecen la expresión favorable para ciertas especies sobre otras.

## **D. Evaluación**

Se elaboró el protocolo, desde el mes de septiembre, se presentó al comité por última vez en el mes de octubre. La implementación de la metodología se debe de iniciar en el mes de noviembre, con el inicio de la zafra 09-10.

### **3.4.2. Catálogo de principales herbicidas utilizados en la agroindustria azucarera de Guatemala.**

#### **A. Definición del problema**

Existen alrededor de 70 productos comerciales utilizados como herbicidas en la agroindustria azucarera. El conocer estos productos, con qué frecuencia se utilizan y con qué finalidad son utilizados en el cultivo, es de importancia. Este es el punto de partida para comprender cualquier paquete tecnológico, en este caso orientado al manejo de malezas.

Con la elaboración de este catálogo, se complementa información ya existente en la industria, y se atienden necesidades de materiales didácticos, también se actualiza la base de datos de herbicidas utilizados con mayor frecuencia por los distintos ingenios azucareros, también se busca generalizar las técnicas y estrategias de su manejo y entender el modo y mecanismo de acción de éstos. En algunos casos, existen vínculos con presentaciones dinámicas, en línea. De esta forma, se posee una herramienta de consulta, útil en el control y manejo de malezas.

Este material está orientado a ser una herramienta didáctica en capacitaciones futuras, como también una fuente de revisión literaria, para la persona que se inicia en el campo del control de malezas.

#### **B. Objetivos**

- Recolectar la información de los herbicidas utilizados con mayor frecuencia por los distintos ingenios de la agroindustria azucarera.

- Realizar una base de datos con los principales herbicidas utilizados por la agroindustria azucarera.
- Realizar un catálogo con los principales herbicidas utilizados en la agroindustria, donde se caracterice el producto.

## **C. Metodología**

### **a. Elaboración de boletas**

Se solicitó a los distintos ingenios la base de datos de los distintos herbicidas utilizados en la zafra 08-09. La información requerida era:

Nombre comercial del herbicida

Nombre del ingrediente activo (opcional)

Momento de aplicación del herbicida respecto a la maleza

Esta boleta se envió por correo electrónico, a los encargados de malezas y madurantes de los distintos ingenios de la industria, para esto se utilizó la base de datos del comité de malezas, madurantes e inhibidores de floración de CENGICAÑA.

Se logró la recolección de la información total de los siguientes ingenios:

Ingenio Pantaleón/Concepción

Ingenio La Unión/ Los Tarros

Ingenio Madre Tierra

## **b. Procesamiento de la información**

Luego de ser recolectada la información, se realizó una depuración de la misma, eliminando los productos en común para evitar un doble conteo. Con esta información se creó una base de datos que contiene el ingrediente activo del producto, el nombre comercial, la casa comercial, clasificación según época de aplicación, selectividad del producto, grupo y modo de acción.

## **c. Elaboración del manual**

Se redactó un catálogo, con los principales productos utilizados en la industria, identificados en el proceso de procesamiento de datos. Este catálogo está clasificado por familias de herbicidas, teniendo una página por familia. Se recolectaron imágenes de las principales malezas controladas por cada familia de herbicidas, con la finalidad de tener una ayuda visual. Dentro de estos se clasificaron los productos por ingrediente activo y se hizo una breve descripción del modo y mecanismo de acción, como también de dosis y métodos de aplicación.



## **E. Evaluación**

El documento cuenta con una tabla de contenido general, un índice temático agrupado por ingrediente activo, un índice temático agrupado por nombre comercial del herbicida y un índice temático agrupado por malezas controladas. Este último, posee el nombre científico de la maleza, el nombre común y un enlace a una foto dentro del documento o a una dirección en internet de la maleza. También posee un enlace a la familia del herbicida que se recomienda para su control, ya sea para preemergencia o pos emergencia.

También existe una pequeña descripción, al inicio del documento, de cómo realizar los cálculos de dosificación, explicación de los problemas de dureza de agua y residuos de materia orgánica, el pH del agua, solubilidad del producto y eficacia del herbicida y por último una pequeña descripción del orden adecuado de mezcla de herbicidas.

Dentro del documento existen enlaces a una dirección en internet, donde se observan presentaciones interactivas de los distintos mecanismos de acción de unos herbicidas.

En el anexo del documento se observa una gráfica, donde se muestra estrategias de aplicación de herbicidas, respecto a la tolerancia del cultivo a los mismos, también un listado de índices de residuos de distintos herbicidas permitidos por distintas entidades y por último la descripción de los códigos presentes den los nombre de los distintos herbicidas.

### **3.4.3. Asistencia y apoyo a las distintas actividades del área.**

#### **A. Definición del problema**

Dentro de área de malezas, madurantes e inhibidores de floración se ejecutan una serie de ensayos en base al plan estratégico, dándole cumplimiento a las metas del área a corto, mediano y largo plazo. En este sentido dentro de las actividades cotidianas del ejercicio profesional supervisado, se brindó apoyo en las distintas actividades relacionadas a la elaboración de protocolos, establecimiento de ensayos en campo, toma y análisis de datos y servicios prestados a los distintos ingenios.

#### **B. Objetivos**

- Asistir en la elaboración de protocolos de investigación dentro del área de malezas, madurantes e inhibidores de floración.
- Asistir en las actividades de establecimiento de ensayos en campo del área de malezas, madurantes e inhibidores de floración.
- Asistir en la recolección y análisis de datos del área de malezas, madurantes e inhibidores de floración.
- Apoyar en los distintos servicios prestados a los ingenios de la industria.

## **C. Metodología**

### **a. Elaboración de protocolos de investigación**

Siguiendo las actividades planteadas en el plan estratégico del área, se brindó asistencia técnica en la elaboración de protocolos de investigación que aborden temas de fitotoxicidad de herbicidas, estimación de pérdidas por malezas, inhibidores de floración y madurantes no herbicidas, estos son:

- Evaluación de 8 variedades a la tolerancia de dos mezclas de herbicidas (CENGICAÑA).
- Evaluación de coadyuvantes en la aplicación comercial de inhibidor de floración (Ingenio Madre Tierra).
- Validación de Clomazone (Command 480 EC) y Hexazinona (Velpar 75 WG) (Ingenio La Unión).

De los ensayos anteriores, se colaboró con la selección del área del ensayo, realización del diseño en campo, elaboración de boletas de datos de campo, esquemas de dosificación, etc.

### **b. Establecimientos de ensayos en campo**

En base a protocolos ya establecidos en el área, se prestó apoyo a nivel de campo, en el establecimiento de ensayos, siendo estos.

- Validación de la molécula hexazinona en el estrato alto de la zona cañera (El Baúl, Ingenio Pantaleón).

- Evaluación de coadyuvantes en la aplicación comercial de inhibidor de floración, estrato bajo (Ingenio Pantaleón).
- Evaluación de coadyuvantes en la aplicación comercial de inhibidor de floración, estrato litoral (Ingenio Santa Ana).
- Evaluación de fitotoxicidad de la caña de azúcar, a distintas mezclas de herbicidas y estimación de pérdidas (Ingenio Madre Tierra).
- Evaluación del producto comercial Purshade®, como protector solar en caña de azúcar (Ingenio Magdalena).
- Evaluación de 3 épocas y tres dosis de Ethrel, en la inhibición de la flor en caña de azúcar (Ingenio Magdalena).
- Evaluación de carbonato de calcio como coadyuvante en la aplicación e Ethrel, como inhibidor de la flor (Ingenio Magdalena).

### **c. Recolección y análisis de datos**

Se prestó apoyo en la recolección y análisis estadístico de los datos de distintos ensayos.

De los ensayos mencionados en el inciso anterior, se realizaron recolección de datos de variables como, altura, población, fitotoxicidad (escala latinoamericana), cobertura y control de malezas, % de inducción floral, % de floración, temperatura de la planta, rendimiento, etc. En base a esto se realizaron los distintos análisis

estadísticos, ya fuesen definitivos o preliminares y se realizaron diversas gráficas explicativas.

También se realizaron análisis de los datos de los siguientes ensayos:

- Evaluación de distintas dosis de Ethrel, como inhibidor de la flor, finca Miraflores (Ingenio Magdalena).
- Evaluación de distintas dosis de Ethrel, como inhibidor de la flor, finca el Recuerdo y finca San Francisco (Ingenio Magdalena).
- Evaluación de Ethepon + Piraclostrobyn, como inhibidor de la flor, finca el Minar (Ingenio Madre Tierra).
- Evaluación de nuevos productos, como inhibidor de la flor, finca Limones (Ingenio Pantaleón).
- Evaluación de madurantes no herbicidas, Finca Ofelia Santa Marta (Ingenio Pantaleón).
- Análisis de la zafra 08-09, comité de malezas, madurantes e inhibidores de la floración.

#### **d. Apoyo en los servicios prestados a los ingenios de la industria**

Entre el que hacer del centro y del área en específico, está el prestar servicio a los ingenios de la industria. Uno de los servicios prestados, es la realización de cursos de capacitación en el tema del área. Se prestó ayuda, en la elaboración del contenido de las capacitaciones y la elaboración del material utilizado, las capacitaciones realizadas fueron:

- Interferencia maleza-caña de azúcar (Ingenio Pantaleón).
- Fisiología de la caña de azúcar (Ingenio Tululá).

## **D. Resultados**

Publicación de tres trabajos en la memoria de actividades del centro de la zafra 2009-2010.

## **E. Evaluación**

Se cuenta con un registro de colaboración, en 3 protocolos para la realización de ensayos, 7 ensayos establecidos en campo a los cuales se les da continuidad en la recolección de la información y análisis parciales de los datos, 6 ensayos a los cuales se les realizaron análisis de datos y colaboración en 3 capacitaciones

## F. Bibliografía

1. Anderson, E; Black, W. H; Tatham, R. 1999. Análisis Multivariado. Madrid, Prentice Hall Iberia. 582p.
2. Arcila, J; Villegas, F. 1995. Uso de madurantes, en CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona asucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA.54p.
3. Arévalo, G. 2008. Suelo y herbicida. Zamorano, Honduras. 27p.
4. ASAZGUA. 2006. Asociación de azucareros de Guatemala. Recuperado el 3 de 2009, de <http://www.azucar.com.gt/02ingenios.htm>
5. Brolo, G. 2004. Historial de la distribución de malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la costa sur de Guatemala. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 68p.
6. Christoffoleti, P; López, R. 2009. Comportamento dos herbicidas, aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba.BASF. 48p.
7. Christoffoleti, P; López, R., Micolai, M; Carvalho, S. 2009. Manejo de malezas en caña de azúcar: nuevas moléculas. Guatemala. CENGICAÑA. 24p.
8. Dell, W. 1993. Edentificación y cuantificación de las principales malezas que interfieren con el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en la finca "Santa Rosita", La Democracia, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84p.
9. Espinoza, G. 2009. Aumulación de sacarosa y función de glifosato como madurante en caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA.8p.
10. Estrada, M. 2008. Diagnóstico del sistema agrícola, diseño y plan de manejo de sistemas agroforestales. Guatemala, USAC.16p.
11. Godoy, N. 1997. Efecto del glifosato como madurante aplicado a diferentes edades y cosechado en distintos periodos post aplicación en caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) variedad CP72- 1210, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL. 78p.
12. Herbicide Resistance Action Committee. 2005. Classification of Herbicides According to Mode of Action, (en línea). Consultado 3 mar 2009. Disponible en <http://www.hracglobal.com/Publications/ClassificationofHerbicideModeofAction/tabid/222/Default.aspx>

13. Larrahondo, J; Villegas, F. 1995. Control y características de maduración . Cali, CENGICAÑA.24p.
14. Legendre, B; Gravois, K; Bischoff, K. 2004. Timing of application of glyphosate to maximize sugar per acre and possible alternatives to the use of glyphosate en enhancing the yield of sugar of louisiana sugarcane en 2004. Louisiana.15p.
15. Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala: CENGICAÑA.84p.
16. López, E. 2008. Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala. USAC.74p.
17. López, E. 2008. Elaboración de proyectos de investigación, notas de acompañamiento de curso. Guatemala. USAC.84p.
18. López, E. 2008. Estadística, con aplicaciones en agronomía y ciencias forestales. Guatemala. USAC.64p.
19. López, R. 2007. Maduración inducida e inhibición de la floración en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la zona cañera de Guatemala. Guatemala. CENGICAÑA.51.
20. Martínez, M. Fisiología de la maduración de la caña de azúcar. Guatemala. USAC.8p.
21. Ordoñez, P; Milanés, N. 2006. Comportamiento y distribución de las malezas de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la región sureste de México. VI congreso ATALAC , 12-15.
22. Ordoñez, V. 1997. Evaluación del glifosato como madurante en caña de azúcar(*Saccharum Officinarum L.*) bajo 7 diferentes niveles de humedad en el suelo, san andres villa seca, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala USAC. 56p.
23. Orozco, H; Catalán, M; Castro, O; Quemé, J. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala, CENGICAÑA.26p.
24. Rincones, C. 1984. Distribución de malezas en cañaverales de los valler de Aragua. Caracas,Venezuela.21p.
25. Rodrigues, J. 1995. Fisiologia da cana de açúcar. Sao Paulo, Brasil, Universidad estadual Paulista.19p.

26. Römheld, V. 2007. Dinâmica do glifosato na rizosfera das plantas-alvo e não alvo. *Informações agronômicas* Vol(3) 12p.
27. Torres, J; Acosta, J. 1998. Fisiología de la caña de azúcar. maduración y el sazonamiento. (en linea). Cuba.Consultado 3 mar 2009. Disponible en <http://www.umcc.cu/gestacad/monos/2002/Jesus%20Torres.pdf>.
28. University of Nebraska. 2002. Library of crop tecchnology lesson modules (en linea) US. Consultado 3 mar 2009. Disñonible en <http://croptechnology.unl.edu/index.shtml>
29. Vibrans, H; Tenorio, P; Hanan, M; Mondragón, J. 2009. Malezas de México (en linea). Mexico. Consultado 3 mar 2009. Disñonible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
30. Yamada, T; Camargo, P. 2007. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. *Encarte técnico* Vol.(6) , 24p.
31. Yon, M. 1999. Efecto de dos madurantes sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) aplicados en estado de floración. Guatemala, USAC.84p.

