

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación del efecto de Sulfometuron metil como madurante en caña de azúcar (Saccharum Officinarum) en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

Trabajo de investigación presentado por Erick Alberto Lara Thomae para optar al grado académico de Licenciatura en Ciencias Agronómicas.

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Guatemala

2003

Evaluación del efecto de Sulfometuron metil como madurante en
caña de azúcar (Saccharum Officinarum) en Santa Lucía
Cotzumalguapa, Escuintla.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA


Facultad de Ciencias y Humanidades

**Evaluación del efecto de Sulfometuron metil como madurante en caña de
azúcar (Saccharum Officinarum) en Santa Lucía Cotzumaiguapa,
Escuintla.**

Guatemala

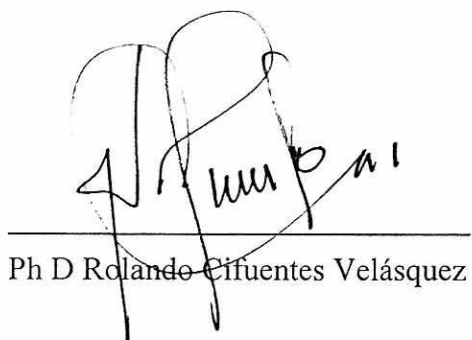
2003

Vo.Bo.:

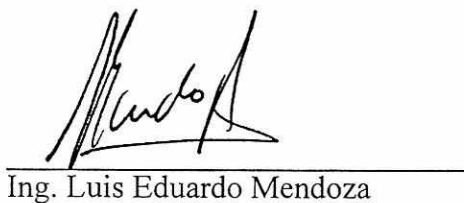


Ph D Marco Arévalo Guerra

Tribunal:



Ph D Rolando Cifuentes Velásquez



Ing. Luis Eduardo Mendoza



Ph D Marco Arévalo Guerra

Fecha del Exámen: Guatemala, 24 de octubre de 2003

PREFACIO

El mayor obstáculo en la realización de este trabajo de graduación fue el tiempo limitado entre la planificación y ejecución del mismo. Sin embargo, se pudo sobrellevar esta limitación gracias a la valiosa participación de todas las personas involucradas en el mismo. Por esa razón se extiende especial agradecimiento a la empresa DuWest Guatemala, S.A. y E.I. Du Pont de Nemours & Co., Inc. por financiar parte de este trabajo de investigación, por brindarme la oportunidad de participar en el desarrollo e investigación de productos y por proveer el madurante químico experimental (Sulfometuron metil) a ser utilizado. Al ingenio Pantaleón por concederme espacio en sus campos experimentales, poner a disposición mano de obra y sus modernos laboratorios para análisis de jugos. A CENGICAÑA por colaborar con equipo especial para la aplicación experimental de madurantes y por su asesoría en el uso del mismo.

De igual forma se extiende un agradecimiento a:

Ph. D. Rolando Cifuentes, Jefe del Departamento de Ciencias Agrícolas de la Universidad del Valle de Guatemala, por su paciencia y seguimiento a este trabajo de investigación. Por su apoyo durante mi formación profesional.

Ph. D. Marco Arévalo Guerra, Jefe de Investigación de DuWest Guatemala, S.A. por su guía y orientación. Por compartir sus conocimientos de forma incondicional y por darme su colaboración desde el inicio hasta la culminación de mi trabajo de graduación.

A todo el personal del departamento de investigación del Ingenio Pantaleón, por su apoyo indispensable y su amplio interés en promover la investigación.

Dedico este trabajo de graduación a:

A Dios

Mi patria

Mi familia

Mi novia

Mi Universidad

Mis compañeros de trabajo, especialmente del departamento de Registros y Regulaciones en DuWest Guatemala, S.A.

A todos mis amigos y catedráticos que colaboraron en mi formación profesional.

CONTENIDO

Prefacio	<i>iv</i>
Lista de cuadros	<i>v</i>
Lista de gráficos	<i>x</i>
Resumen	<i>xii</i>
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Hipótesis	3
IV. Revisión bibliográfica	
A. Descripción botánica y clasificación taxonómica de la Caña de azúcar	4
B. Maduración de la caña de azúcar	6
C. Las características de la variedad y la acumulación de azúcar	6
D. Transporte y acumulación de sacarosa en la planta	7
E. Factores ambientales y disponibilidad de nutrientes	9
F. Madurantes utilizados en la caña de azúcar: Sulfometuron metil y glifosato	
1. Sulfometuron metil	9
2. Glifosato	11
V. Materiales y Métodos	
A. Materiales	
1. Localización y condiciones del experimento	14
2. Descripción de la zona de vida	14
3- Condiciones climáticas	14
4. Características Edáficas	14

5. Material experimental	
a. Material experimental.....	15
b. Productos evaluados.....	15
c. Equipo necesario para la aplicación de madurante, instrumentos de medición y experimentación.....	15

B. Métodos

1. Diseño Experimental	15
2. Descripción de los tratamientos y características de la unidad experimental	
a. Tratamientos.....	17
b. Características de la unidad experimental.....	17
3. Variables de Respuesta	
a. Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC).....	18
b. Rendimiento en Toneladas de Caña por Hectárea (RTC/Ha).....	21
4. Variables relacionadas	
a. Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH).....	21
b. Curva de madurez	21
c. Biomasa de brotes laterales (lals) por tallo	22
d. Evaluación de rebrote.....	22
e. Evaluación de población de rebrote	22
f. Evaluación del crecimiento del rebrote.....	22
g. Análisis Económico Financiero	23

VII. Resultados

A. Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC).....	24
B. Toneladas de Caña por Hectárea (TCH).....	24
C. Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH).....	24
D. Curva de madurez.....	25
E. Biomasa de brotes laterales por tallo	

1. Número de brotes laterales por tallo	29
2. Biomasa de brotes laterales por tallo	29
F. Evaluación de rebrote	
1. Evaluación de la población de rebrote	30
2. Evaluación del crecimiento del rebrote	30
VII. Discusión	31
X. Conclusiones	33
XI. Recomendaciones	34
XI. Apéndice	
Apéndice A: Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC).....	35
Apéndice B: Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)	40
Apéndice C: Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH).....	42
Apéndice D: Biomasa de brotes laterales (lals) por tallo.....	43
Apéndice E: Crecimiento y número de rebrotes	46
Apéndice F: Cronograma	49
Apéndice G: Datos meteorológicos.....	52
XII. Bibliografía	54

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas de Sulfometuron metil.....	9
Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas de Glifosato	11
Cuadro 3. Distribución de tratamientos y dosis de madurante aplicado por área.	17
Cuadro 4. Medias obtenidas a partir de las observaciones de Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC) en los diferentes tratamientos de madurante y testigo no aplicado, utilizadas para construir las curvas de maduración	29
Cuadro 1A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la primera semana posterior a la aplicación de madurantes	35
Cuadro 1B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la primera semana posterior a la aplicación de madurantes	35
Cuadro 2A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la segunda semana posterior a la aplicación de madurantes	35
Cuadro 2B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la segunda semana posterior a la aplicación de madurantes	36
Cuadro 3A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la tercera semana posterior a la aplicación de madurantes	36
Cuadro 3B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la tercera semana posterior a la aplicación de madurantes	36

Cuadro 4A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la cuarta semana posterior a la aplicación de madurantes.....	36
Cuadro 4B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la cuarta semana posterior a la aplicación de madurantes	37
Cuadro 5A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la quinta semana posterior a la aplicación de madurantes.....	37
Cuadro 5B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la quinta semana posterior a la aplicación de madurantes	37
Cuadro 6A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la sexta semana posterior a la aplicación de madurantes.....	37
Cuadro 6B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la sexta semana posterior a la aplicación de madurantes.....	38
Cuadro 7A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la séptima semana posterior a la aplicación de madurantes.....	38
Cuadro 7B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la séptima semana posterior a la aplicación de madurantes	38
Cuadro 8A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes.....	38
Cuadro 8B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la octava semana posterior a la aplicación.....	39

Cuadro 9A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la novena semana posterior a la aplicación de madurantes	39
Cuadro 9B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la novena semana posterior a la aplicación de madurantes	39
Cuadro 10A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	39
Cuadro 10B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	40
Cuadro 11A. ANDEVA para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (THC).....	41
Cuadro 11B. Observaciones para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (THC).....	41
Cuadro 12A. ANDEVA para Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH).....	42
Cuadro 12B. ANDEVA para Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH).....	42
Cuadro 13A. ANDEVA para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes.....	43
Cuadro 13B. Medias por tratamiento para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes.....	43
Cuadro 14A. Prueba de rangos múltiples de Duncan para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes	43
Cuadro 15A. ANDEVA para número de brotes laterales por tallo en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes.....	44

Cuadro 15B. Medias por tratamiento para número de brotes laterales por tallo en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	44
Cuadro 16A. ANDEVA para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	44
Cuadro 16B. Medias por tratamiento para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	44
Cuadro 17. Prueba de rangos múltiples de Duncan para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes	45
Cuadro 18A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha).....	46
Cuadro 18B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha).....	46
Cuadro 19A. ANDEVA para población de rebrotes por metro lineal en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha).....	46
Cuadro 19B. Medias por tratamiento para población de rebrotes por metro lineal en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha).....	47
Cuadro 20A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la catorceava semana posterior a la aplicación (cuatro semanas después de la cosecha)	47
Cuadro 20B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la catorceava semana posterior a la aplicación (cuatro semanas después de la cosecha)	47

Cuadro 21A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha).....	47
Cuadro 21B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha).....	48
Cuadro 22A. ANDEVA para población de rebrotes en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha).....	48
Cuadro 22B. Medias por tratamiento para población de rebrotes en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha).....	48
Cuadro 23. Datos de temperatura tomados de la estación meteorológica "Mangalito", Finca Pantaleón.....	52
Cuadro 24. Datos de precipitación tomados de la estación meteorológica "Mangalito", Finca Pantaleón.....	53

LISTADO DE GRÁFICOS

Figura 1. Aplicación experimental de madurantes en caña de azúcar.....	16
Figura 2. Bomba a base de CO ₂ Modelo 4 F Spraying System utilizado para la aspersión de madurantes en parcelas experimentales	16
Figura 3. Diseño de campo y distribución de tratamientos utilizado para la evaluación de madurantes en caña de azúcar.....	19
Figura 4. Identificación de las unidades experimentales	20
Figura 5. Muestras extraídas de cada unidad experimental para análisis de jugos	20
Figura 6. Análisis de jugos en laboratorios del Ingenio Pantaleón.....	21
Figura 7. Marcaje de cañas por conteo de número y biomasa de brotes laterales por tallo	22
Figura 8. Curva de madurez para todos los tratamientos de madurante y el testigo no aplicado en caña de azúcar	25
Figura 9. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 15 g/Ha (A)	26
Figura 10. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 20 g/Ha (B).....	26
Figura 11. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 25 g/Ha (C).....	27
Figura. 12. Curva de madurez para tratamiento con RoundUp Max 68 SG a una dosis de 580 g/Ha (D).....	27
Figura. 13. Curva de madurez para tratamiento con RoundUp 68 SG a una dosis de 580 g/Ha (E)	28
Figura 14. Curva de madurez para testigo no aplicado (F).....	28

Figura 15. Cronograma de Actividades 51

Resumen

Se evaluó la efectividad de tres dosis; 15, 20 y 25 g/ha de un nuevo madurante con nombre comercial Curavial 75 WG; cuyo ingrediente activo es Sulfometuron metil, en el cultivo de la caña de azúcar. El ensayo de eficacia se llevó a cabo en la Finca Pantaleón, cañal "El Triunfo", lote 0990104 propiedad del Ingenio Pantaleón en la zona cañera del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Departamento de Escuintla. Como punto de comparación a la sustancia experimental se aplicaron dos tratamientos con madurantes de uso comercial RoundUpMax 60 WG y Touchdown 33 SL ambos a base de glifosato a una dosis de 480 g/ha y 1.10 litros/ha (D_{20} : 1.23 g/cm³) respectivamente, y un testigo no aplicado.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con una unidad experimental de 90 m² y parcelas netas de 30 m² de área, abarcando esta última dos surcos centrales de caña de azúcar. El ensayo tuvo un área total de 1440 m² con un total de 24 parcelas experimentales divididas en cuatro bloques, seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las aplicaciones de los madurantes se realizaron con una bomba de aspersión accionada por CO₂, y equipo especial para simulación de una aplicación aérea.

Las variables evaluadas fueron Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC), Rendimiento en Toneladas de Caña por Hectárea (RTAH), Tonelada de caña por Hectárea (TCH), biomasa de brotes laterales (lals) por tallo, población de rebrote y crecimiento del rebrote. Las únicas diferencias significativas entre tratamientos se observaron en el número de brotes laterales por tallo a la octava semana posterior a la aplicación de madurantes y biomasa de brotes laterales por tallo en la cosecha a la décima semana.

La aplicación de madurantes no tuvo ningún efecto en las variables de rendimiento, TCH (Toneladas de Caña por Hectárea), KATC (Kilogramos de azúcar por tonelada de caña) y RTAH (Rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea). La falta de evidencia para demostrar diferencias significativas entre tratamientos y el testigo no aplicado para las variables de rendimiento, y el efecto nulo de la aplicación de madurantes se atribuye a la edad de la caña (estado fenológico del cultivo y maduración fisiológica natural) y a las condiciones climáticas desfavorables para la asimilación, transporte y efecto de las moléculas evaluadas.

El Análisis Económico Financiero no fue necesario y se concluyó que el mayor beneficio neto en una aplicación tardía, caña con diez meses de edad, se obtiene al no aplicar los herbicidas madurantes evaluados; Curavial 75 WG, RoundUpMax 60 WG y Touchdown 33 SL en la variedad de caña de azúcar CP-722086.

I. Introducción

El cultivo de la caña es de suma importancia para la economía nacional. La industria del azúcar genera alrededor de 250,000 empleos (directos e indirectos) y ocupa el sexto lugar en exportaciones de azúcar a nivel mundial y el tercero en Latinoamérica exportando el 71% de la producción total, lo que representa 68% del total de azúcar exportada en la región centroamericana. (1). Aproximadamente 170,000 ha del territorio guatemalteco se encuentran destinadas a la producción cañera, generando cerca de US\$ 235,000,000.00 en divisas.

En la zona cañera de Guatemala, por la condición lluviosa, la caña que se cosecha al inicio de la zafra posee lo que los técnicos llaman “un bajo grado de sacarosa”; es decir, no posee la concentración mínima de sacarosa para ser llevada al ingenio. En la búsqueda de mejores rendimientos y para incrementar la concentración de azúcar por tonelada de caña se ha implementado desde hace varios años el uso de madurantes, de los cuales el herbicida glifosato ha sido el de uso generalizado (21). De ahí surge la necesidad de evaluar nuevos madurantes como alternativa al uso de glifosato, incluidas nuevas moléculas herbicidas que presenten acción madurante y que no sean perjudiciales a la salud humana y al medio ambiente.

El compuesto experimental de Dupont DPX-5648, cuyo nombre comercial es Curavial 75 WG® (Sulfometuron metil) es una molécula que actúa como un inhibidor del crecimiento y madurante en el cultivo de caña de azúcar, con nuevo modo de acción y baja toxicidad para el hombre y el medio ambiente. Curavial 75 WG®, viene formulado en gránulos dispersables (WG) a una concentración del 75% (750 gr de i.a./Kg de producto comercial) (21).

Sulfometuron metil, pertenece a la familia de las sulfonilureas, las cuales inhiben fuertemente la división celular a través del bloqueo de la enzima acetolactato sintetasa (ALS). La función de esta enzima en los vegetales es intervenir en la biosíntesis de los amino ácidos de cadena ramificada, valina, leucina, e isoleucina (21). El sulfometuron metil tiene un modo de acción sistémico, que luego de ser absorbido por las hojas actúa en las regiones de crecimiento (meristemas) y en la división celular (2).

El madurante Curavial 75 WG® (Sulfometuron metil) ha sido utilizado con éxito en otras regiones productoras de caña de azúcar como en Brasil en donde se han obtenido excelentes resultados de campo (2). Este herbicida, debido a su inocuidad en el medio ambiente, baja toxicidad en mamíferos y bajas dosis por hectárea, presenta un gran potencial como madurante químico para ser utilizado en la zona cañera de Guatemala.

II. Objetivos

A. General

Contribuir a mejorar los rendimientos de azúcar y los márgenes de utilidad en el cultivo de la caña de azúcar mediante la utilización de sulfometuron metil (Curavial 75 WG ®) como madurante.

B. Específicos

1. Evaluar el efecto de varias dosis de la sulfonilurea sulfometuron metil (Curavial 75 WG ®) sobre rendimientos de producción de caña azúcar en comparación con el glifosato isopropil amina de glifosato y sal trimetilsulfonio glifosato utilizado actualmente en forma comercial (Round up 68 SG®, Touchdown 33 SL®).
2. Determinar la dosis óptima de aplicación de sulfometuron metil que genere mayor rentabilidad en el cultivo de caña de azúcar.
3. Determinar cuál es la dosis adecuada y menos dañina de sulfometuron metil para los rebrotes de la caña de azúcar.
4. Evaluar el efecto de la aplicación de Curavial® 75 WG sobre los siguientes parámetros: Producción de azúcar por tonelada de caña, rendimiento de caña por hectárea y rendimiento de azúcar por hectárea

III. Hipótesis

A. Hipótesis Agronómica

La aplicación de Sulfometuron metil en caña de azúcar produce un efecto madurante igual o superior a glifosato isopropil amina de glifosato y sal trimetilsulfonio glifosato utilizado actualmente en forma comercial (Round up 68 SG®, Touchdown 33 SL®) sobre la producción de azúcar por tonelada de caña, rendimiento de caña por hectárea y rendimiento de azúcar por hectárea.

B. Hipótesis Estadística

Ho: La práctica de aplicar una sulfonilurea, sulfometuron metil, en varias dosis en la caña de azúcar produce efectos similares y no significativos en cuanto a rendimientos en toneladas de caña por hectárea y/o kilogramos de azúcar por tonelada de caña en comparación con aplicaciones de glifosato y áreas sin aplicación de madurantes.

Ha: Existe al menos un tratamiento estadísticamente significativo en cuanto a rendimientos en toneladas de caña por hectárea y/o kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

IV. Revisión Bibliográfica

A. Descripción botánica y clasificación taxonómica de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea originaria de Nueva Guinea, cultivada en mayor parte en las regiones tropicales y zonas subtropicales, pues no tiene otra limitación más que el frío (o la altitud) (9).

La caña de azúcar se caracteriza porque durante su desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo del que nace un conjunto de varios tallos llamado "cepa". En su época de floración produce una inflorescencia llamada "espiga" o "bandera".

La inflorescencia es terminal; es una panoja piramidal de medio a un metro de longitud, cuyas últimas ramificaciones delgadas están provistas de espiguillas con una flor. Por lo general no hay fructificación, pero no está excluida (9).

Su tallo varía en altura y grueso dependiendo de la variedad (5), además presenta nudos más o menos salientes y los entrenudos tienen una longitud que varía entre 5 y 22 centímetros, según la variedad y el grado de crecimiento (9).

Flores, en relación a la coloración, menciona que puede variar desde un verde claro al amarillado hasta púrpura o violeta. Los tallos pueden crecer rectos, curvos, retorcidos y, según el hábito de crecimiento, la caña puede ser postrada, reclinada o erecta.

Las hojas de la caña están insertas en los nudos del tallo en posición alterna hasta llegar a la punta donde se localiza el cogollo, en cuyo centro están las hojas enrolladas. La parte inferior de la hoja que cubre el nudo y la yema del canuto se llama vaina y la parte superior "lámina".

La raíz de la caña es de forma cilíndrica y se adelgaza hacia el punto de crecimiento, conformándose de las siguientes partes:

El capuchón, el cual se localiza en la punta extrema de la raíz y su función es la de proteger el punto de crecimiento en contra de daños mecánicos.

El punto de crecimiento, que comprende la región donde se lleva a cabo la división celular.

La región de alargamiento; que es la parte donde las células que se forman, en el punto de crecimiento, cambian rápidamente aumentando su longitud

Y por último, los pelos radiculares, que constituyen la región por donde se obtiene el agua y los elementos minerales del suelo, antes de que entren a la corteza, el cilindro central y el tejido conductor de la planta (20).

Humbert señala que la caña de azúcar se propaga de forma vegetativa, con fines comerciales, sembrando trozos del tallo, de modo que cada yema de los canutos está en la capacidad de producir una nueva planta, la cual después de tres meses de lugar a una cepa con varios retoños (17).

Según Fauconnier y Bassereau los agricultores le dan preferencia a la parte media y superior, porque las yemas tienen un poder germinativo mayor en estas regiones y brotan más rápido, ya que las de la parte inferior son más viejas (10).

De acuerdo a Edgerton (1971), el género *Saccharum*, incluye plantas cultivadas y silvestres.

La clasificación de la caña de azúcar utilizada para la producción comercial es la siguiente:

Tribu: Andropogoneae

Familia: Poaceae

Género: Saccharum

Especie: Officinarum

Actualmente, se conocen las siguientes especies del género *Saccharum*:

Saccharum Officinarum, Saccharum barber, Saccharum sinense, Saccharum spontaneum, Saccharum robustum, Saccharum edule y Saccharum narenga (9).

El cultivo y desarrollo de la caña noble (*Saccharum officinarum*) ha presentado por lo regular ataques fuertes de enfermedades y plagas por lo que las hibridaciones han sido necesarias especialmente con *S. robustum*, *S. spontaneum*, *S. barberi* poseedoras de genes de rusticidad, adaptabilidad, rendimiento en peso y firmeza en el rebrote (129).

Los híbridos producidos son clasificados por la sigla de la estación seleccionadora seguida del año del cruzamiento y del número de clon. Así por ejemplo:

CP722086 = 2086 clon seleccionado en el año de 1972 en la estación de Canal Point (9).

Las principales estaciones experimentales y sus siglas son las siguientes:

Barbados (Antillas Británicas)	B
Canal Point y Louisiana (E.E.U.U.)	CP y L
India (Coimbatore)	Co
Hawaii	H
Natal (Africa del Sur)	N
Natal-Coimbatore: Selección en África del Sur a partir de cruzamientos realizados en la India del Sur	NCo
Proefstation Oost Java (Java)	POJ
Queensland (Australia)	Q

Se sabe que el número de cromosomas somáticos en plantas dentro del género *Saccharum* es de menos de 48 hasta de 150. Se asume que el número básico del grupo es 10 (9).

Todas las variedades, especies o híbridos estudiados parecen ser poliploides o aneuploides. Las especies *Saccharum officinarum* y *Saccharum robustum* se consideran octaploides, ya que el número 80, se encuentra con facilidad, aunque para *robustum* se han reportado números de $2N = 60$, hexaploide hasta $2N=120$, siempre múltiplos del número básico o haploide 10 (9).

B. Maduración de la caña de azúcar

Según Buenaventura, citado por Portillo (21), la maduración de la caña de azúcar es un proceso metabólico durante el cual la planta deja de crecer y comienza a almacenar energía en forma de sacarosa en los tejidos parénquimáticos del tallo.

Según Martínez Galicia, se requiere de periodos de sequía, temperaturas bajas con un diferencial entre el día y noche de 11 °C y un fotoperíodo con bastante luz solar (alrededor de 12 horas), durante un lapso de 4 a 6 semanas antes de la cosecha para alcanzar una maduración aceptable (18).

Según Amaya Esteves (18), el ciclo vegetativo de la caña de azúcar se puede dividir en tres etapas:

- La primera etapa corresponde al desarrollo de cepas, desde la brotación hasta los 5 a 6 meses de edad cuando se cierra el campo; siendo esta etapa la de mayor requerimiento de agua, ya que la humedad de la planta debe estar por encima del 85%.
- La segunda etapa se refiere a la transformación de la sacarosa y va del final de la primera hasta el inicio de la maduración, la humedad regularmente debe promediar entre 78 y 80 %.
- La tercera etapa es la maduración, la que inicia más o menos a los 9 meses de edad. Es en esta parte del ciclo, la humedad debe estar entre un 73 a 75% dentro de la planta para obtener buenos resultados de maduración.

Existen tres factores principales en la maduración de la caña de azúcar:

- Las características de la variedad de caña de azúcar
- Transporte y acumulación de sacarosa en la planta
- Factores ambientales: condiciones de humedad y temperatura, cantidad y accesibilidad de nitrógeno y potasio

C. Las características y potencial de cada variedad

El ciclo de crecimiento y el potencial para acumular azúcar es diferente para cada variedad. Por ejemplo, la Canal Point o Clewiston desarrolladas en Florida, Estados Unidos, poseen una alta capacidad de acumulación de azúcar, además de ser de ciclo de desarrollo corto, mientras que las desarrolladas en Puerto Rico y Barbados tienen un período de crecimiento mucho más largo (15).

Las diferencias de la concentración de azúcar en los tallos de las diferentes especies y variedades de caña de azúcar se han correlacionado con factores morfológicos, enzimáticos, ambientales, disponibilidad de agua y enfermedades. Welbaum y Meinzer (1990) encontraron 108 mM de sacarosa y 109 mM de hexos en los entrenudos inmaduros, pero en los entrenudos maduros dentro de un mismo tallo había 612 mM de

sacarosa y 2 mM de hexosas. El gradiente de concentración de azúcar hacia abajo del tallo es más pronunciado durante los períodos de crecimiento rápido y es más reducido durante los de crecimiento restringido (19).

Los tallos de variedades de alta concentración de sacarosa tienen mayor contenido de humedad y menos fibra que aquellos que presentan menor concentración de sacarosa; además, su cubierta es más gruesa y con mayor peso fresco. Los tallos de variedades que almacenan poca sacarosa son delgados, fibrosos y con bajo peso fresco. Como consecuencia, parte de las diferencias en el potencial de acumulación de azúcar entre variedades comerciales, se puede deber a los límites determinados por los caracteres morfológicos (19).

En estudios conducidos en las variedades Mex 57-473, Mex 69-290, AMEX 5532 y Rb 765418, del campo experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Morelos, México se determinó que la actividad IAS varió en función de la edad del entrenudo y del genotipo, pero fue mayor en los entrenudos jóvenes de la variedad que acumula menos sacarosa (19).

En un estudio *in vitro*, Gutiérrez et. al no observó relación entre la morfología y el nivel de acumulación de sacarosa en cuatro diferentes variedades de caña de azúcar (19).

D. Transporte y acumulación de sacarosa en la planta

Los azúcares que se forman en la planta durante el proceso de fotosíntesis, tales como la sacarosa y los azúcares reductores (glucosa y fructosa), se transportan desde las hojas hacia el tallo y las raíces a través de los haces vasculares del floema y otra cantidad menor se transporta nuevamente en dirección contraria hacia el meristemo apical a través del xilema. Esto ha sido posible determinarlo mediante la utilización de radioisótopos. No se sabe si este proceso requiere de energía de las reacciones metabólicas o es un proceso de simple difusión (2).

La mayor concentración de azúcares en el tallo ocurre de la corteza hacia el centro, siendo mayor en el intermedio entre estas dos partes, la sacarosa al entrar en el tejido del parénquima se transforma en glucosa y fructosa por acción de una invertasa situada en la parte externa de la pared celular (espacios intercelulares). Una vez dentro de la célula, la glucosa y la fructosa por acción de un proceso de fosforilación dan origen a la sacarosa, que se almacena en las vacuolas (2).

Se sugiere que las invertasas son enzimas que regulan la acumulación de sacarosa en el parénquima de almacenaje del tallo de caña de azúcar (19). De acuerdo al pH en que éstas enzimas tienen su mayor actividad, se les ha denominado invertasa neutra (presenta su mayor actividad a pH 7) e invertasa ácida (su mayor actividad se presenta a pH 5 a 5.5). Se ha planteado que durante la etapa juvenil, la invertasa ácida se presenta en grandes cantidades y es afectada por la concentración de nitrógeno, reducción de la precipitación y disminución en la temperatura. Estos tres factores afectan negativamente el crecimiento, por lo que se le relacionó directamente la concentración de invertasa ácida y el crecimiento (2). Sin embargo, posteriormente se reportó que estas enzimas no tenían una función principal excluyente en los mecanismos de regulación de crecimiento y acumulación de sacarosa (19).

La invertasa neutra (IN) está en el citoplasma o en los compartimientos metabólicos de las células. En las variedades que acumulan altos contenidos de sacarosa, las actividades de IN son bajas en las células meristemáticas, pero se incrementan concomitantemente al aumentar la acumulación de sacarosa en el tejido de almacenaje. La actividad de la invertasa ácida soluble (IAS) es alta en tejidos de crecimiento rápido, como los cultivos de células y tejidos, ápices de raíz y entrenudos maduros. IAS se ubica principalmente en las vacuolas de las células del parénquima de almacenaje, pero también ocurre en el espacio apoplástico de la pared celular, ya sea como enzima soluble o enlazada a la pared celular. Las variedades con alta actividad IAS en el tejido de almacenaje de tallos maduros no almacenan una alta cantidad de sacarosa. Lo inverso es cierto solamente en algunos casos. Actualmente se considera a la sacarosa sintetasa (SS), la sacarosa fosfato sintetasa (SFS), la fosfotransferasa y al balance de las actividades de varias enzimas, como factores reguladores principales para la acumulación de sacarosa en caña de azúcar.

Las correlaciones no fueron significativas entre la actividad específica de la invertasa neutra y la concentración de sacarosa. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sehtiya et. al. (1991), quienes reportaron que no hubo actividad de la invertasa ácida en los tejidos maduros de almacenaje de las variedades que tienen alta capacidad para almacenar sacarosa. En lugar de la IA se encontró la invertasa neutra cuya función no está directamente relacionada con la acumulación de sacarosa, sino con el suministro de azúcares reductores que los tejidos de almacenaje necesitan para el metabolismo basal de las células.

La producción neta y la concentración final de sacarosa podrían estar correlacionadas con la diferencia entre la síntesis y la hidrólisis de sacarosa, es decir SFS (sintetiza sacarosa a partir de UDP-glucosa y de fructosa-6-fosfato) menos IAS (Enzima que degrada el disacárido). La acumulación neta de sacarosa se elevó cuando SFS que sintetiza sacarosa excedió la actividad de la IAS que la hidroliza. Un bajo nivel de IAS podría ser suficiente para hidrolizar la sacarosa en el espacio apoplástico, ya sea para mantener un gradiente de concentración para la descarga del floema o para restituir los azúcares perdidos en las células de almacenaje del parénquima. Las mayores diferencias en la acumulación de sacarosa entre las variedades comerciales se atribuyen a la diferencia entre las actividades de IAS y sacarosa fosfato sintetasa (SFS), siempre que la concentración IAS sea inferior a su nivel crítico. Este resultado no es inesperado, debido a que la ruta de transporte para la acumulación implica la hidrólisis y re-síntesis de sacarosa (19).

El bajo nivel de la actividad de la IAS, en los entrenudos que acumulan azúcar podría representar parcialmente la invertasa soluble extracelular. La actividad total de la IAS es compartida entre una fracción más grande, en la vacuola, y una más pequeña en el espacio apoplástico. La IAS del apoplasto en la pared o la superficie celular controla el flujo de sacarosa desde los tejidos conductores hacia las células jóvenes en crecimiento; la IAS vacuolar regula el retorno de la sacarosa desde su almacenaje en la vacuola. Si este es el modelo correcto de la distribución y funcionamiento de las IAS, entonces la actividad más alta de IAS, que previene mayor acumulación de sacarosa, debe ser representada por la fracción vacuolar de la IAS. Una alta acumulación de sacarosa asociado a un nivel bajo de IAS debería ser principalmente la actividad IAS del

apoplasto. La fuerte relación negativa entre la actividad de la invertasa ácida vacuolar y la acumulación de sacarosa y el probable efecto promotor de la IA apoplástica. (19).

E. Factores ambientales y disponibilidad de nutrientes.

La disponibilidad de humedad, nitrógeno y potasio es muy importante, no sólo para obtener un crecimiento máximo de la planta, sino también para el almacenamiento de sacarosa (13).

F. Madurantes utilizados en la caña de azúcar: Sulfometuron metil y glifosato

1. Sulfometuron metil

a. Las sulfonilureas. Las propiedades herbicidas de las sulfonilureas fueron reportadas por primera vez en 1966. En 1975, Levitt preparó la sulfonilurea III con una alta actividad herbicida a 2.0 kg/ha. Este descubrimiento inició una serie de investigaciones sobre estos compuestos y su aplicación en la agricultura (14).

b. Propiedades físico-químicas y modo de acción. Las sulfonilureas se componen de tres partes distintivas: (21) grupo arilo, (2) un puente y (18) un heterociclo. Cada parte presenta un rol importante en determinar la actividad herbicida de la molécula.

Las sulfonilureas son ácidos débiles, con solubilidades en agua y coeficientes de partición como función del pH. La solubilidad en el agua incrementa a mayor pH. En forma contraria, el coeficiente octanol/agua K_{ow} se reduce.

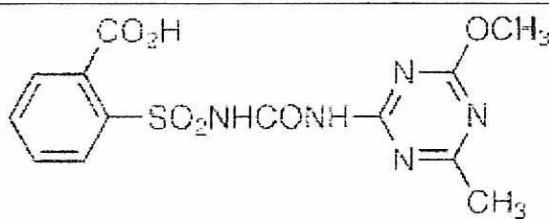
Las sulfonilureas pasan por dos reacciones principales: (21) Hidrólisis y (2) formación de sales. En la hidrólisis el puente de la sulfonilurea se rompe para formar sulfonamida, el aminoheterociclo y dióxido de carbono. Dependiendo en los sustituyentes, la sulfonamida y el aminoheterociclo pueden pasar a una degradación hidrolítica mayor. La tasa de hidrólisis de las sulfonilureas es dependiente del pH. La hidrólisis ocurre mucho más rápido bajo condiciones ácidas. Ya que las sulfonilureas son ácidos débiles, a valores de pH neutral o alcalino estas van a existir exclusivamente en la forma aniónica y son menos susceptibles a la hidrólisis.

En la presencia de bases, álcali o hidróxidos alcalino-térreos o carbonatos, las sulfonilureas forman sales de metales estables. Las sales de amonio se forman similarmente en la presencia de amonio y aminas alifáticas. Ambas, las sales de amonio y metales de la sulfonilurea tiene una solubilidad moderada en el agua (14).

Es un herbicida que pertenece a la familia de las sulfonilureas con las siguientes propiedades fisicoquímicas:

Cuadro 1: Propiedades fisicoquímicas de Sulfometuron metil

Nombre común:	Sulfometuron metil
Nombre IUPAC:	2-(4,6-dimethylpyrimidin-2-ylcarbamoylsulfamoyl) benzoic acid

Número CAS (Chemical Abstract System):	74222-97-2
Estructura química:	
Formula molecular:	C ₁₅ H ₁₆ N ₄ O ₅ S
Descripción:	Sólido blanco incoloro, inodoro
Densidad:	1.48 g/ml
Punto de fusión:	203-205 °C
Presión de vapor:	5.5 x 10 ⁻¹⁶ mm Hg a 25 °C
Solubilidad:	Agua a 25 °C, 10 mg/l a pH 5, y 300 mg/l a pH 7.

El crecimiento en las plantas es interrumpido unas pocas horas luego de la aplicación, pero los daños perceptibles aparecen > 2-3 semanas luego de la aplicación. Las áreas meristemáticas gradualmente se tornan cloróticas, seguidas por clorosis foliar y necrosis. Las plantas pueden mostrar una coloración rojiza-púrpura, decoloración de las venas, y necrosis de las terminaciones (15).

Se absorbe fácilmente a través de las hojas después de la aplicación y en las raíces en suelo tratado. Sulfometuron se trastoca en ambos, xilema y floema, aunque no extensivamente. Sulfometuron se mueve en el xilema y por flujo de masa con los solutos del floema, acumulándose en los meristemos de la planta (15).

El modo de acción de Sulfometuron metil es por medio de la inhibición de acetolactato sintetasa (ALS), también llamada acidoacetohidroxi sintetasa (AHAS), una enzima clave en la biosíntesis de amino ácidos de cadena ramificada, isoleucina, leucina, valina. La muerte de la planta resulta de los eventos que ocurren en respuesta a la inhibición de ALS, pero la secuencia de los procesos fitotóxicos no está aún clara (15).

c. Medio ambiente y sulfometuron metil. La degradación microbiana ocurre lentamente. La hidrólisis microbial es moderadamente rápida a pH 6, pero extremadamente lenta a pH 8. Por lo tanto, la degradación de sulfometuron ocurre más rápidamente en suelos con pH bajo en donde la tasa esta dominada por la hidrólisis, en donde las tasas de degradación son más lentas a pH alto y están dominadas por acción microbial. La hidrólisis no microbial rompe el puente de las sulfonilureas (15).

La vida media típica es de 20-28 días con un pH 6-7. La persistencia se incrementa temperaturas frías, baja humedad y pH más alto (15).

d. Toxicología. Las sulfonilureas en general tienen una toxicidad baja. La dosis letal media LD50 en rata para sulfometuron metil es > 5000 mg/kg y una LD50 letal media en conejo > 8000 mg/kg. (15)

Esta baja toxicidad, junto con las dosis reducidas hacen que estos herbicidas sean muy promisorios desde el punto de vista de seguridad para el medio ambiente y los potenciales efectos a la salud humana. Además se ha descubierto que no tiene efecto negativo sobre los organismos del suelo, especialmente Rhizobium y Azotobacter, que tienen efecto sobre la fijación de nitrógeno en el suelo (21).

2. Glifosato:

a. Propiedades fisicoquímicas y modo de acción. Es un herbicida que pertenece a la familia de los herbicidas organofosforados con las siguientes propiedades fisicoquímicas:

Cuadro 2: Propiedades fisicoquímicas de Glifosato

Nombre común	Glifosato
Nombre IUPAC	Carboxymethylaminomethylphosphonic acid; sulfosato = trimethylsulfonium carboxymethylaminomethylphosphonate
Número CAS (Chemical Abstract System)	Ácido 114370-14-8; Sal isopropilamina 1071-83-6; Sal Trimetil sulfonio 81591-81-3
Estructura química	$\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{NHCH}_2\text{P}(\text{OH})_2$
Formula molecular	Ácido $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$; Sal isopropilamina (Ipa) $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{N}_2\text{O}_5\text{P}$; Sal Trimetilsulfonio (Tms) $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{NO}_5\text{PS}$
Descripción	Ácido, Sólido blanco, inodoro. Sal trimetilsulfonio, líquido ambar claro a amarillo, con un ligero olor a azufre en forma acuosa producto técnico al 70% (la sal trimetilsulfonio glifosato seco puro es fuertemente hidrosfópica, es difícil de mantener; por lo tanto, una solución acuosa al 70 % es utilizada como producto técnico)
Densidad	Ácido 1.74 g/ml; sal acuosa

	trimetilsulfonio 1.23-1.25 g/ml a 20°C
Punto de fusión	200 °C
Presión de vapor	Ácido 1.84×10^{-7} mm Hg a 45 °C; Sal trimetilsulfonio 3×10^{-7} mm Hg
Solubilidad	<p>Ácido Agua 25 °C, 15700 mg/l a pH 7, y 11600 mg/l a pH 2.5</p> <p>Sal isopropilamina Agua 25°C, 900000 mg/l a pH 7 (estimada), y 786000 mg/l a pH 4.06.</p> <p>Sal trimetilsulfonio Agua 4,300,000 mg/l a 25 °C y pH 7</p>

El crecimiento es inhibido al poco tiempo de la aplicación seguido de clorosis foliar general y necrosis dentro de 4 a 7 días para gramas altamente susceptibles y dentro de 10 a 20 días para especies menos susceptibles. La clorosis es más pronunciada y aparece antes en las hojas maduras y en los puntos de crecimiento. El follaje algunas veces se torna rojo a morado en algunas especies. La regeneración de las especies perennes y leñosas tratadas regularmente es deforme y con marcas blancas o estrías: rebrotes múltiples (denominado escoba de bruja) puede desarrollarse en los nódulos (15).

Es moderadamente absorbido a través de la cutícula luego de la aplicación. La sal isopropilamina de glifosato es más fácilmente absorbida que el glifosato ácido, y el surfactante y el sulfato de amonio incrementan la absorción de la sal isopropilamina. El transporte del glifosato en el plasmalema es menor que en la mayoría de herbicidas (especialmente herbicidas no polares), probablemente por su carga negativa y pH fisiológico. Un transportador de fosfato puede contribuir al movimiento del glifosato a través del plasmalema (15).

El glifosato es transportado principalmente en el simplasto a través de la acumulación en tejidos bajo el suelo, hojas inmaduras y meristemas. La transportación apoplastica regularmente es poca o nula. El glifosato puede interferir con su propia translocación a partir de las hojas tratadas interfiriendo con la partición de carbono y el metabolismo (15).

De la aplicación de esta molécula resulta la inhibición de la 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate sintetase (EPSP) la que produce EPSP a partir de shikimate-3-phosphate y phosphoenolpyruvate en la vía del ácido shikimic. La inhibición de EPSP lleva al agotamiento de los aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina y fenilalanina, todos necesarios para la síntesis de proteína o para vías biosintéticas involucrando el crecimiento. La falla de la adición exógena de estos aminoácidos para revertir los efectos tóxicos del glifosato en plantas, sugiere que otros factores además de la inhibición de proteínas están involucrados. Aunque la muerte de las plantas

aparentemente resulta de los eventos ocurriendo en respuesta a la inhibición de EPSP sintetasa, la secuencia de procesos fitotóxicos no ha podido ser explicada (15).

b. Medio ambiente y glifosato. Rápidamente y fuertemente absorbido por el suelo. La materia orgánica, arcilla, limo o contenido de arena y el pH del suelo tienen un efecto mínimo en la adsorción. La adsorción del glifosato correlaciona con la cantidad de sitios de adsorción vacantes para fosfato y puede ocurrir a través de un enlace de la forma ácido fosfónico. Altos niveles de cationes metálicos en los suelos de arcilla incrementa la cantidad de glifosato absorbido. La adsorción fuerte a los suelos está evidenciada en parte por la baja fitotoxicidad en las aplicaciones al suelo. Los cultivos pueden ser sembrados o transplantados inmediatamente en las áreas tratadas (15).

Se degrada microbially en el suelo y en el agua. Las tasas de descomposición pueden variar con el tipo de suelo y la población y microbiana. Desde 10 al 70% del glifosato puede ser transformado a CO_2 . La degradación no microbiana es despreciable.

El glifosato tiene una persistencia moderada con una vida media de campo de 47 días. Todos los cultivos pueden ser plantados inmediatamente después de la aplicación debido a la fuerte absorción por el suelo. La vida media típica bajo condiciones de laboratorio es <25 días.

La baja movilidad en la mayoría de suelos en el campo y estudios de laboratorio se debe principalmente a la adsorción en el suelo (15).

c. Toxicología. Estudios de toxicidad en glifosato grado técnico han dado por resultado una LD50 oral en rata de 5600 mg/kg y LD50 dérmica en conejo > 5000 mg/kg. El glifosato no es carcinogénico, mutágeno, teratogénico y no es una toxina que afecte la reproducción (15).

V. Materiales y métodos

A. Materiales

1. Localización y condiciones del experimento. El experimento se estableció en la Finca Pantaleón, cañal "El Triunfo", lote 0990104 aledaños a la estación meteorológica "Mangalitos" propiedad del Ingenio Pantaleón en la zona cañera del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Departamento de Escuintla.

El experimento se localizó en la denominada zona alta, comprendida entre 300 y 800 MSNM y se caracteriza por la predominancia del orden de suelos de tipo Andisol y con precipitaciones mayores a 3,000 mm anuales. La temperatura promedio anual es igual o ligeramente mayor a los 25 °C. Se estima que un 14.34% del total de la caña de azúcar propiedad del Ingenio Pantaleón se encuentra en esta zona.

2. Descripción de la zona de vida. La finca Pantaleón se encuentra bien ubicada dentro de dos zonas bien definidas, las cuales son (Zonas de vida de Holdrige):

- Zona Tropical Húmeda (T-h), con precipitaciones entre 2000 y 4000 mm anuales y temperaturas mayores a los 24 °C.
- Bosque Húmedo Sub-tropical Cálido (BhsT-c), con precipitaciones mayores a los 4000 mm anuales y temperaturas de 24 °C (16).

3. Condiciones climáticas. Los reportes de los últimos diez años provenientes de la estación meteorológica (tipo B) El Mangalito, que esta ubicada dentro de la finca Pantaleón, ha dado los siguientes resultados:

Humedad relativa promedio: 70%

Precipitación Pluvial media anual: 3982.54

Días de lluvia promedio anual: 210

Temperatura mínima promedio anual: 21.16 °C

Temperatura máxima promedio anual: 32.25 °C

Temperatura promedio anual: 27 °C

Horas sol promedio anual: 2315.61

Evaporación promedio anual a la intemperie: 1545 mm

4. Características edáficas. Según CENGICAÑA (1996) estos suelos pertenecen al complejo Tahuexco-Tonquin (TC-TM) y al conjunto Tonquín (*Lithic Hapludands* Medial sobre esquelética), los cuales se distribuyen en las partes altas del cuerpo de los abanicos que conforman la planicie fluvio-volcánica de boca costa, en relieve ligeramente ondulado con pendientes menores al 3%, posee baja capacidad para retener la humedad en época seca, lo que implica el uso obligado de riego. En época lluviosa el nivel freático es muy superficial. Son suelos muy susceptibles a la erosión (12).

Estos son suelos que no están recomendados para el cultivo de la caña de azúcar, por que la profundidad efectiva no permite el desarrollo de las raíces y además por la baja capacidad del suelo para retener la humedad (12).

5. Material experimental

a. Material vegetal. Para efecto de esta investigación se utilizaron parcelas experimentales de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de segundo corte (1 era. Soca) de la variedad de caña CP 72-2086, ya que es una de las más cultivadas en el país por sus altos rendimientos y resistencia a enfermedades.

b. Productos evaluados

- Isopropil amina de glifosato, ingrediente activo del producto con nombre comercial ROUNDUP MAX 68 WG (Formulado por Monsanto do Brasil Ltda. Av. Carlos Marcondes, 1200 Sao José dos Campos – Sao Paulo State 122241-420)
- Glifosato Trimesium; Sal trimetil sulfonio N-fosfomenil, ingrediente activo del producto con nombre comercial TOUCHDOWN 33 SL (Formulado por Syngenta. San Lorenzo # 1009. Col. del Valle. C.P. 03100 México, D.F.)
- Sulfometuron metil, familia química Sulfonilurea, cuyo nombre comercial es OUST/CURAVIAL® 75 WG (E.I. DuPont de Nemours & Co., Inc. Crop Protection. Wilmington, Delaware, 19898. Estados Unidos).

c. Equipo necesario para la aplicación de madurante, instrumentos de medición y experimentación. La aplicación se realizó con una bomba especial a presión constante de CO₂ para la aspersion, que es el MODELO 4 F Spraying System, el cual es utilizado en la aplicación experimental de madurantes en parcelas pequeñas, para simular las aspersiones aéreas en el cultivo de caña de azúcar. El volumen de agua aplicado fue equivalente a 312 litros/ha. A todos los tratamientos se les agregó un adherente-penetrante no iónico Adsee 775 al 0.6% (6 cc/litro de mezcla), aceite vegetal portador de agroquímicos formulado por Químicas Stoller de C.A., S.A. Carrier al 6% (60 cc/litro de mezcla) y un corrector de pH/ solución buffer Indicate 5 con indicador de pH. Previo a la aplicación se hizo una calibración para asegurar la mejor aplicación de los tratamientos. La aplicación de los tratamientos se realizó 74 días antes de la cosecha de la caña de azúcar.

B. Métodos

1. Diseño experimental. Para el experimento se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones.

El modelo lineal para un diseño de Bloques al Azar, suponiendo que tenemos tratamientos a (que se desean comparar) y bloques b es el siguiente:

Para cada observación

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$



Figura 1. Aplicación experimental de madurantes en caña de azúcar



Figura 2. Bomba a base de CO₂ Modelo 4 F Spraying System utilizado para la aspersión de madurantes en parcelas experimentales

En donde:

μ es la media general

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j es el efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} es el error experimental (error aleatorio).

(x)

a. ANDEVA (Análisis de Varianza). Un ensayo unifactorial será llevado a cabo. Los datos serán procesados mediante un análisis de varianza.

b. Prueba de intervalos múltiples de Duncan. Prueba de rangos/ intervalos múltiples de Duncan: Si existe un tratamiento con una media significativa, se compara mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$); que sirve para comparar rangos de medias. Para pruebas con muestras del mismo tamaño, se disponen las muestras en orden ascendente los α promedios de tratamiento y se determina el error estándar de cada promedio, utilizando

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{MSE/n}$$

2. Descripción de los tratamientos y características de la unidad experimental.

a. Tratamientos. Se prepararon seis tratamientos de herbicidas madurantes y un testigo no aplicado distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 3. Distribución de tratamientos y dosis de madurante aplicado por área.

TRATAMIENTOS

T	Producto*	Dosis (gia/ha)**	Dosis (gpc/ha)***	No. De aplicaciones	Intervalo entre aplicaciones
A	CURAVIAL 75 WG	11.25	15	1	-----
B	CURAVIAL 75 WG	15	20	1	-----
C	CURAVIAL 75 WG	18.75	25	1	-----
D	ROUNDUPMAX 68 SG	394.4	580	1	-----
E	TOUCHDOWN 33 SL	363	1.10 litros* ¹	1	-----
F	Testigo no aplicado	-----	-----	-----	-----

* CURAVIAL[®], ROUNDUPMAX 68 SG sal isopropil amina de glifosato. Testigo comercial.

**Gramos de ingrediente activo por hectárea

***Gramos de producto comercial por hectárea

*¹ TOUCHDOWN[®] 33 SL glifosato Trimesium. Sal trimetil sulfonio N-fosfomenil glicina. Densidad 1.23 g/cm³ a 20 °C

b. Características de la unidad experimental

1) Parcela bruta. La unidad experimental abarcó un área de 90 metros cuadrados comprendida por cuatro surcos de caña distanciados a 3 metros, con una longitud total de

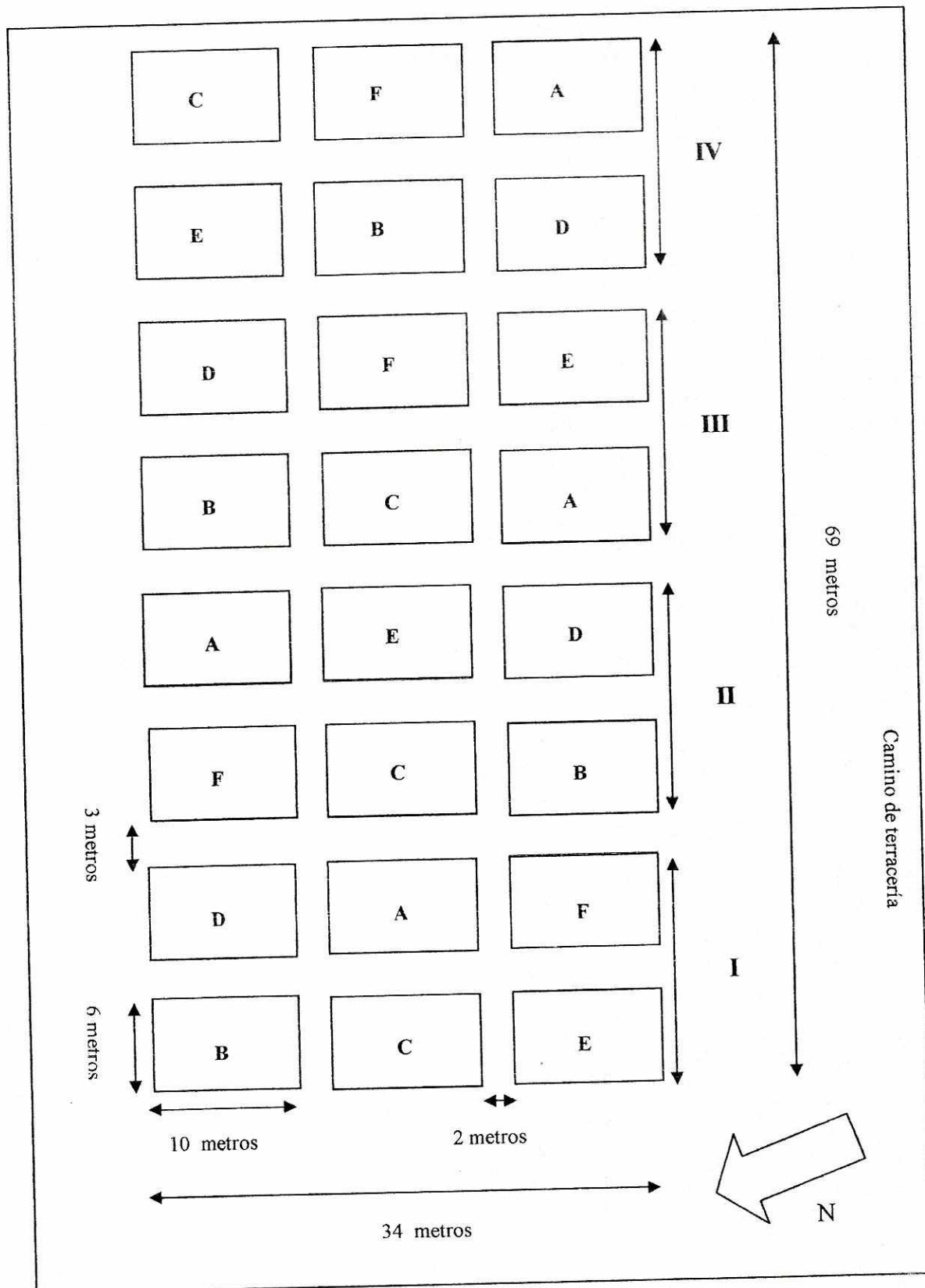
10 metros. El ensayo comprendió un área total de 1440 m² con un total de 24 parcelas experimentales divididas en cuatro bloques, 6 tratamientos y 4 repeticiones. Tanto los bloques como las unidades experimentales estuvieron separados por una distancia de 3 m.

2) Parcela neta. La parcela neta estará constituida por los dos surcos centrales con una longitud de 10 metros, siendo un total de 15 metros cuadrados (1.5 metros de ancho por 10 metros de largo). Los surcos que se encuentran a las orillas no se tomaron en cuenta para eliminar los efectos de borde.

3. Variables de respuesta

a. Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC). Para medir la variable de Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC) se realizaron muestreos precosecha semanales, tomando de cada unidad experimental 4 cañas las cuales fueron escogidas al azar e identificadas con el tratamiento correspondiente. Posteriormente se enviaron al laboratorio del Ingenio Pantaleón para los análisis de jugos. Obteniendo grados brix, porcentaje pol y pureza, para luego determinar rendimiento en Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC).

Los muestreos precosecha se realizaron desde un día antes de la aplicación de madurante hasta el momento de la cosecha, lo cual comprende de 8 a 10 semanas con intervalos de 1 a 2 semanas de muestreo, quedando distribuido de la siguiente forma: 0 (un día antes, el mismo día o un día después de la aplicación), 2, 4 ,6 ,7, 8, 9 y 10 semanas después de la aplicación de los tratamientos.



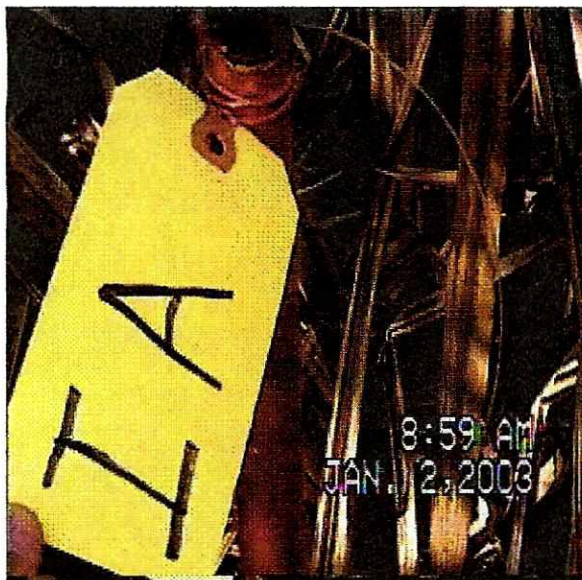


Figura 4. Identificación de las unidades experimentales



Figura 5. Muestras extraídas de cada unidad experimental para análisis de jugos

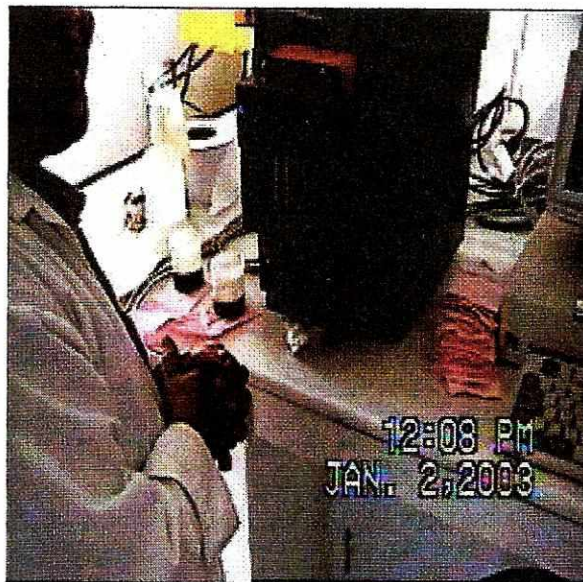


Figura 6. Análisis de jugos en laboratorios del Ingenio Pantaleón

b. Rendimiento en Toneladas de Caña por Hectárea (RTC/Ha). Para evaluar el rendimiento en toneladas de caña por hectárea se cosecharon cuatro surcos los que posteriormente se pesaron y en la fase de gabinete se determinó el tonelaje de caña por hectárea.

La cosecha se hizo de forma manual, identificando las unidades experimentales, luego pesando con una grúa y una balanza apropiadas. Con el rendimiento en toneladas de caña de cada unidad experimental fue posible extrapolar el rendimiento por hectárea.

4. Variables relacionadas

a. Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH). El rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea fue calculado a partir de los kilogramos de azúcar por tonelada de caña y el rendimiento en toneladas de caña por hectárea.

$$RTAH = KATC * RTC/Ha$$

b. Curva de madurez. Con el dato de rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) que se obtuvo en los análisis de laboratorio de los tallos en el inciso 1.1, se realizó la curva de madurez de la caña. Esta se fue creando semanalmente según fueron transcurriendo los muestreos hasta el momento de la cosecha.

Con la curva de madurez se determinaron los tratamientos con el mayor rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña durante una semana específica de la evaluación, la evolución del KATC posterior a la aplicación de los productos.

c. Biomasa de brotes laterales (lalas) por tallo. Para la evaluación de la biomasa de brotes laterales se utilizaron cañas seleccionadas al azar marcadas con cinta adhesiva roja.

En la décima semana, antes de la cosecha, se extrajeron todos los tallos marcados y se colectaron todos los brotes laterales (lalas) en bolsas plásticas debidamente rotuladas para cada unidad experimental. Posteriormente fueron pesados utilizando una balanza en campo.

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

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



Figura 7. Marcaje de cañas para conteo de número y biomasa de brotes laterales por tallo

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

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

f. Evaluación del crecimiento del rebrote. Para determinar la población, se midieron dos submuestras de 5 metros lineales cada una. Se midió el crecimiento de rebrotes en los extremos y centro de cada submuestras, luego se obtuvo el promedio del crecimiento de la población para las dos submuestras, para cada unidad experimental.

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

Para realizar el análisis económico financiero se debieron seguir los siguientes pasos:

1) Primer paso:

- Se determinan los costos variables específicos (CQV) para cada tratamiento, incluyendo en este rubro lo que son costos de los productos puestos en finca o área de aplicación (CPF), costo de transporte de la caña al ingenio (CT) y el costo de aplicación (CA) de los productos.
- Los beneficios brutos (BB) para cada tratamiento, se debieron determinar incluyendo en este rubro lo que son los costos de la caña por tonelada puesta en campo (PTCC) y las toneladas de caña por hectárea (THC).
- Los beneficios netos (BN) para cada tratamiento se debieron determinar, con los costos variables y los beneficios brutos.

$$CQV = CPF + CT + CA$$

$$BB = PTCC * TCH$$

$$BN = BB - CQV$$

2) Segundo paso:

- Se ordenan los tratamientos de menor a mayor costo.

3) Tercer paso:

- Se realiza un análisis de dominancia, el cual tendrá como propósito descartar los tratamientos cuyos ingresos no compensaran los costos incurridos en comparación con las demás alternativas. Los tratamientos dominantes serían aquellos con un beneficio neto mayor que los demás.

4) Cuarto paso:

- Se determinaría el incremento en los CQV y en los BN, que resultaron entre el cambio en los beneficios netos y los costos que varían al pasar de un tratamiento a otro.
- Se calcula la tasa marginal de retorno (TMR), la cual resulta del incremento en los BN dividido el incremento en los CQV, por 100.

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

VI. Resultados

A. Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC)

Para la variable KATC no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos desde la primera semana hasta la cosecha, período en el cual se extrajeron muestras para análisis de jugos en los laboratorios del Ingenio Pantaleón. Los cuadros en el apéndice A (Cuadro 1 A – Cuadro 10B, página 35-40) muestran los resultados del análisis de varianza para Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña.

B. Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para Toneladas de Caña por Hectárea. En el Apéndice B (Cuadro 11 A, página 41) se pueden observar los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) para esta variable.

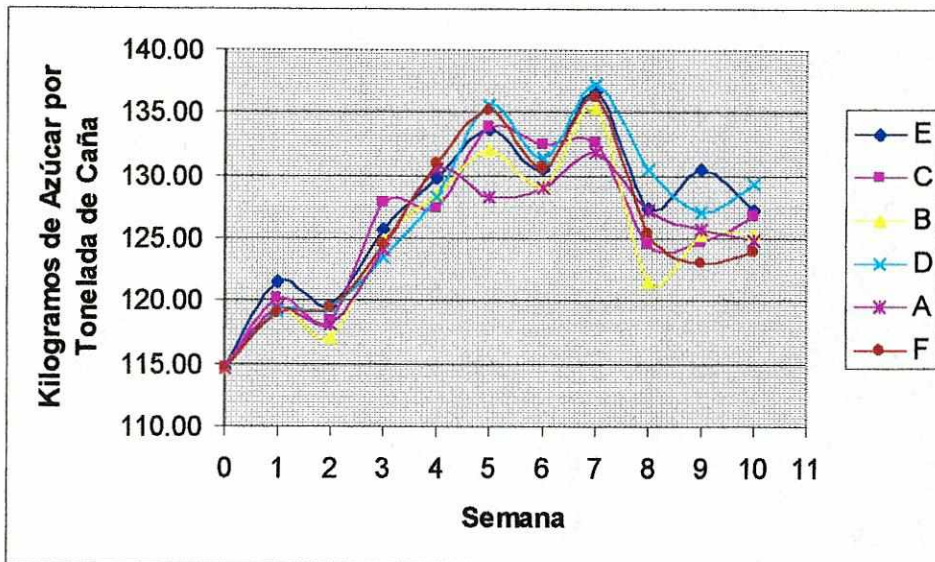
C. Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH)

Este resultado es un estimado de la producción por hectárea calculado a partir de KATC (Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña) y TCH (Toneladas de Caña por Hectárea).

Para esta variable, Toneladas de Azúcar por Hectárea, no hubo diferencias significativas en el análisis de varianza entre tratamientos con los diferentes madurantes evaluados y el testigo (no aplicado) para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Apéndice C (Cuadro 12A, página 42).

D. Curva de madurez

Figura 8. Curva de madurez para todos los tratamientos de madurante y el testigo no aplicado en caña de azúcar



TRATAMIENTOS

T	Producto*	Dosis (g/a/ha)**	Dosis (gpc/ha)***
A	CURAVIAL 75 WG	11.25	15
B	CURAVIAL 75 WG	15	20
C	CURAVIAL 75 WG	18.75	25
D	ROUNDUPMAX 68 SG	394.4	580
E	TOUCHDOWN 33 SL	363	1.10 litros* ¹
F	Testigo no aplicado	-----	-----

* CURAVIAL®, ROUNDUPMAX 68 SG sal isopropil amina de glifosato. Testigo comercial.

**Gramos de ingrediente activo por hectárea

***Gramos de producto comercial por hectárea

*¹ TOUCHDOWN® 33 SL glifosato Trimesium. Sal trimetil sulfonio N-fosfomenil glicina. Densidad 1.23 g/cm³ a 20 °C

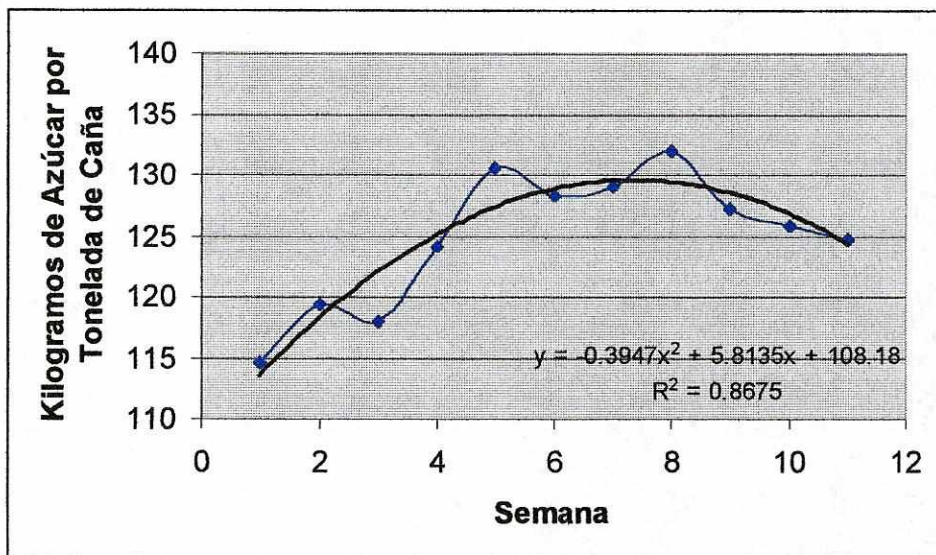


Figura 9. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 15 g/Ha (A)

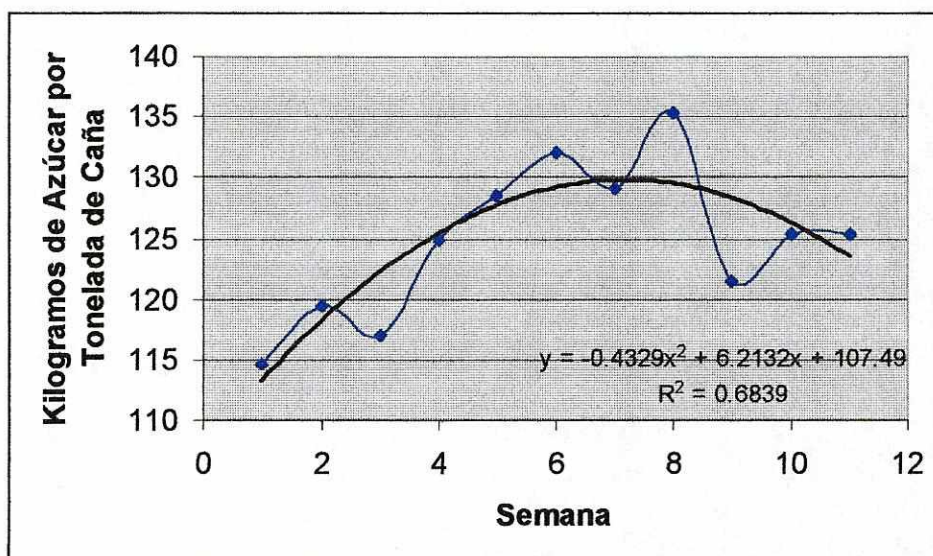


Figura 10. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 20 g/Ha (B)

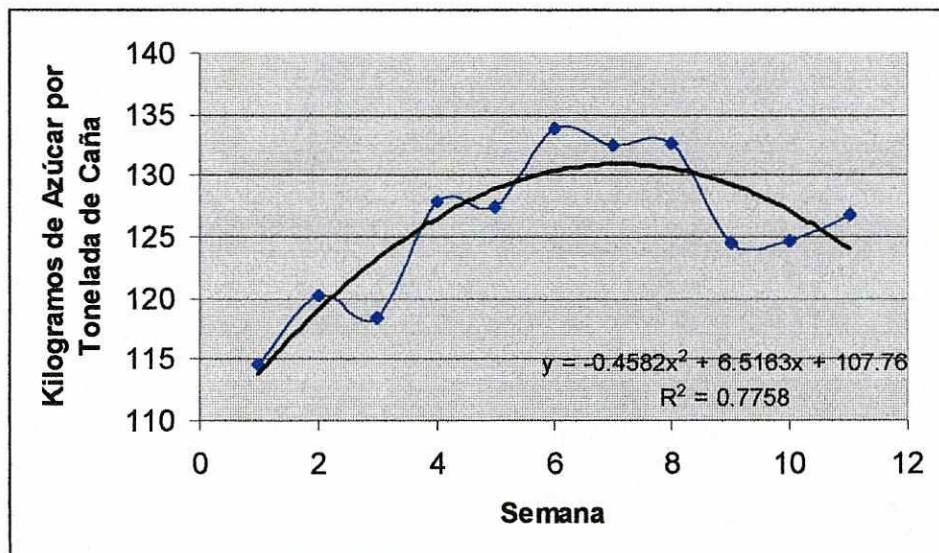


Figura 11. Curva de madurez para tratamiento con Curavial 75 WG a una dosis de 25 g/Ha (C)

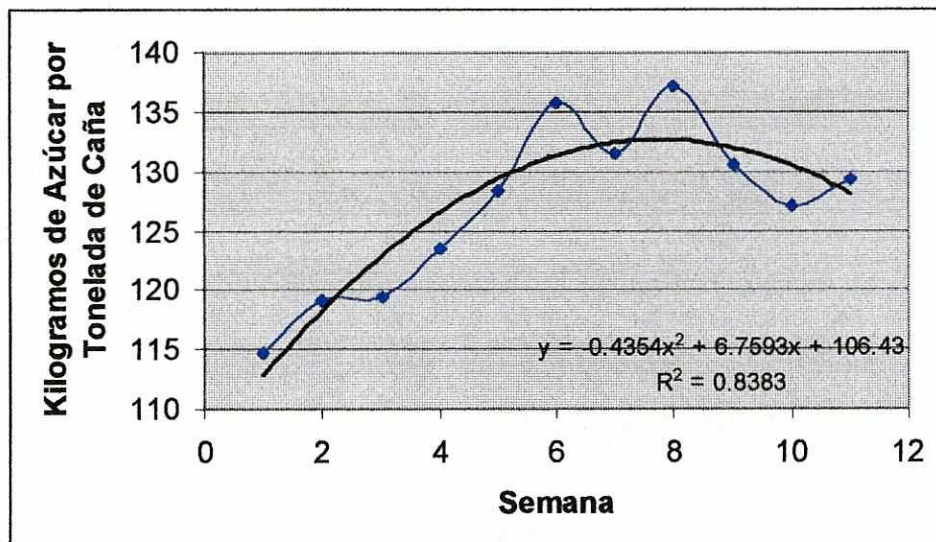


Figura 12. Curva de madurez para tratamiento con RoundUp Max 68 SG a una dosis de 580 g/Ha (D)

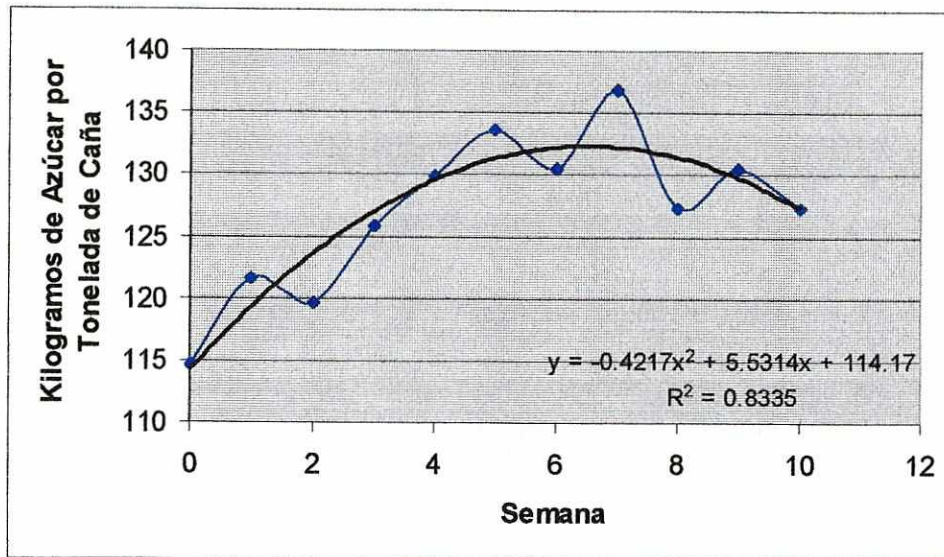


Figura 13. Curva de madurez para tratamiento con RoundUp 68 SG a una dosis de 580 g/Ha (E)

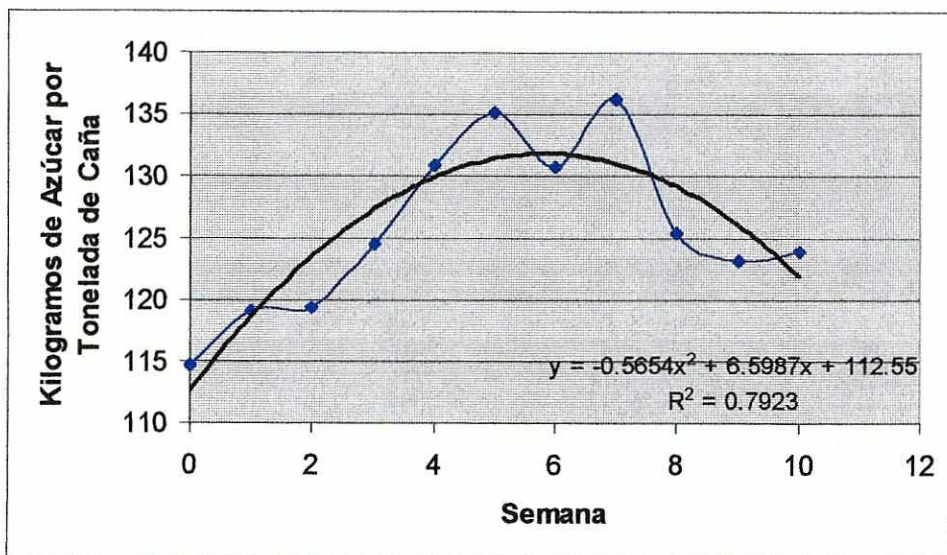


Figura 14. Curva de madurez para testigo no aplicado (F)

Cuadro 4. Medias obtenidas a partir de las observaciones de Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña (KATC) en los diferentes tratamientos de madurante y testigo no aplicado, utilizadas para construir las curvas de maduración

Tratamiento		SEMANAS										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TOUWCHDOWN 33 SL	E	115	122	120	126	130	134	131	137	127	130	127
CURAVIAL 75 WG	C	115	120	118	128	127	134	132	133	125	125	127
CURAVIAL 75 WG	B	115	120	117	125	129	132	129	135	121	125	125
ROUNDUPMAX 68 SG	D	115	119	119	124	128	136	131	137	131	127	129
CURAVIAL 75 WG	A	115	119	118	124	131	128	129	132	127	126	125

E. Biomasa de brotes laterales (lalas) por tallo

1. Número de brotes laterales por tallo. Durante la primera semana de duración del ensayo se pudo observar que no hubo presencia de brotes laterales (lalas) en las cañas marcadas al azar dentro de cada unidad experimental.

En el conteo de brotes laterales (lalas) por tallo, en la semana 8 si hubo diferencias significativas para un $\alpha = 0.05$ (Apéndice D: Cuadro 13A, página 43). Luego de obtener los resultados del Análisis de Varianza se procedió a determinar la diferencia entre medias utilizando la Prueba de rangos Múltiples de Duncan ($\alpha = 0.05$). Se clasificaron las medias en tres grupos. El primer grupo compuesto de los tratamientos A (Curavial 75 WG, 15 g/Ha) con una media de 3.0 (brotes laterales por tallo); B (Curavial 75 WG, 20 g/Ha) media de 3.0, C (Curavial 75 WG, 25 g/Ha) media de 2.8 y F (Testigo no aplicado) media 2.3 mostraron la mayor cantidad de brotes laterales por tallo.

Se determinó mediante la prueba de Duncan que el tratamiento E (Touchdown 33 SL) dio por resultado el menor número de brotes laterales por tallo de caña de azúcar.

Las observaciones, resultados del ANDEVA y prueba de Intervalos Múltiples de Duncan se presentan en el apéndice D (Apéndice D: Cuadros 13A, 13B y 14, página 43).

2. Biomasa de brotes laterales por tallo. Basados en los resultados del Análisis de Varianza, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, se puede observar que existen diferencias significativas en la biomasa de brotes laterales para los diferentes tratamientos de madurantes evaluados.

La prueba de intervalos múltiples de Duncan clasifica las medias de todos los tratamientos en dos grupos. El grupo con mayor biomasa (en gramos) por tallo abarca las medias de los tratamientos A (Curavial 75 WG, 15 g/Ha), B (Curavial 75 WG, 20 g/Ha), C (Curavial 75 WG, 25 g/Ha), F (Testigo no aplicado).

De acuerdo a la prueba de Duncan, los tratamientos D y E no mostraron diferencias significativas en las medias para biomasa de brotes laterales por tallo utilizando un $\alpha = 0.05$

Los datos y resultados del ANDEVA se presentan en el apéndice D (Apéndice D: Cuadros 16A, 16B y 17, página 44-45).

F. Evaluación de rebrote

1. Evaluación de la noblación del rebrote. En la doceava y dieciseisava semana no hubo diferencia significativa entre tratamientos para el número de rebrotes por metro lineal utilizando un $\alpha = 0.05$. Esto indica que para este estudio no hubo un efecto negativo en población de rebrote en comparación con el testigo no aplicado Ver Apéndice E (Cuadros 19A y 22A, páginas 46 y 48, respectivamente).

2. Evaluación del crecimiento del rebrote. Desde la doceava a la dieciseisava semana no se pudo observar diferencia significativa en el crecimiento de rebrotes para los diferentes tratamientos de madurante en caña de azúcar. Para este estudio la caña aplicada con madurante no mostró un retraso en el crecimiento de los rebrotes en comparación con el testigo utilizando un $\alpha = 0.05$. Ver Apéndice E (Cuadros 18A, 20A y 21A; páginas 46 - 47).

VII. Discusión

Basados en el análisis de datos en los Apéndices A (Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña), B (Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)) y C (Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña) no se rechaza la hipótesis nula H_0 , que establece que la práctica de aplicar una sulfonilurea, sulfometuron metil, en varias dosis en la caña de azúcar produce efectos similares y no significativos en cuanto a rendimientos en toneladas de caña por hectárea y/o kilogramos de azúcar por tonelada de caña en comparación con aplicaciones de glifosato y áreas sin aplicación de madurantes.

El uso de madurantes puede ser ventajoso para alterar la curva natural de maduración de la caña de azúcar y programar de mejor forma la zafra en el cultivo de la caña de azúcar. Se demuestra en este estudio que las plantas muy avanzadas en edad no presentan ningún efecto con la aplicación del madurante, por su estado fisiológico y por las condiciones climáticas en los últimos meses del año en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. No fue necesario el Análisis Económico Financiero, ya que es claro que el mayor beneficio se obtuvo al no aplicar producto alguno.

Las únicas diferencias significativas entre tratamientos fueron observadas en el número y biomasa de brotes laterales por tallo. De acuerdo a la prueba de Intervalos Múltiples de Duncan las tres dosis de Curavial 75 WG y el testigo presentan mayor cantidad de biomasa de brotes laterales en gramos por tallo de caña. No se puede atribuir el mayor número de brotes laterales por tallo de caña de azúcar al efecto de Sulfometuron metil, ya que el testigo no es estadísticamente diferente a las tres dosis de la Sulfonilurea (Apéndice D).

El efecto nulo que presentaron los madurantes sobre la caña de azúcar en este ensayo de eficacia puede ser atribuido a varios factores. La aplicación de los productos se realizó el 27 de noviembre, pudiéndose observar algunas plantas en floración. Se verifica mediante este estudio que una aplicación tardía no tiene efecto sobre la curva de madurez en caña de azúcar. Se cree que el efecto de los madurante aplicados fue nulo en este experimento por el estado fisiológico en que se encontraban las plantas y por condiciones ambientales antes y después de la aplicación de los productos, siendo la escasa precipitación uno de ellos.

Se deben tener en cuenta la temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, precipitación y otros factores que pueden afectar la actividad de un herbicida utilizado como madurante, en este caso en particular glifosato y sulfometuron metil. Según Buchanan y Gillespie se ha demostrado que existe un movimiento reducido de herbicidas absorbidos en plantas afectadas por el estrés hídrico (19). Datos meteorológicos obtenidos de la estación "Mangalitos" ubicada en la finca Pantaleón indican un periodo sin precipitación seis días antes de la aplicación hasta la cosecha.

En próximos ensayos de eficacia se recomienda hacer aplicaciones más tempranas, por lo menos un mes antes de que inicie la floración, en este caso particular en los meses de de septiembre y octubre coincidiendo con las últimas lluvias del año. De ser posible y si lo permite el diseño experimental sería aún mejor evaluar el efecto de los madurantes en diferentes épocas de aplicación.

Es importante desarrollar varios parámetros estandarizados de medición para la evaluación de madurantes en caña de azúcar. En el caso de los rebrotes sería mejor medir la biomasa y el grosor de los rebrotes además de la altura, ya que este último no es un indicador de vigorosidad por sí sólo según las observaciones y la experiencia en el campo. El crecimiento y grosor de la caña de azúcar fueron parámetros no considerados en este estudio. Para medir ambos es necesario hacerlo desde la siembra o la "soca"

hasta la siguiente cosecha evaluando el crecimiento desde el inicio. Estas mediciones se dificultan en caña de azúcar iniciando la floración y si se hacen pueden ser muy confusas por el tallo floral que esta iniciando su desarrollo.

VIII. Conclusiones

- No hubo diferencias significativas en la Kilogramos de azúcar por tonelada de caña (KATC) y Toneladas de caña por hectárea (TCH) para todos los tratamientos con madurantes en comparación con el testigo no aplicado.
- En este ensayo de eficacia se determinó que el mayor beneficio neto en una aplicación tardía de madurante (finales de Noviembre) se obtiene de no aplicar ningún herbicida madurante en la Finca Pantaleón, cañal "El Triunfo", lote 0990104 en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Departamento de Escuintla.
- Las variables número de brotes laterales por tallo y biomasa de brotes laterales por tallo mostraron diferencias significativas para los diferentes tratamientos de madurantes evaluados. De acuerdo a la Prueba de Intervalos Múltiples de Duncan la caña de azúcar aplicada con las tres diferentes dosis de Curavial 75 WG y el testigo no aplicado mostraron la mayor cantidad de biomasa en gramos. No se puede atribuir el mayor número de brotes laterales por tallo de caña de azúcar al efecto de Sulfometuron metil.

IX. Recomendaciones

- Es importante evaluar y determinar las épocas de aplicación de madurantes y las condiciones óptimas para su mejor aprovechamiento en los cañales de la Finca Pantaleón.
- Determinar parámetros estandarizados para la evaluación de madurantes en la caña de azúcar.
- Evaluar sulfometuron metil en otras variedades de caña de azúcar de importancia para la producción nacional.
- Basados en este estudio, se recomienda no aplicar madurantes herbicidas en caña de azúcar dos meses antes de la cosecha (aproximadamente 9 a 10 meses de edad) por el estado fisiológico de la planta, que posiblemente se encuentra en maduración natural; de igual forma se sugiere, hasta donde sea posible, tomar en consideración las condiciones climáticas, especialmente la precipitación, en el cañal de la finca Pantaleón antes de hacer cualquier aplicación con madurantes.

X. Apéndice

Apéndice A: Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña

Cuadro 1A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la primera semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	18.88	3.78	0.20	0.96	2.90
Bloques	3	70.12	23.37	1.22	0.34	3.29
Error	15	287.00				
Total	23	376.00				

Cuadro 1B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la primera semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	129.18	114.89	117.91	115.04	119.18	115.88
II	114.05	115.23	119.95	120.01	119.24	124.24
III	120.22	121.86	119.64	120.81	118.06	113.57
IV	123.04	128.75	120.54	120.81	121.03	122.45

Cuadro 2A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la segunda semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	21.04	4.21	0.29	0.77	3.29
Bloques	3	16.12	5.37	0.38	0.91	2.90
Error	15	214.50	14.30			
Total	23	251.67				

Cuadro 2B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la segunda semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	123.54	117.64	121.77	116.78	118.29	119.00
II	111.59	119.61	110.50	121.37	122.76	119.03
III	121.96	116.31	116.84	120.79	113.04	121.12
IV	121.37	120.01	119.06	119.00	118.08	118.60

Cuadro 3A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la tercera semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	9.55	0.42	0.83	2.90	9.55
Bloques	3	11.11	3.70	0.16	0.92	3.29
Error	15	340.18	22.68			
Total	23	399.04				

Cuadro 3B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la tercera semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	125.70	127.09	125.11	133.63	124.00	120.79
II	124.40	126.41	126.87	112.39	125.57	129.15
III	125.57	128.55	121.31	124.65	121.43	129.09
IV	127.61	129.43	126.16	123.54	125.36	119.28

Cuadro 4A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la cuarta semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	38.90	7.78	1.06	0.42	2.90
Bloques	3	9.93	3.31	0.45	0.72	3.29
Error	15	110.02	7.33			
Total	23	158.84				

Cuadro 4B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la cuarta semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	128.69	129.59	133.08	127.65	130.64	129.87
II	131.10	125.88	123.69	127.14	134.18	134.56
III	130.02	126.87	127.67	132.20	130.39	130.39
IV	129.62	127.52	129.62	126.31	127.21	129.03

Cuadro 5A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la quinta semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	148.17	29.63	1.45	0.26	2.90
Bloques	3	53.74	17.91	0.88	0.47	3.29
Error	15	306.04	20.40			
Total	23	507.96				

Cuadro 5B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la quinta semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	133.64	134.68	132.74	140.06	135.63	132.43
II	133.95	133.77	130.60	130.55	131.01	137.89
III	131.90	131.90	135.52	136.80	114.58	134.47
IV	135.32	136.03	129.61	135.38	131.75	136.03

Cuadro 6A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la sexta semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	34.79	6.96	0.57	0.72	2.90
Bloques	3	48.12	16.04	1.32	0.31	3.29
Error	15	182.74	12.18			
Total	23	265.64				

Cuadro 6B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la sexta semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	129.65	134.04	133.70	139.56	127.79	132.93
II	130.05	134.27	125.86	129.00	128.73	130.01
III	131.32	130.17	134.16	130.48	127.01	129.33
IV	131.19	131.50	122.91	126.95	132.93	130.55

Cuadro 7A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la séptima semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	98.62	19.72	1.13	0.39	2.90
Bloques	3	9.32	3.11	0.18	0.91	3.29
Error	15	261.45	17.43			
Total	23	369.39				

Cuadro 7B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la séptima semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	131.75	135.07	139.56	139.00	131.01	138.14
II	144.33	128.00	129.98	141.50	132.55	136.61
III	137.64	137.11	133.52	131.97	131.01	133.97
IV	133.33	130.30	138.60	136.53	133.27	136.03

Cuadro 8A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	187.80	37.56	2.14	0.12	2.90
Bloques	3	106.07	35.36	2.01	0.16	3.29
Error	15	263.38	17.56			
Total	23	557.25				

Cuadro 8B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	125.78	129.09	128.95	131.58	133.85	125.60
II	130.23	119.86	124.52	128.60	129.90	128.75
III	126.18	118.87	116.85	130.90	123.45	126.27
IV	127.40	130.38	115.63	131.15	121.83	121.40

Cuadro 9A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la novena semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	127.92	25.58	1.57	0.23	2.90
Bloques	3	35.40	11.80	0.72	0.55	3.29
Error	15	244.56	16.30			
Total	23	407.87				

Cuadro 9B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la novena semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	132.56	129.07	130.50	128.35	126.33	115.75
II	132.65	116.43	122.41	126.65	124.03	127.01
III	127.07	124.37	123.85	122.56	126.92	124.71
IV	129.70	128.75	124.71	130.88	126.00	124.98

Cuadro 10A. ANDEVA para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	75.61	15.12	1.68	0.20	2.90
Bloques	3	4.38	1.46	0.16	0.92	3.29
Error	15	134.82	8.99			
Total	23	214.81				

Cuadro 10B. Observaciones para la variable Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	130.32	129.29	128.33	127.65	124.45	121.06
II	124.51	126.10	122.67	126.87	126.55	127.65
III	130.57	126.41	126.35	132.55	121.19	121.50
IV	123.67	125.66	124.01	130.07	127.02	125.53

Apéndice B: Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)

Cuadro 11A. ANDEVA para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	217.60	43.52	0.11	0.99	2.90
Bloques	3	1437.06	479.02	1.19	0.35	3.29
Error	15	6022.58	401.51			
Total	23	7677.23				

Cuadro 11B. Observaciones para la variable Toneladas de Caña por Hectárea (TCH)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	80.06	94.95	103.27	82.03	110.30	123.08
II	104.48	131.47	87.01	129.88	116.12	79.98
III	142.13	103.72	123.15	92.76	135.32	122.39
IV	126.63	113.47	107.65	125.65	93.36	117.18

Apéndice C: Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH)

Cuadro 12A. ANDEVA para Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	0.89	0.18	0.12	0.99	2.90
Bloques	3	5.63	1.88	1.25	0.33	3.29
Error	15	22.55	1.50			
Total	23	29.07				

Cuadro 12B. ANDEVA para Rendimiento en Toneladas de Azúcar por Hectárea (RTAH)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	5.22	6.14	6.63	5.24	6.86	7.45
II	6.50	8.29	5.34	8.24	7.35	5.10
III	9.28	6.56	7.78	6.15	8.20	7.44
IV	7.83	7.13	6.68	8.17	5.93	7.35

Apéndice D: Biomasa de brotes laterales (lalas) por tallo

Cuadro 13A. ANDEVA para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	11.02	2.20	10.90	0.00014	2.90
Bloques	3	0.51	0.17	0.85	0.49	3.29
Error	15	3.03	0.20			
Total	23	14.57				

Cuadro 13B. Medias por tratamiento para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	3.1	2.9	2.5	2.7	1.2	2.4
II	3.1	2.4	2.9	1.3	0.9	2.6
III	2.1	3.1	3.2	1.7	0.9	2
IV	3.5	3.5	2.7	1.6	1.5	2.1

Cuadro 14A. Prueba de rangos múltiples de Duncan para número de brotes laterales por tallo en la octava semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Media	Agrupación
CURAVIAL 75 WG (25 g/Ha) (A)	3.0	A
CURAVIAL 75 WG (20 g/Ha) (B)	3.0	A
CURAVIAL 75 WG (15 g/Ha) (C)	2.8	A
ROUNDUP MAX 68 SG (D)	1.8	AB
TOUCHDOWN 33 SL (E)	1.1	BC
Testigo no aplicado (F)	2.3	A

A B C F D E
3.0 3.0 2.8 2.3 1.8 1.1

Cuadro 15A. ANDEVA para número de brotes laterales por tallo en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	4.05	0.81	2.40	0.09	2.90
Bloques	3	0.52	0.17	0.51	0.68	3.29
Error	15	5.07	0.34			
Total	23					

Cuadro 15B. Medias por tratamiento para número de brotes laterales por tallo en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	3.3	3.0	2.9	3.3	3.4	2.7
II	3.4	3.1	3.7	1.8	1.8	2.8
III	2.6	3.9	3.4	3.7	2.2	2.3
IV	3.8	4.1	3.4	2.9	2.3	2.4

Cuadro 16A. ANDEVA para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	24867.71	4973.54	20.05	3.69E-06	2.90
Bloques	3	175.88	58.63	0.24	0.87	3.29
Error	15	3720.29	248.02			
Total	23	28763.87				

Cuadro 16B. Medias por tratamiento para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	99	97	114	74	51	122
II	128	88	131	68	23	116
III	111	114	128	51	28	97
IV	142	131	108	48	43	102

Cuadro 17. Prueba de rangos múltiples de Duncan para biomasa de brotes laterales por tallo (gramos) en la décima semana posterior a la aplicación de madurantes

Tratamiento	Media	Agrupación
CURAVIAL 75 WG (25 g/Ha) (A)	120.0	A
CURAVIAL 75 WG (20 g/Ha) (B)	107.2	A
CURAVIAL 75 WG (15 g/Ha) (C)	120.0	A
ROUNDUP MAX 68 SG (D)	60.4	D
TOUCHDOWN 33 SL (E)	36.2	E
Testigo no aplicado (F)	109.4	A

A B C F D E
120.0 107.2 120.0 109.4 60.4 36.2

Apéndice E: Crecimiento y número de rebrotes

Cuadro 18A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	1.68	0.34	0.25	0.94	2.90
Bloques	3	5.89	1.96	1.45	0.27	3.29
Error	15	20.38	1.36			
Total	23	27.95				

Cuadro 18B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	6.3	3.9	6.1	4.7	6.4	5.5
II	6.3	7.8	4.6	7.5	5.3	4.7
III	7.1	5.1	6.4	6.2	7.3	7.4
IV	6.5	7.4	7.4	7.3	6.2	5.3

Cuadro 19A. ANDEVA para población de rebrotes por metro lineal en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	28.92	5.78	0.36	0.87	2.90
Bloques	3	31.30	10.43	0.64	0.60	3.29
Error	15	242.77	16.18			
Total	23					

Cuadro 19B. Medias por tratamiento para población de rebrotes por metro lineal en la doceava semana posterior a la aplicación (dos semanas después de la cosecha)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	17	26.8	17	25.4	15.2	22.4
II	20	22.2	21.6	24.2	20.4	21.6
III	27.4	19.6	26.2	23.2	27.6	18.8
IV	23	20.8	18.2	22.2	19.4	28.4

Cuadro 20A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la catorceava semana posterior a la aplicación (cuatro semanas después de la cosecha)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	1.29	0.26	0.33	0.89	2.90
Bloques	3	0.64	0.21	0.27	0.84	3.29
Error	15	11.67	0.78			
Total	23	13.60				

Cuadro 20B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la catorceava semana posterior a la aplicación (cuatro semanas después de la cosecha)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	7.8	5.8	7.3	7.3	7.2	8.6
II	6.6	8.1	8.6	9.2	7.2	6.9
III	7.7	7.4	7.9	6.8	8.1	7.8
IV	8.7	7.9	7.6	7.6	6.5	7.6

Cuadro 21A. ANDEVA para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	13.83	2.77	0.72	0.62	2.90
Bloques	3	3.72	1.24	0.32	0.81	3.29
Error	15	57.49				
Total	23	75.05				

Cuadro 21B. Medias por tratamiento para crecimiento de rebrotes (en centímetros) en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	10.1	8.6	9.8	8.7	16.0	10.0
II	7.7	11.9	9.2	12.0	9.5	7.7
III	10.7	8.3	8.3	9.4	12.0	10.5
IV	11.6	9.4	11.0	10.6	9.6	11.0

Cuadro 22A. ANDEVA para población de rebrotes en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	P value $\alpha = 0.05$	Estadístico F
Tratamientos	5	25.29	5.06	0.61	0.69	2.90
Bloques	3	30.80	10.27	1.24	0.33	3.29
Error	15	124.36	8.29			
Total	23	180.45				

Cuadro 22B. Medias por tratamiento para población de rebrotes en la dieciseisava semana posterior a la aplicación (seis semanas después de la cosecha)

Tratamiento	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	Curavial 75 WG	RoundUp Max 63.8 SG	Touchdown 33 SL	Testigo no aplicado
Bloque	A	B	C	D	E	F
I	21	24.2	26	26.2	27.2	23.2
II	29.2	25.8	21.8	28.6	27.4	28.6
III	29.6	24.6	28	26	29.4	28.6
IV	23.2	29.8	26	29.2	27.8	20.6

Apéndice F: Cronograma

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FECHA	ACTIVIDAD
SEMANA DEL 25 DE NOVIEMBRE AL 1 DE DICIEMBRE	APLICACIÓN DELMADURANTE PRIMER MUESTREO (SEMANA 0) 1. ANÁLISIS DE JUGOS 2. CONTEO DE BROTES LATERALES (LALAS)
SEMANA DEL 2 AL 8 DE DICIEMBRE	MUESTREO (SEMANA 1) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 9 AL 15 DE DICIEMBRE	MUESTREO (SEMANA 2) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 16 AL 22 DE DICIEMBRE	MUESTREO (SEMANA 3) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 23 AL 29 DE DICIEMBRE	MUESTREO (SEMANA 4) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 30 DE DICIEMBRE DEL 2002 AL 5 DE ENERO DEL 2003	MUESTREO (SEMANA 5) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 6 AL 12 DE ENERO DEL 2003	MUESTREO (SEMANA 6) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 13 AL 19 DE ENERO DEL 2003	MUESTREO (SEMANA 7) 1. ANÁLISIS DE JUGOS
SEMANA DEL 20 AL 26 DE ENERO DEL 2003	MUESTREO (SEMANA 8) 1. ANÁLISIS DE JUGOS 2. CONTEO DE BROTES LATERALES (LALAS)

SEMANA DEL 27 DE ENERO AL
2 DE FEBRERO DEL 2003

MUESTREO (SEMANA 9)
1. ANÁLISIS DE JUGOS

SEMANA DEL 3 AL 9 DE FEBRERO
DEL 2003

MUESTREO (SEMANA 10)
1. ANÁLISIS DE JUGOS
2. COSECHA
3. RENDIMIENTO DE CAÑA EN
PESO POR PARCELA (Kg de caña
por Ha)
4. BIOMASA DE BROTES
LATERALES
5. CONTEO DE BROTES
LATERALES
(LALAS)

SEMANA DEL 17 AL 23 DE FEBRERO
DEL 2003

MUESTREO (SEMANA 12)
1. POBLACIÓN DE REBROTE
2. CRECIMIENTO DE REBROTE
(15 DÍAS)

SEMANA DEL 3 AL 9 DE MARZO

MUESTREO (SEMANA 14)
2. CRECIMIENTO DE REBROTE
(15 DÍAS)

SEMANA DEL 17 AL 23 DE MARZO
DEL 2003

MUESTREO (SEMANA 16)
1. POBLACIÓN DE REBROTE
2. CRECIMIENTO DE REBROTE
(15 DÍAS)

NOTA: CON CADA MUESTREO PARA ANÁLISIS DE LOS JUGOS EXTRAIDOS
SE TRAZARA LA CURVA DE MADUREZ.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

MES	Noviembre- Diciembre			Enero			Febrero			Marzo-Abril						
	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SEMANA																
Aplicación de Madurante																
Muestreo/ Análisis de jugos																
Latas (Brotes laterales)																
Biomasa brotes laterales																
Cosecha																
Peso																
Ton/Ha																
Población de rebrote																
Crecimiento de rebrote																

Figura 15. Cronograma de Actividades

Apéndice G: Datos meteorológicos

Cuadro 23. Datos de temperatura tomados de la estación meteorológica "Mangalito", Finca Pantaleón.

DÍA	2002						2003														
	AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
1	31	20	27	21	30	19	28	22	18	32	17	32	17	31	18	33	18	32	16	32	20
2	30	18	28	20	30	20	29	19	18	32	18	30	17	31	18	31	19	35	20	32	22
3	30	18	30	20	30	19	31	20	18	31	18	30	16	32	18	31	19	33	20	32	19
4	30	20	28	21	30	19	30	20	19	31	18	31	17	31	18	32	19	32	21	32	20
5	31	19	28	20	30	20	30	19	19	31	19	31	17	32	17	31	18	31	20	29	22
6	32	19	30	20	28	19	31	18	18	31	18	32	16	31	18	33	19	33	21	29	20
7	32	20	31	21	30	19	31	20	18	31	19	33	17	31	17	32	18	31	22	31	20
8	31	20	31	21	30	18	30	20	21	32	17	32	17	32	17	32	18	32	22	31	19
9	32	20	32	21	29	19	28	18	18	30	18	31	19	31	18	33	18	33	20	28	18
10	30	21	31	21	30	18	30	18	28	28	16	30	15	32	16	31	19	33	20	28	20
11	30	21	31	21	31	19	31	20	17	31	18	32	16	32	16	32	18	31	20	30	19
12	31	21	30	21	31	19	31	20	19	31	19	32	17	33	17	30	19	30	20	31	22
13	32	20	30	20	31	19	32	20	19	30	19	32	17	33	18	33	21	31	20	29	21
14	33	20	30	21	30	19	30	20	19	31	19	32	16	32	19	31	20	32	20	29	20
15	32	20	31	22	29	19	30	20	21	31	17	31	17	31	19	31	18	32	20	31	21
16	33	21	30	19	30	19	30	20	19	30	19	30	16	31	18	30	19	32	19	30	20
17	32	22	29	20	30	20	31	18	18	30	18	32	17	33	17	29	20	32	20	31	21
18	31	21	29	19	31	18	32	18	30	30	18	32	17	31	18	32	19	33	19	25	21
19	30	20	29	19	30	20	32	18	30	30	19	34	18	31	18	32	19	33	19	25	21
20	31	19	28	20	30	20	30	17	18	30	19	34	18	31	18	33	18	31	20	30	21
21	31	19	25	20	29	21	31	18	17	31	17	33	17	31	17	33	19	32	21	29	20
22	30	21	26	20	29	19	32	17	20	31	17	32	16	31	20	31	20	32	20	29	19
23	30	20	24	20	30	20	31	18	18	31	20	31	250	31	22	31	22	33	20	30	19
24	30	20	27	20	30	20	32	19	19	30	18	32	16	32	19	31	19	31	21	28	19
25	30	20	27	20	31	20	32	20	19	30	19	32	16	32	19	32	20	30	20	31	20
26	28	20	27	20	30	22	32	18	18	31	18	32	16	32	19	31	20	31	20	29	20
27	28	20	27	20	28	18	32	18	18	30	18	32	16	30	18	30	20	32	21	30	19
28	27	19	29	19	29	21	30	18	32	32	18	33	16	30	19	29	20	32	21	28	20
29	28	18	30	21	30	20	31	18	33	19	33	17	17	17	30	20	32	21	27	20	20
30	30	20	30	20	31	20	32	18	31	31	19	33	16	32	16	33	20	32	19	28	19
31	30	20	29	22	29	19	31	20	19	30	19	31	16	32	16	34	18	31	17	27	20

* Datos expresados en °C.

Cuadro 24. Datos de precipitación tomados de la estación meteorológica "Mangalito", Finca Pantaleón.

DÍA	2002												2003											
	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo					
	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas	mm.	Horas				
1	5.50	0.68	52.50	5.78	48.25	4.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
2	45.25	2.21	0.25	0.17	7.75	2.72	0.25	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
3	0.00	0.00	6.75	0.68	31.50	3.57	32.00	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
4	0.00	0.00	8.25	3.74	0.00	0.00	28.25	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
6	4.50	0.51	0.00	0.00	7.00	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
6	0.00	0.00	13.50	1.53	2.75	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
7	0.00	0.00	6.50	0.65	13.50	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
8	14.50	2.38	0.25	0.17	75.50	3.40	38.25	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
9	35.00	1.87	32.50	5.95	2.75	0.85	62.50	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
10	14.50	1.87	0.00	0.00	7.75	0.51	17.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
11	0.00	0.00	0.25	0.17	6.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
12	0.00	0.00	0.25	0.34	8.75	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
13	0.00	0.00	1.50	0.51	3.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
14	3.00	1.02	1.50	0.34	61.25	3.06	1.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
15	0.00	0.00	2.00	1.02	9.00	1.85	11.50	0.85	0.25	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
16	0.00	0.00	87.50	4.42	32.50	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
17	0.00	0.00	45.25	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
18	51.75	2.21	18.50	3.91	32.75	1.36	1.50	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
19	33.00	1.36	7.50	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
20	7.25	0.34	0.50	0.68	0.50	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
21	6.50	0.68	4.50	3.06	24.50	2.21	3.25	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
22	5.50	2.72	164.50	11.90	32.25	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
23	3.50	3.57	67.75	8.16	8.50	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
24	5.75	1.53	6.50	0.28	19.50	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
25	0.00	0.00	1.00	1.15	1.50	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
26	1.00	0.68	0.25	0.17	21.75	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
27	83.75	5.10	0.25	0.17	33.50	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
28	6.25	1.19	7.00	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
29	26.50	2.38	2.25	1.70	32.25	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
30	6.75	0.68	12.00	2.55	42.25	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
31	38.75	2.21	-	-	20.00	3.06	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
+	389.50	35.19	548.25	63.84	588.50	89.31	196.50	11.66	0.25	0.17	0.75	0.85	2.75	1.87	45.25	10.03	195.25	18.19	681.00	54.74				

* Datos en Milímetros.

XI. Bibliografía

- (1) ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala), 2001.
- (2) Alcalá, Castellanos, H. 1987. "El control del sazonado y la maduración de la caña de azúcar en México". En *Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias*, de Carlos Buenaventura. Cali, Colombia. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. págs. 497-508.
- (3) Amaya Esteves, A. 1986. "Morfología de la Caña de Azúcar". En *Congreso El Cultivo de la Caña de Azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias*, de Carlos Buenaventura. Cali, Colombia. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. págs. 13-26.
- (4) Boy Gálvez, P. 1992. *Evaluación del efecto de la quema en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) previo cosecha, su influencia en la producción y rendimiento*. Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ciencias Agrícolas. 63 pp.
- (5) Buchanan, F.; T. Gillespie y C. Swanton. 1990. "Environmental Factors Affecting the Herbicidal Activity of DPX-A7881" *Weed Research*. (Estados Unidos) (30): 271-278.
- (6) Buenaventura, C.E. 1986. "Control de la maduración de la caña de azúcar". En *Congreso El Cultivo de la Caña de Azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias*, de Carlos Buenaventura. Cali, Colombia. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. V.2. págs. 527-539.
- (7) Cochran, W. y Cox, G. 1965. *Diseños Experimentales*. México, D.F.; Editorial F. Trillas, S.A. 1965. 661 pp.
- (8) *Compendio de Agronomía Tropical*. 1989 Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Tomo II (No. de tomos 2). 693 pp.
- (9) Edgerton, C.W. 1971. *Sugar Cane and its Disease*. Baton Rouge, L.A. (U.S.A) LA. State. Univ. Press. 301 pp.
- (10) Fauconnier, R. y D. Bassereau. 1975. *La caña de azúcar*. Barcelona, España; Blume. 432 pp.

- (11) Flores, S. 1976. *Manual de la Caña de Azúcar*. Guatemala, Instituto de Capacitación y productividad. 171 pp.
- (12) García Sánchez, A.; F. A. Martínez; E. Beltrán; I. Rodríguez y J. Varela. 1996. *Estudio Semidetallado de Suelos de la zona Cañera del Sur de Guatemala*. Guatemala, CENGICANA. Ingeniería del Campo Ltda. Compañía Consultora. 216 pp.
- (13) González Ruano, N.A. 1996. *Efecto del glifosato, fluazifop-butil, azufre y sulfato de potasio en la calidad y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tiquisate, Escuintla*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 pp.
- (14) Hay, J. 1990. "Chemistry of Sulfonylurea Herbicides." *Pesticide Science* (Delaware, Estados Unidos) (29): 247 – 261.
- (15) *Herbicide Handbook*. 1994. Weed Science Society of America, 7a. ed. (Estados Unidos). 351 pp.
- (16) Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica; IICA 216 pp.
- (17) Humbert, R. 1974. *El Cultivo de la Caña de Azúcar*. México, D.F.; Continental, S.A. 720 pp.
- (18) Martínez Galicia, E. 1993. *Evaluación del efecto de cuatro dosis de glifosato utilizado como madurante, en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)* Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 pp.
- (19) Miceli, Federico; Carlos Castro, L. Dendooven, Ricardo Méndez-Salas; Martha A. Rodríguez-Mendiola, Neftalí Ochoa-Alejo y Luis A. Bello-Pérez. 2002. "Regulación Enzimática de la Acumulación de Sacarosa en Plantas de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.)". *Agrociencia* (México) (36): 411-419.
- (20) Montgomery, Douglas C. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. México, D.F. Grupo Editorial Iberoamérica 589 pp.
- (21) Portillo, N. 1999. *Evaluación de Tres Sulfonilureas solas y con Glifosato, como inhibidoras de flor y su efecto en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Escuintla, Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 65 pp.