

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

INFLUENCIA DE LA LAMINA DE RIEGO EN EL EFECTO
DEL MADURANTE EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.)
VAR. CP-722086

TESIS

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

POR:

EZEQUIEL ABRAHAM LOPEZ BAUTISTA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO DE 1999

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(1766)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR
Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Br. Oscar Javier Guevara Pineda
VOCAL QUINTO	Br. José Domingo Mendoza Cipriano
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta

Guatemala, febrero de 1999.

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

Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala; tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

INFLUENCIA DE LA LAMINA DE RIEGO EN EL EFECTO DEL MADURANTE EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) VAR. CP-722086.

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

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención a la presente.

Atentamente,



Ezequiel Abraham López Bautista

Guatemala, febrero de 1959

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

Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

INFLUENCIA DE LA LAMINA DE RIEGO EN EL EFECTO DEL MADURANTE EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) VAR. CP-122089

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

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención a la presente.

Atentamente,



Rafael Adrián López Bautista

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Por darme sabiduría para poder alcanzar mis metas planteadas en esta vida.
MIS PADRES	Justiniano Rafael López Velásquez (Q.E.P.D.) Basilía Bautista Que sea este un tributo a sus sacrificios y oraciones.
MI ABUELA	Concepción Vidalina Echeverría De León. Con profunda gratitud por el cariño y apoyo brindado a lo largo de mi vida.
MIS HERMANOS	Carlos Enrique, Cristina, Celeste y Clara Luz.
MIS CUÑADOS	María Elena Boiton de Velásquez (Q.E.P.D.), Edgar René Turriz Escobedo y Estuardo Franco Rodas.
MIS SOBRINOS	Carmen Elena, Cándida María, Mario Enrique, Estuardo, Alex René, Edgar Roberto, Eduardo Alexander y Emanuel Andrés.
MI FAMILIA EN GENERAL	Como muestra de cariño y respeto.
MIS AMIGOS	Byron González, Miguel López Valenzuela, Jorge Luis Gómez, Edgar Danilo Juárez, Erick Motta, Ronald D. Gómez, Carlos Hernández, Edgar Marroquín, Miguel Delgado, Byron Félix Orozco, Otto Gálvez, Rainiero Lec, Juan Carlos Rosito, José Haroldo Ventura, Enrique Aquejay, Geovanny Hernández, como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de mi amistad.

TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA GUATEMALA

COATEPEQUE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

INSTITUTO DE EDUCACION BASICA CON ORIENTACION OCUPACIONAL

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Ing. M.C. Víctor Manuel Álvarez Cajas
Ing. M.Sc. Manuel Martínez Ovalle
Por su asesoría y ayuda brindada en la elaboración del presente trabajo.

CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR, MONSANTO Inc. Y AL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL INGENIO "PANTALEON S.A."

Por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de la investigación.

CENTRO DE ESTADISTICA Y CALCULO DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

En especial al Ing. Agr. Marino Barrientos, por brindar las facilidades para el análisis de los resultados.

PERSONAL DE CAMPO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION AGRICOLA EN LA FINCA "EL BALSAMO" DEL INGENIO PANTALEON.

Por la colaboración en la ejecución de la fase de campo de la investigación.

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA FORMA COLABORARON EN LA ELABORACION DEL PRESENTE TRABAJO.

		CONTENIDO	PAGINA
	INDICE DE CUADROS		ix
	INDICE DE FIGURAS		x
	RESUMEN		xi
1.	INTRODUCCION		1
2.	DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA		2
3.	MARCO TEORICO		4
	3.1 MARCO CONCEPTUAL		4
	3.1.1 Características de la maduración		4
	3.1.2 Proceso de maduración de la caña de azúcar		4
	3.1.3 Translocación y almacenamiento del azúcar en la planta		5
	3.1.4 Factores que afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar		5
	3.1.5 Maduración química de la caña		8
	3.1.6 Factores que afectan la respuesta de la planta al madurante		9
	3.1.7 Importancia del riego en la maduración de la caña de azúcar		12
	3.1.8 Resultado de evaluaciones efectuadas con Roundup como madurante en caña de azúcar		13
	3.2 MARCO REFERENCIAL		15
	3.2.1 Variedad CP-722086		15
	3.2.2 Sal isopropil amina de glifosato		15
	3.2.3 Ubicación y descripción del área experimental		16
4.	OBJETIVOS		19
5.	HIPOTESIS		20
6.	METODOLOGIA		21
	6.1 Análisis y determinaciones previas		21
	6.2 Diseño experimental		23
	6.3 Tratamientos		25
	6.4 Manejo del experimento		26
	6.4.1 Dimensiones del ensayo		26
	6.4.2 Descripción del método y cantidad de agua utilizada		26
	6.4.3 Monitoreo de la humedad del suelo		28
	6.4.4 Medición de la cantidad de agua consumida entre riegos		28
	6.4.5 Agotamiento de la humedad del suelo entre dos riegos		28
	6.4.6 Actividades relacionadas con el madurante		29
	6.5 Variables de respuesta analizadas		29
	6.5.1 Toneladas de caña por hectárea		29
	6.5.2 Contenido de sacarosa y rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada		29

6.5.3	Toneladas de azúcar por hectárea	29
6.5.4	Crecimiento vegetativo del tallo	30
6.5.5	Lalas por tallo	30
6.5.6	Porcentaje de entrenudos con corcho presente en los tallos	30
6.6	Análisis de la información	30
6.6.1	Análisis estadístico	30
6.6.2	Análisis económico	31
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	32
7.1	Medición de la cantidad de agua consumida entre riegos	32
7.2	Toneladas de caña por hectárea	33
7.3	Kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada	34
7.4	Toneladas de azúcar por hectárea	37
7.5	Crecimiento vegetativo del tallo	40
7.6	Número promedio de lalas por tallo	42
7.7	Porcentaje de entrenudos con corcho	43
7.8	Análisis de correlación	44
7.9	Agotamiento de la humedad aprovechable	45
7.10	Análisis económico	46
8.	CONCLUSIONES	47
9.	RECOMENDACIONES	48
10.	BIBLIOGRAFIA	49
11.	APENDICE	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción del perfil del suelo	21
2	Propiedades físicas del suelo y láminas de riego	22
3	Propiedades químicas del suelo	22
4	Características físicas y químicas del agua de riego	23
5	Tratamientos evaluados en el cultivo de de la caña de azúcar en su etapa final de desarrollo	25
6	Láminas de agua consumidas por cultivo en la etapa final de desarrollo	32
7	Producción, Rendimiento y ARE obtenidos en cada tratamiento	38
8	Resumen de los análisis de correlación practicados entre las variables milímetros de humedad en el suelo y porcentaje de sacarosa en planta, en cinco diferentes lecturas	44
9	Determinación de las tasas marginales de retorno	46
10A	Datos de producción en toneladas de caña por hectárea para cada tratamiento	53
11A	Análisis de varianza para la producción de caña por hectárea	53
12A	Datos de rendimiento expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada	54
13A	Análisis de varianza para el rendimiento de azúcar expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada	55
14A	Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada	55
15A	Prueba múltiple de medias Duncan para los regímenes de riego en la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada	56
16A	Datos de producción de azúcar en toneladas de azúcar por hectárea	56
17A	Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea	57
18A	Lecturas de crecimiento vegetativo del tallo en metros	58
19A	Análisis de varianza para el crecimiento vegetativo del tallo	59
20A	Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable crecimiento vegetativo del tallo	59
21A	Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción régimen de riego en la variable crecimiento vegetativo del tallo	60
22A	Datos de lecturas del número de lalas	61
23A	Análisis de varianza para el número de lalas	62
24A	Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable número de lalas	62
25A	Datos de porcentaje de entrenudos con corcho en cada unidad experimental al final del ensayo	63
26A	Análisis de varianza para el porcentaje de entrenudos con corcho	63
27A	Prueba de Duncan para la interacción régimen de riego por aplicación de madurante en la variable porcentaje de entrenudos con corcho	64
28A	Registro de precipitación en la finca "El Bálsamo"	64

29A.	Contenido de humedad en el suelo (en mm) registrado en cada lectura después de la aplicación del madurante	65
30A.	Determinación de costos, beneficios y análisis de dominancia	66

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación del sitio experimental	17
2	Comportamiento de la producción de caña en relación con las láminas promedio diarias consumidas y la aplicación de glifosato como madurante	33
3	Comportamiento del rendimiento de azúcar por tonelada de caña contada conforme cada muestreo efectuado	35
4	Relación rendimientos obtenidos (kg. azúcar/tm cortada) con láminas consumidas (mm/día) por tratamiento	36
5	Rendimiento de azúcar (kg azúcar/tm cortada) en relación con las láminas consumidas y la aplicación de glifosato como madurante	37
6	Curvas de isocronoproduktividad de los diferentes tratamientos evaluados. Finca "El Bálsamo", Ingenio Pantaleón. 1998	39
7	Crecimiento vegetativo del tallo en las parcelas tratadas y las no tratadas con glifosato como madurante	41
8	Crecimiento vegetativo del tallo bajo distintos regímenes de riego y la aplicación de madurante	42
9	Comportamiento del número promedio de lalas por tallo en las parcelas tratadas con glifosato como madurante a través del tiempo	43
10A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 6/4 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm.	67
11A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 6/0 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm.	67
12A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 3/0 (frecuencia de 25 días), a una profundidad de 90 cm.	68
13A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 2/0 (frecuencia de 50 días), a una profundidad de 90 cm.	68
14A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/2 (frecuencia de 25 días), a una profundidad de 90 cm.	69
15A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/4 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm.	69
16A	Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/0 (sin aplicación de riego), a una profundidad de 90 cm.	70

INFLUENCIA DE LA LÁMINA DE RIEGO EN EL EFECTO
DEL MADURANTE EN CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.)
VAR. CP-722086

INFLUENCE OF WATER TABLE IRRIGATION ON RIPENER
EFFECT ON SUGAR CANE (Saccharum spp.) VAR. CP-722086

RESUMEN

En el estudio que a continuación se presenta, se evaluó la influencia de la lámina de riego, en el efecto del glifosato como madurante sobre el rendimiento de caña y de azúcar, así como la asociación entre los contenidos de humedad del suelo y los de sacarosa de la planta, en el período post-aplicación del madurante.

La investigación se llevó a cabo en la finca "El Bálsamo" del Ingenio Pantaleón, ubicada en el municipio de Siquinalá, Escuintla; a una altitud de 300 metros sobre el nivel del mar.

Para el trabajo se empleó un diseño experimental de bloques al azar con dos factores en arreglo en parcelas divididas. En las parcelas grandes se asignaron los regímenes de riego (en los que se consideró la aplicación de la lámina de riego de 67.26 mm en diferente número y frecuencias de riegos, así como la etapa en que se realizaron con relación a la aplicación del madurante), y en la parcela pequeña se evaluó el efecto del glifosato como madurante. En total se incluyeron 14 tratamientos con tres repeticiones.

El riego fue aplicado mediante el método de surcos (por gravedad), considerando las láminas constantes en cada riego y determinando los consumos de agua en cada una de las frecuencias utilizadas. Para el caso del madurante, se empleó el glifosato con una dosis de 515 gr./ha.

Las variables medidas fueron: producción de caña por hectárea, toneladas de azúcar por hectárea, rendimiento expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada, producción de azúcar en toneladas por hectárea, crecimiento vegetativo del tallo, número promedio de lalas por tallo y porcentaje de entrenudos con corcho. A las cuales se les aplicó un análisis de varianza, y en los casos en que se tuvieron varias lecturas, se analizaron como medidas repetidas en el tiempo.

Además, se realizó un análisis de correlación entre los contenidos de humedad del suelo (mm) y los porcentajes de sacarosa de la planta, para poder establecer si existía interdependencia entre las mismas; así mismo con los datos obtenidos de toneladas de azúcar por hectárea, se hizo un análisis económico, procediendo a calcular la tasa marginal de retorno.

Los resultados obtenidos manifiestan que la lámina de riego aplicada en diferentes frecuencias, número de riegos y etapa de realización (antes y/o después de la aplicación del madurante), no afectan la acción del glifosato sobre el rendimiento de azúcar, el crecimiento vegetativo del tallo y el número promedio de lalas por tallo formadas. Por otra parte, la producción de caña no resultó ser afectada por la aplicación del glifosato ni por los distintos regímenes de riego.

También en el estudio no se logro encontrar asociación entre los contenidos de humedad del suelo (expresado en milímetros) y los porcentajes de sacarosa en planta en ninguna de las lecturas efectuadas, tanto en plantas tratadas como en las no tratadas con glifosato como madurante.

Así mismo, con el análisis económico se llegó a establecer que la combinación de 3 riegos previos a la aplicación del madurante, con frecuencia de 25 días y sin la aplicación de glifosato produce la mayor tasa marginal de retorno (288%).

1. INTRODUCCION

La caña de azúcar (Saccharum spp.) actualmente es uno de los cultivos de mayor importancia en Guatemala, según cifras proporcionadas por la asociación de azucareros de Guatemala (ASAZGUA), se reporta un total de 168,000 hectáreas cultivadas en toda la república, las cuales se concentran principalmente en la costa sur; brindando cerca de 50,000 empleos directos (3). El azúcar, principal derivado de este cultivo, representa el 19.4% del valor de la producción agrícola en Guatemala, generando alrededor de US\$ 235 millones de divisas. Así mismo, ASAZGUA (3) reporta que a nivel internacional, Guatemala se ubica en el sexto lugar como exportador de azúcar, al enviar al extranjero el 71% de su producción, lo cual representa el 68% del total de azúcar exportada por la región centroamericana.

Dada su importancia, uno de los principales objetivos de los ingenios azucareros es el de lograr obtener los mejores rendimientos de azúcar por tonelada de caña en forma estable, lo cual se ha logrado mediante la aplicación de productos químicos denominados "**madurantes**", los cuales regulan el crecimiento de la planta y favorecen la concentración de sacarosa en el menor tiempo y en mayor porcentaje al momento de la cosecha.

En Guatemala, de acuerdo con ASAZGUA (3) las aplicaciones de madurante en su mayoría son efectuadas de septiembre a noviembre, sin embargo un 35% de ellas se realizan de diciembre a marzo. En estas últimas hasta el momento no se han producido efectos consistentes en el incremento de sacarosa, y en la mayoría de los casos, dicha respuesta en términos de incremento del rendimiento (kilogramos de azúcar por tonelada de caña) ha sido menor que el logrado en los dos meses anteriores. Razón por la cual las investigaciones están dirigidas hacia el estudio de los factores que influyen en el efecto de estos productos, dentro de los cuales, la humedad del suelo reviste gran importancia.

Con el presente estudio, realizado conjuntamente con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, se evaluó la influencia de la aplicación de la lámina de riego sobre el efecto del madurante en caña de azúcar, en la finca "El Bálsamo", del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Con la finalidad de observar principalmente el comportamiento de la producción de caña y del contenido de azúcar ante el suministro de glifosato como madurante y la distribución de la lámina de riego en diferentes frecuencias, número de riegos y etapa de aplicación. El estudio comprendió de diciembre a abril de 1998.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

En Guatemala, el área de cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se concentra en los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez, en el litoral del Pacífico, dentro de un rango altitudinal de 10 a 20 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 800 msnm. (10)

Las actividades de corte de caña se realizan de noviembre a mayo, ya que es en esta época cuando la planta está "madura", puesto que se dan las condiciones adecuadas para este proceso (sequía moderada, amplias oscilaciones de temperatura y luminosidad).

Cuando las condiciones naturales no favorecen la maduración de la caña, es posible inducirla por medio de la aplicación de productos químicos conocidos como "madurantes"; estos productos también presentan la ventaja de inhibir la floración. La floración afecta el proceso normal de sazonado y limita el volumen de tejido para la acumulación de sacarosa, se pierde el dominio apical y se desarrollan hijos aéreos en la parte superior del tallo, causando resequedad de los entrenudos de esta área, produciéndose el acorchamiento (material meduloso) y la pérdida de hasta un 40% del contenido de azúcar almacenada.

En Guatemala, a través de los departamentos de investigación de algunos ingenios azucareros y del programa de agronomía del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), se han realizado trabajos dirigidos principalmente a evaluar productos que puedan cumplir con la función de madurador y a determinar las dosis adecuadas de estos productos para aumentar el rendimiento sin afectar la producción de caña, ni el desarrollo del cultivo siguiente.

A partir de 1987 se iniciaron las aplicaciones comercialmente de los madurantes, y en la actualidad se ha comprobado los beneficios económicos de estos productos, prueba de ello es que para el año 1996 se cubrieron alrededor de 90,000 hectáreas con los mismos, aproximadamente el 50% del área total sembrada con este cultivo. (3) Por lo que los trabajos están siendo encaminados al estudio de los factores que pueden influir en la respuesta del cultivo al madurante, entre los cuales la humedad del suelo reviste gran importancia.

En la industria azucarera guatemalteca, las aplicaciones de madurante efectuadas de diciembre a febrero, no han producidos efectos consistentes en el incremento de sacarosa, y en la mayoría de los casos, dicha respuesta en términos de incremento del rendimiento (kilogramos de azúcar por tonelada caña) ha sido menor que el logrado en las aplicaciones efectuadas en octubre y noviembre.¹

¹ Martínez, M. 1997. CENGICAÑA. Programa de Agronomía. Entrevista personal.

Una de las posibles razones es la escasa humedad disponible en el suelo al momento de las aplicaciones, lo que hace que la planta de caña de azúcar se encuentre bajo estrés fisiológico y por lo tanto en un ritmo metabólico lento, ocasionando una lenta absorción del madurante.

Los resultados de estudios efectuados en el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar (CENICAÑA) en Colombia sobre la interacción riego-madurante, concluyen que la respuesta del cultivo al madurante depende en buena parte de la condición de humedad en el suelo, no solo durante la aplicación, sino en el período comprendido entre la aplicación y la cosecha. (5)

En ensayos realizados por el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar de Guatemala (CENGICAÑA), en la temporada 1993-94 durante diciembre y marzo, se observó respuesta favorable a la aplicación del madurante en uno de un total de cuatro ensayos realizados, notándose que éste era el único que contó con buena disponibilidad de humedad en el suelo al momento de la aplicación.²

Adicionalmente se tienen experiencias a nivel nacional, las cuales indican que cuando la caña ha estado sometida a estrés por humedad para su maduración y posteriormente se incrementa el contenido de humedad en el suelo, ocurren descensos en el contenido de sacarosa.

El control eficiente de la humedad del suelo (mediante la aplicación del riego) de diciembre a marzo y la aplicación de madurante en estos meses, en los cuales no se han logrado resultados satisfactorios, pueden incrementar la producción de caña por hectárea y el rendimiento expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada, garantizando incrementos en los beneficios económicos para los ingenios.

² Martínez, M. 1997. CENGICAÑA, Programa de Agronomía. Entrevista personal

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Características de la Maduración

Alcalá (1), señala que en la caña de azúcar se pueden considerar los siguientes estados de maduración: botánica, fisiológica y económica.

Desde el punto de vista botánico, Alcalá (1) cita que la caña de azúcar se considera madura después de la emisión de flores y la formación de semillas que dan origen a nuevas plantas. Si se tiene en cuenta la multiplicación vegetativa que se utiliza en la práctica, la maduración tiene un ciclo más corto y ocurre cuando las yemas están en condición de originar nuevas plantas.

Con relación a la maduración fisiológica, Alcalá (1) indica que se alcanza cuando los tallos logran su potencial de almacenamiento de sacarosa, o sea el punto de máxima acumulación de azúcar posible. La sacarosa constituye alrededor del 50% del total de la materia seca del tallo maduro de la caña de azúcar y su contenido en el tejido parenquimatoso del almacenamiento es aproximadamente el 20% de su peso fresco. La caña de azúcar alcanza la maduración botánica antes de la fisiológica, esto significa que la acumulación de sacarosa continúa por lo general 1-2 meses después del inicio de la caída de semillas.

El concepto de maduración económica, de acuerdo con Alcalá (1), está sobre la perspectiva de las prácticas agronómicas. En este sentido, la caña se considera madura o en condiciones para el beneficio industrial, a partir del momento en que presenta un contenido mínimo de sacarosa y un "pol" por encima de 13 % con base en el jugo de la caña.

3.1.2. Proceso de maduración de la caña

Con relación al proceso de maduración de la caña de azúcar, Buenaventura, Torres y Yang (5) consideran que en términos generales, la caña requiere de un descenso de la temperatura ambiental y de la humedad del suelo, con el fin de retardar su crecimiento e inducirle a transformar en sacarosa los azúcares reductores que utiliza para su desarrollo.

Según Alcalá (1), el ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas. La primera comprende desde la brotación de las yemas hasta que las hojas de las plantas cubren los entresurcos (5 a 6 meses de edad), esta etapa es la de mayor requerimiento de agua, la humedad en la planta debe estar por encima del 85%; la segunda etapa corresponde a la formación de sacarosa y va del final de la primera hasta el inicio de la maduración, la humedad debe estar entre 78 y 80%; y la tercera etapa es la maduración propiamente dicha, la que se inicia más o menos a los nueve meses de edad. Para que se obtenga una buena maduración, la humedad debe bajar a un 73 ó 75% en la planta.

De acuerdo con Cháves (9), la maduración es un proceso metabólico mediante el cual la planta cesa su crecimiento y empieza a acumular energía en forma de sacarosa en los tejidos parenquimales del tallo.

3.1.3. Translocación y almacenamiento del azúcar en la planta

Alcalá (1), indica que los azúcares formados en la fotosíntesis como son la sacarosa y los azúcares reductores, glucosa y fructuosa, se translocan de las hojas al tallo y luego a las raíces a través de los haces conductores del floema y una cantidad menor se transloca nuevamente en dirección contraria hacia el meristemo apical a través del xilema.

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

3.1.4. Factores que afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar

3.1.4.A. Manejo del cultivo antes de la cosecha

Aquí los factores más relevantes lo constituyen la variedad cultivada, la fertilización (principalmente nitrogenada) y el riego. Samuels, citado por Ordoñez (17), indica que para obtener la mayor eficiencia en la acumulación de sacarosa, cada variedad debe haberse sembrado en un período adecuado para poder ser cosechado en el momento que de acuerdo a su patrón de maduración (temprana, tardía y media) se encuentre en su estado óptimo.

Así mismo al referirse a los factores que limitan la acumulación de sacarosa en la caña de azúcar, Samuels, citado por Ordoñez (17) considera que la fertilización debe ser reducida si se desea una buena conversión de azúcares reductores a sacarosa. Además, considera que los períodos de irrigación deben ser controlados antes de efectuar la cosecha.

Según Alcalá (1), la edad no es sinónimo de madurez, ya que cuando el agua y el nitrógeno se mantienen a niveles elevados la caña no madura, independientemente de su edad.

3.1.4.B. Condiciones climáticas

Buenaventura (4), menciona que entre los principales factores que limitan la maduración de la caña de azúcar se encuentran: la precipitación pluvial, temperatura y luminosidad.

a. Precipitación pluvial

Con relación a la precipitación, Yang y Torres (24), aclaran que ésta no ejerce un efecto directo sobre la concentración de sacarosa o sobre el rendimiento en porcentaje de caña, sino que estimula el crecimiento de la planta y éste es el que realmente provoca la disminución del rendimiento.

Yang y Torres (24) consideran que las mayores caídas en el rendimiento se presentan después de que el cultivo viene de un período relativamente seco y recibe una precipitación suficiente para estimular el crecimiento de las plantas. El cultivo tiende a recuperar su rendimiento en la medida que se desacelera el ritmo de crecimiento, y esto sucede no sólo por la desaparición de las lluvias, sino también cuando se satisface una especie de "necesidad reprimida" de crecimiento por parte de la planta, lo cual se da aunque la precipitación siga presente en forma más o menos continua.

De acuerdo con Yang y Torres (24), la precipitación influye en el contenido de humedad en el suelo, que es un factor muy importante para la maduración de la caña de azúcar. Las relaciones de humedad interna en la caña de azúcar son el factor dominante en la síntesis y translocación de azúcares.

Buenaventura (4), también señala que cuando la planta está en desarrollo debe tener un suministro adecuado de agua que permita la absorción de nutrientes del suelo, su transporte al tallo, y asimilación de los mismos para realizar procesos fisiológicos. Al momento del corte, es necesario reducir el contenido de humedad, toda vez que está directamente relacionado con la calidad del jugo.

Si hay bajos contenidos de humedad en el suelo, la cantidad de agua en los entrenudos más jóvenes se disminuye y se reduce el crecimiento en forma gradual hasta que prácticamente cesa cuando llega al punto de marchitamiento. (4)

Buenaventura, Torres y Yang (5), citan que, cuando el desarrollo se retarda se disminuye la demanda de azúcares y éstos se almacenan en los tallos. En algunos países se hacen programas de maduración mediante agostamiento de las plantas, cortando el suministro de agua para forzar a los tallos a concentrar azúcares. Cuando se restaura la humedad del suelo con la lluvia o por el riego en un cultivo que se está madurando mediante el control del agua y siempre y cuando no estén ocurriendo otros factores que incidan en la maduración, se puede inducir el desarrollo vegetativo y baja la calidad del jugo.

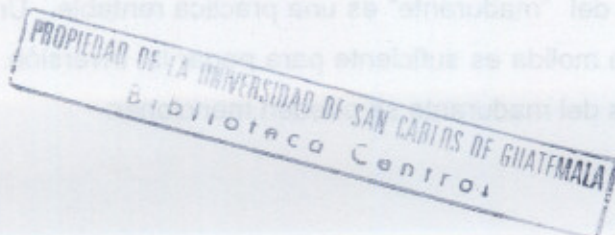
De acuerdo con Martínez (16), cuando suceden las condiciones adecuadas para la maduración, se reduce el número de hojas en la copa. Al disminuir el crecimiento y acortarse los entrenudos se forma una especie de palma en la copa y las hojas parece que todas salieran de un solo entrenudo.

b. Temperatura

Buenaventura (4) considera que el mayor efecto de las temperaturas se da en los meses con períodos secos y una oscilación entre 11 y 12 °C, lo cual favorece la acumulación de sacarosa en el tallo, incrementando el rendimiento.

c. Luminosidad

La luz como principal fuente de energía de la caña, juega un papel muy importante en el almacenamiento de sacarosa, a menor luminosidad menor almacenamiento de azúcares y mayor acumulación de almidón. (4)



3.1.4.C. Floración

Cháves Solera (9) indica que, cuando los días se hacen más cortos y las temperaturas más frescas, la caña de azúcar puede pasar del estado vegetativo al reproductivo. El cambio meristemático es muy difícil de calcular, ya que no existe ningún síntoma externo.

Una vez que los tallos desarrollan el ápice floral, la caña no produce canutos, y comienza a desarrollar el escapo o pedúnculo floral. Todavía puede crecer algo y aumentar de peso.

Cháves Solera (9) considera que la floración afecta el proceso normal de sazonado, y limita el volumen de tejido para la acumulación de sacarosa. Se pierde el dominio apical, promoviéndose el desarrollo de hijos aéreos (lalas) en la parte superior del tallo. La energía utilizada en el desarrollo de estas lalas es a expensas de la acumulada como sacarosa en el propio tallo.

Pero uno de los efectos más adversos producidos por la floración en ciertas variedades, y hasta cierto punto influenciada por condiciones agronómicas, según Cháves Solera (9), es la producción progresiva del material meduloso, que los cañeros llaman "acorchamiento". Existen variedades que, al florear, comienzan a producir este material meduloso que se extiende rápidamente hacia la parte inferior del tallo. Esta médula, o fibra degradada, no contiene sacarosa alguna, y actúa como una esponja dentro del tallo, ya que absorbe y pierde humedad rápidamente.

Los tallos molederos con gran proporción de médula ocasionada por la floración producen bajo volumen de jugo y alta fibra. (9)

3.1.5. Maduración Química de la caña de azúcar.

Arcila (2), señala que cuando las condiciones naturales no favorecen la maduración de la caña de azúcar, es posible inducirla por medio de la aplicación de productos químicos conocidos como "madurantes". Estos productos, generalmente son reguladores de crecimiento que pueden afectar la maduración; induciendo directamente la inhibición de crecimiento sin afectar el proceso de fotosíntesis, o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa.

La aplicación del "madurante" es una práctica rentable. Un incremento de un kilogramo de azúcar por tonelada de caña molida es suficiente para pagar la inversión. Urrutia (22), indica que dentro de los principales beneficios del madurante se pueden mencionar:

- Debido al incremento en sacarosa y pureza de los jugos de caña tratada con el madurante, se puede dar un aumento en la productividad del ingenio, ya que éste se beneficia moliendo caña de buena calidad.
- Mediante el uso de madurantes químicos, el cañicultor puede asegurar que su cosecha alcance una buena concentración de sacarosa, a pesar de que existan condiciones climáticas desfavorables.
- El madurante puede inhibir la floración en ciertas variedades de caña, la que de no inhibirse puede reducir los niveles de sacarosa, causando resequeidad de los entrenudos superiores, produciéndose el acorchamiento y la pérdida del azúcar almacenada en esta área.
- Se ha demostrado que la caña tratada con el madurante tiende a deteriorarse con menor rapidez después del corte. Esto conserva el azúcar ya almacenada dentro de los tallos de la caña, favoreciendo a los ingenios que por razones imprevistas no puedan procesar la caña dentro de las 48 horas después del corte.
- Ya que el madurante permite un mejor control de la maduración, es posible iniciar la zafra más temprano, esto permite que los ingenios se abran antes.

3.1.6. Factores que afectan la respuesta de la planta al madurante

Según Arcila (2), los rendimientos comerciales de un cultivo de caña de azúcar que ha recibido la aplicación de un madurante dependen de los siguientes factores:

3.1.6.A. Variedad

Con respecto a la variedad, Arcila (2) indica que, cada variedad responde en forma diferente a la aplicación de madurantes, dependiendo de su capacidad para concentrar azúcares asociada con factores de edad, clima y suelo, principalmente. Las variedades de caña reaccionan de distinta manera a los factores climáticos y agronómicos del lugar. El metabolismo de la planta puede variar considerablemente entre variedades.

El contenido máximo de sacarosa puede suceder al inicio de la cosecha, a mediados de la misma, o a fines de zafra. Por esta razón las variedades se clasifican en: tempranas, medianas y tardías. Algunas variedades tienen la propiedad de mantener sus riquezas por un largo período durante la cosecha. Otras sin embargo, se deterioran rápidamente convirtiendo parte de su sacarosa en azúcares reductores. (2)

3.1.6.B. Tonelaje de caña y estado del cultivo

La dosis del madurante, indica Arcila (2), varía de acuerdo con las toneladas de caña esperadas y el área foliar del cultivo. En cultivos con alta producción de caña (toneladas por hectárea) y área foliar alta, es necesario aplicar dosis mayores de producto que la requerida en plantas erectas y con menor tonelaje.

3.1.6.C. Tiempo entre la aplicación y el corte

El tiempo que debe transcurrir entre la aplicación del madurante y el corte del cultivo es variable entre las diferentes variedades de caña, por lo tanto en cada zona se debe determinar este período. (2)

3.1.6.D. La Humedad

La humedad, cita Arcila (2), es considerada de primera importancia en el control de la madurez de la caña de azúcar. Ya sea producida por el agua de lluvia, la masa de aire, o el riego, la humedad es el factor que más afecta la madurez óptima de la caña de azúcar. Cuando la caña está siendo afectada por la sequía, aún llegando casi al punto de marchitez, el proceso de fotosíntesis continúa, pero la cantidad de sacarosa producida es muy inferior a cuando existe una buena humedad. (2)

Pérez y Terán (18) indican que el aumento de la humedad en el suelo por la precipitación o el riego favorece el crecimiento de los tallos, y en estas condiciones la aplicación del madurante favorece un mayor incremento de sacarosa, ya que ésta no se utilizará en los procesos de desarrollo, esto no indica que el máximo rendimiento posible que se pueda obtener con el uso de madurantes se logra en los períodos de lluvias. En los períodos secos, las condiciones favorecen la maduración natural, e igualmente la aplicación de estos productos permite el máximo rendimiento posible; pero en este caso se debe tener especial cuidado con la dosificación, ya que las plantas se encuentran en condición de estrés por falta de agua.

Buenaventura, Torres y Yang (5), señalan que el efecto de la precipitación sobre el crecimiento y de éste sobre el rendimiento, debe tenerse en cuenta para decidir la aplicación del madurador y la dosificación, y también en forma general para la programación de la cosecha, ya que aquellos campos que vienen de un período de sequía y reciben precipitación justo antes de la fecha programada de corte, es preferible posponerla para evitar perder hasta dos puntos en el rendimiento como consecuencia de este fenómeno.

La lluvia tiene un efecto depresivo en la calidad de la caña de azúcar antes del corte, pues la humedad en los canutos cercanos al punto apical de crecimiento aumenta; y a mayor humedad, más reductores y menor rendimiento de fábrica. (5)

Finalmente Arcila (2) indica que teóricamente, la humedad ideal en caña durante la cosecha, es aquella que todavía permite la conversión de sacarosa, y donde la utilización de la energía solar va dirigida hacia la síntesis de sacarosa y no de fibra.

3.1.6.E. Edad de la planta

La recuperación de sacarosa después de la aplicación del madurante de acuerdo con Arcila (2), depende de la edad de la planta. Una de las condiciones esenciales para alcanzar una respuesta positiva a la aplicación consiste en hacerla al final de la etapa de crecimiento, un poco antes del inicio de la maduración fisiológica.

3.1.6.F. Otros factores que afectan la respuesta de la planta al madurante

Arcila (2), cita los siguientes factores que también pueden afectar la respuesta de la planta al madurante:

- (1) El exceso de rocío en las hojas del cultivo al momento de la aplicación.
- (2) La intensidad de la luz solar.
- (3) La penetración del producto en el follaje, ya que en ocasiones las lluvias después de la aplicación pueden lavar el producto, impidiendo su acción efectiva.

- (4) El tipo de suelo: especialmente su capacidad de retención de humedad y la fertilidad, que determinan el desarrollo y vigor del cultivo en el momento de la aplicación.
- (5) El grado de dispersión del producto por el viento.
- (6) La uniformidad en la aplicación.

3.1.7. Importancia del riego en la maduración de la caña de azúcar

Sandoval (21), señala que, a través del riego se complementa el suministro de agua por lluvia y se satisface, en mayor medida la pérdida de agua como consecuencia de la transpiración en las hojas de las plantas y la evaporada de la superficie del suelo.

En cuanto a la cantidad de agua requerida por el cultivo de la caña de azúcar, Flores (11), cita estudios efectuados en Hawaii, EE.UU. y confirmados en México, los que hacen referencia a que el consumo de agua por la caña varía de 3 mm/día en los meses fríos y nebulosos, hasta 8 mm/día en los meses calientes y secos. Si se considera que hay 5 meses secos, 2 con precipitación media y 5 con buena cantidad de lluvia, entonces el consumo mínimo anual puede ser de 1800 mm.

Flores (11) además considera que, si el rendimiento mínimo de la caña de riego debe ser de 100 toneladas métricas por hectárea (tm/ha), en algunas regiones cañeras el aumento del rendimiento debido al riego es del orden de 30 tm/ha. En riego por gravedad, la lámina de agua a aplicar debe ser de 15 cm. lo que equivale a 1050 metros cúbicos por manzana.

Yang y Torres (24), definen a los riegos pre-zafra como: "riegos que se realizan al cultivo con un margen de tiempo considerablemente poco antes de la corta de un cañal", son prácticas de manejo del cultivo, de gran importancia. Cuando la caña se aproxima a la madurez, se hacen mayores los intervalos de riego (riegos precosecha) para reducir el desarrollo vegetativo, deshidratar la caña y forzar la conversión de azúcares reductores a sacarosa recuperables.

Pérez y Terán (18), indican que, suspender el riego muy cercano a la cosecha de un cañal conlleva beneficios y desventajas. Primeramente es de esperar que el vigor del rebrote en un cañal al cual se le suspendió el riego poco tiempo antes de la corta será muy bueno, el número y el grosor de los tallos por cepa será mayor y la vida útil del cañal sería de un período de años mucho mayor, que en aquellas áreas en donde el riego precosecha fue suspendido con más anticipación.

Como desventaja está la gran proliferación de nuevos hijos o retoños en cañales prontos a cosechar, que afectan grandemente el rendimiento. Se dan además problemas de madurez, la caña está en constante desarrollo y no concentra sacarosa, hay gran desarrollo de biomasa. (18)

Si se procede a suspender el riego de un cañal con un tiempo mucho mayor, antes de su corta, se corre el riesgo de causar "deterioros irreversibles a la cepa de caña, producto de su estrés hídrico", también se disminuye la vida útil del cañal. (18)

Como beneficio directo está el de inducir a la caña a madurar, en especial para aquellas variedades con problemas de madurez en determinadas zonas, por otra parte, las cañas entran al ingenio con menor cantidad de materia extraña, puesto que hay mayor cantidad de follaje seco, que al momento de realizar la quema se elimina y las cañas entran al ingenio más limpias. (18)

3.1.8. Resultado de evaluaciones efectuadas con glifosato como madurante en caña de azúcar.

Buenaventura (4) expone que las primeras investigaciones con madurantes químicos en Colombia se efectuaron en 1975 y aunque se obtuvieron resultados, no hubo continuidad en los trabajos. Las experiencias positivas en otros países con la aplicación de madurantes para aumentar el rendimiento de la caña de azúcar, llegaron al Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) en 1981.

A partir de 1981 se llegaron a establecer ensayos en microparcels y a nivel semicomercial para probar la eficiencia de algunos productos en las variedades comerciales del valle geográfico del río Cauca. Los productos utilizados en las investigaciones fueron: Ethrel®, Polaris®, Polado® y Roundup® a nivel semicomercial, y Asulox®, Embark® y Galant® a nivel de microparcels (5)

Las dosis evaluadas en los anteriores ensayos, fluctuaron entre 432 y 720 gramos de ingrediente activo (gr. de i.a.) por hectárea (ha) de sal isopropilamina de glifosato. Se realizaron varios ensayos respondiendo todas las variedades tratadas (POJ 2878, PR 1248, CP 57603), las cuales incrementaron el azúcar recuperable estimado (ARE) entre 6 y 16%, correspondiendo los mayores rendimientos a las dosis más altas, siendo notorios los rendimientos más altos entre la séptima y octava semana después de la aplicación. (5)

En Guatemala, Campollo (6) evaluó cuatro dosis de glifosato (360, 480 y 600 gr. de i.a./ha) en caña de azúcar, de tres diferentes edades (272, 288 y 319 días después del último corte) en la variedad CP-722086. Encontrando que los mejores resultados en cuanto al rendimiento de libras de azúcar por tonelada (LATC) se obtuvieron a la edad de 288 días, con una dosis de 360 ó 480 gr. de i.a. de glifosato por hectárea, esto entre la sexta y octava semana después de la aplicación.

Al mismo tiempo concluyó que en el rendimiento de toneladas de caña por hectárea, los mejores resultados se obtienen con la edad de 319 días después del último corte, con una dosis de 480 gr. de i.a. por hectárea entre la quinta y séptima semana después de la aplicación.

Leonardo (14), evaluó en el Ingenio Tzulá, Guatemala, cuatro productos químicos como madurantes en caña de azúcar (glifosato, fluazufop-butyl, hexazinona y trimexapac-ethyl) y concluyó que los mejores productos medidos por su incremento en el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña, fueron: el glifosato a razón de 504 gr. de i.a. por hectárea y Trinexpac-ethyl en las dosis de 1 y 0.6 litros por hectárea a las seis semanas después de la aplicación de ambos productos.

Ordoñez (17), estudió la respuesta de la variedad CP-722086 en diferentes edades (8.5, 9.0, 9.5 y 10 meses de edad) a la aplicación del glifosato y buscó la época más adecuada para la cosecha en Guatemala, encontrando que en todas las edades evaluadas existe incremento en el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña. La época en la cual alcanzan los máximos rendimientos oscila entre la sexta y la octava semana después de la aplicación.

Salazar (20), en el Ingenio Santa Ana, Guatemala, evaluó la aplicación de glifosato como madurante en caña de azúcar en tres localidades de dicho ingenio, concluyendo que el efecto más significativo sobre el rendimiento, para el caso de las variedades tempranas, se produjo en la variedad CP-731547, en la que, para las dos localidades aplicadas (Achiguate y Delta) hubo un incremento absoluto de más de 20 libras de azúcar por tonelada de caña, alcanzando un máximo de 40 libras de azúcar por tonelada de caña a la séptima semana en la finca Bolivia. La variedad CP-721210 mostró una buena respuesta a la aplicación a la sexta semana de corte (20-25 libras de azúcar por tonelada de caña, de incremento). La variedad CP-722086 tuvo una buena respuesta en la séptima y octava semana (18-25 libras de azúcar por tonelada de caña). Sin embargo a la novena y décima semana, las diferencias se redujeron sustancialmente.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Variedad CP-722086

De acuerdo con la descripción de variedades efectuada por el departamento de investigación de la empresa Pantaleón (10), las características de la variedad CP-722086 se presentan a continuación.

La variedad CP-722086 tiene un color amarillo verdoso (los hijuelos poseen un color rosado en la vaina de la hoja), buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto y no posee afate, de fácil corte y debajero regular. Tiene muy buen retoño y se adapta a todo tipo de suelo, aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos poco profundos y arenosos.

Esta variedad es de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha, de noviembre a febrero, ya que en caso de atrasarse estas actividades, debido a su moderado porcentaje de floración (45 a 50%), se forma tejido corchoso, empezando por el tercio superior hacia abajo, mermando el rendimiento en toneladas de caña por hectárea.

La variedad CP-722086 brinda una buena producción de caña por hectárea y un alto rendimiento en libras de azúcar por tonelada tanto a nivel experimental como a nivel comercial.

A nivel comercial se han obtenido resultados promedio de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 207.55 lb. de azúcar por tonelada; mientras que a nivel experimental se tiene un promedio de 238 libras de azúcar por tonelada de caña y 130 toneladas de caña por hectárea. (10)

3.2.2. Sal isopropil amina de glifosato

Urrutia (22), al referirse a la sal isopropilamina de glifosato, la define como un herbicida sistémico, no selectivo, de utilización post-emergente, posee una alta capacidad para traslocarse o transportarse a toda la planta, incluyendo rizomas y raíces. Ésta es una molécula muy hidrosoluble y poco liposoluble que reacciona con aguas duras, que poseen altos contenidos de iones hierro (Fe^{++}) y aluminio (Al^{++}).

Por no ser liposoluble su penetración en el tejido vegetal, es difícil y se hace necesaria la utilización de un surfactante, no se acumula en las grasas, no se bioacumula ni es absorbido por la piel y se disipa rápido en el agua; por ello, para obtener un buen resultado en su aplicación no debe haber presencia de lluvias antes de 4 horas después de su aplicación.

La sal isopropil amina de glifosato es una glicina sustituida, lo que le confiere características tales como: baja toxicidad general, descomposición microbiológica rápida y completa, y desaparición rápida en el agua. (22)

Mecanismo de acción: el glifosato es un producto altamente sistémico que penetra a través de la cutícula cerosas de las hojas y traspasa las paredes y membranas celulares para ponerse en circulación por el floema junto con los productos de la fotosíntesis. El paso a través de estas tres barreras es un proceso pasivo, conocido con el nombre de "difusión", en el cual no interviene energía de la planta. Por esta razón, las soluciones más concentradas del producto y las condiciones ambientales que favorecen la hidratación de la cutícula, tales como, la humedad relativa y humedad del suelo altas, ayudan positivamente a la penetración del producto. (22)

Modo de acción: el principal modo de acción del glifosato es bloquear el ciclo del ácido shiquímico, a través de su potente efecto inhibitorio competitivo de la enzima sintetasa de ácido 5-enolpiruvico shiquímico-3-fosfato (EPSP), a pesar de disminuir la velocidad de reacción catalizada por esta enzima. El ciclo del ácido shiquímico solo ocurre en las plantas, hongos y bacterias, y se caracteriza por ser el responsable de la producción de aminoácidos aromáticos y compuestos tóxicos. La enzima EPSP actúa sobre el ácido shiquímico y el ácido fosfoenolpirúvico formando el ácido 5-enolpiruvico shiquímico-3-fosfato, precursores de la síntesis de fenil amina-tirosina y triptófano. (22)

El glifosato actúa compitiendo en el mismo sitio de acción de la enzima EPSP, provocando de esta manera una disminución en la síntesis de los precursores de aminoácidos aromáticos. Los efectos secundarios de la acción del glifosato son diversos dentro de los cuales sobresale la disminución rápida del nivel de ácido indol acético, adicionalmente provoca una disminución de la actividad fotosintética y respiratoria. (22)

3.2.3. Ubicación y descripción del sitio experimental

El estudio se realizó en la finca "El Bálsamo" del Ingenio Pantaleón (figura 1), en el municipio de Siquinalá del departamento de Escuintla, a una altitud de 300 metros sobre el nivel del mar. Su ubicación geográfica es la siguiente: 14° 19' Latitud Norte y 90° 59' Longitud Oeste. (23)

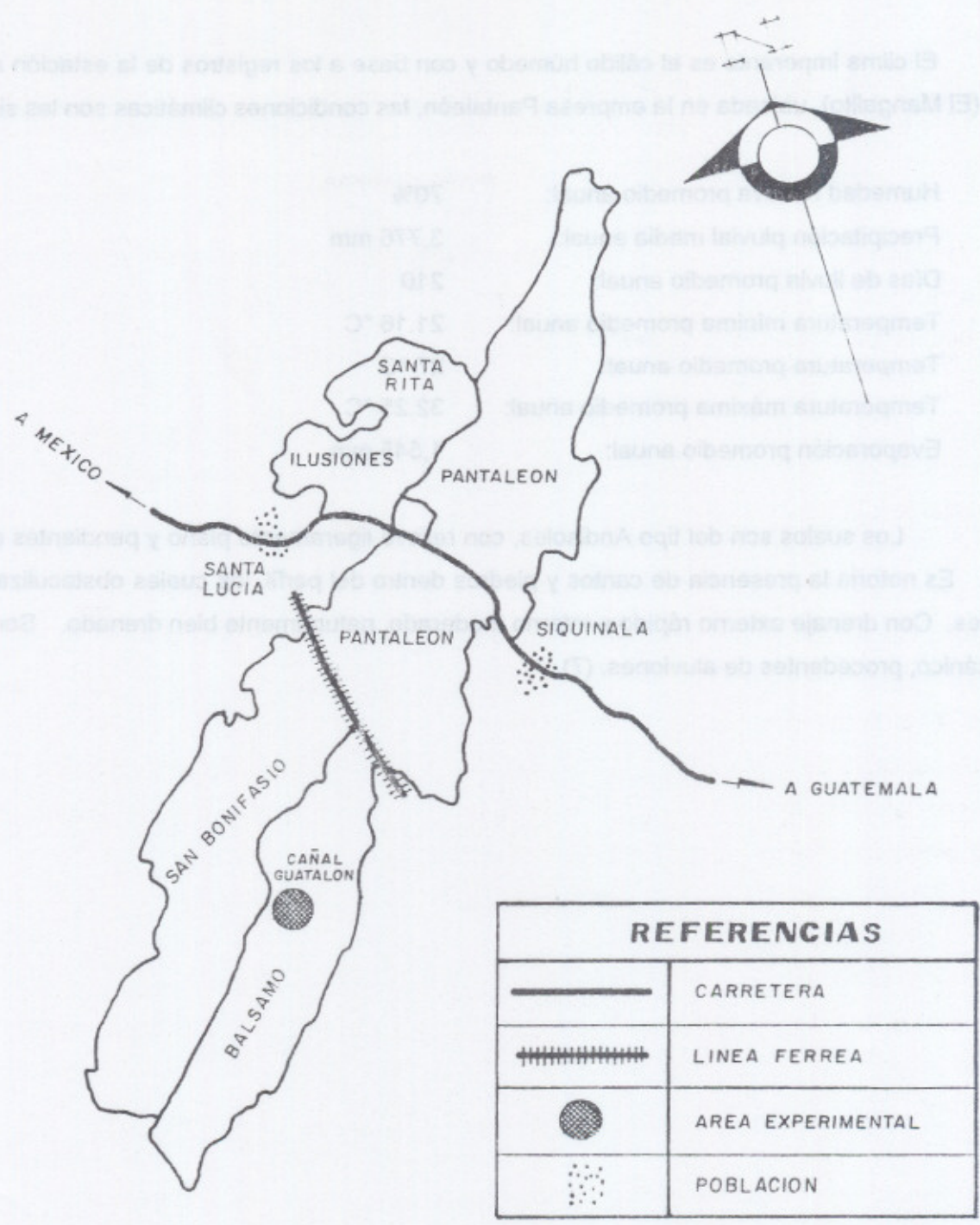


FIGURA. 1
 MAPA DE LA EMPRESA PANTALEON S.A.
 ESCALA: 1 : 10,000

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 biblioteca Centro.

El clima imperante es el cálido húmedo y con base a los registros de la estación meteorológica tipo "B" (El Mangalito), ubicada en la empresa Pantaleón, las condiciones climáticas son las siguientes:

- * Humedad relativa promedio anual: 70%
- * Precipitación pluvial media anual: 3,776 mm
- * Días de lluvia promedio anual: 210
- * Temperatura mínima promedio anual: 21.16 °C
- * Temperatura promedio anual: 27 °C
- * Temperatura máxima promedio anual: 32.25 °C
- * Evaporación promedio anual: 1,545 mm

Los suelos son del tipo Andisoles, con relieve ligeramente plano y pendientes que no exceden el 3%. Es notoria la presencia de cantos y piedras dentro del perfil, las cuales obstaculizan el desarrollo de raíces. Con drenaje externo rápido e interno moderado, naturalmente bien drenado. Son suelos de origen volcánico, procedentes de aluviones. (7)

REFERENCIAS	
CARRERA	
LÍNEA FERREA	
AREA EXPERIMENTAL	
POBLACION	

FIGURA 1
MAPA DE LA EMPRESA PANTALEÓN S.A.
ESCALA 1:10,000



4. OBJETIVOS

- 4.1 Determinar la influencia de la lámina de riego aplicada en diferente etapa, número y frecuencia de riegos en el efecto del madurante sobre el rendimiento y algunos de sus componentes en caña de azúcar.
- 4.2 Establecer si existe asociación entre los contenidos de humedad del suelo y los de sacarosa de la planta, en el período post-aplicación del madurante.
- 4.3 Determinar en la relación irrigación-madurante, el número y frecuencia de riegos que produzca la mejor producción de caña y azúcar por hectárea.
- 4.4 Determinar el beneficio económico de la interacción irrigación-madurante.

5. HIPOTESIS

- 5.1 Las diferentes láminas de riego afectan la respuesta del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a la aplicación del glifosato como madurante, haciendo variar el rendimiento (kg de azúcar/tonelada de caña) en la variedad CP-722086.
- 5.2 La dependencia entre los contenidos de humedad en el suelo y sacarosa en la planta, será de carácter inverso, independientemente de la aplicación del madurante.

6. METODOLOGIA

6.1 Análisis y determinaciones previas

6.1.1 Propiedades físicas y químicas del suelo

Con el propósito de conocer el perfil del suelo en el cual se desarrolló la presente investigación, se abrió una calicata de un metro cuadrado de área por un metro de profundidad, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción del perfil del suelo.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	CARACTERÍSTICAS
Ap	0 - 30	Textura franca, estructura en bloques subangulares débiles y medios, consistencia muy friable, se observan algunos cantos rodados pequeños. Color negro.
AB	30 - 60	Textura franca, estructura en bloques subangulares débiles y medios; consistencia firme; se observan abundantes cantos rodados de 2 a 2.5 cm de diámetro. Color pardo oscuro.
AB	60 - 100	Color pardo muy oscuro. Textura franca. Consistencia firme. Estructura en bloques subangulares moderados y medios.

Posteriormente para el análisis físico del suelo se tomaron muestras en estratos de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. para la determinación de la textura, densidad aparente, punto de marchitez permanente y capacidad de campo.

A partir de las constantes físicas se determinó por estrato, la lámina de humedad disponible (LHD), lámina rápidamente aprovechable (LHRA) considerando un umbral de riego o déficit permitido de manejo de un 60%.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo y láminas de riego

Estrato (cm)	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	Clase Textural	Da (gr/cc)	C.C. (%)	P.M.P. (%)	LHD (mm)	LHRA (mm)	Lámina de riego
0 - 30	6.07	44.80	49.13	Franco Limoso	0.91	38.40	29.89	23.23	13.94	
30 - 60	5.94	44.04	50.02	Franco Limoso	1.08	30.57	25.38	16.81	10.01	
60 - 90	8.15	43.52	48.34	Franco Limoso	1.03	50.05	26.71	72.18	43.31	67.26 mm

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo y planta "Ing. Salvador Castillo", de la Facultad de Agronomía, USAC.

Referencias:

Da: Densidad aparente

C.C.: Capacidad de campo.

P.M.P.: Punto de marchitez permanente.

LHD: Lámina de humedad disponible.

LHRA: Lámina de humedad rápidamente aprovechable.

En lo que respecta a las características químicas del suelo, se tomaron submuestras del área experimental en estratos 0-30, 30-60 y 60-90 cm. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) para su análisis correspondiente. El cuadro 3 presenta los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Propiedades químicas del suelo

Estrato (cm)	pH	M.O. (%)	CIC (Meq/100 g)	Potasio (Meq/100 g)	Calcio (Meq/100 g)	Magnesio (Meq/100 g)	Sodio (Meq/100 g)
0 - 30	6.02	6.23	43.41	1.32	15.21	2.86	0.24
30 - 60	6.22	3.60	42.98	0.65	13.02	2.36	0.27
60 - 90	6.12	4.54	42.56	0.38	12.41	1.91	0.30

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de CENGICAÑA

Referencias:

M.O.: Materia orgánica.

CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

Como se observa en el cuadro 3, el suelo posee alta capacidad de fertilidad ya que presenta valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC), arriba del nivel normal (20 meq/100 g). El porcentaje de saturación de bases promedio para las muestras es de 39%, valor abajo del nivel normal (80%). El bajo porcentaje de saturación de bases indica que se trata de un suelo que necesita fertilización para suplir las bases en el intercambio catiónico. En cuanto al contenido de materia orgánica de estos suelos, se puede decir que se encuentra en el nivel normal (3 a 5%).

Además se realizó un análisis del agua utilizada en el riego. En el cuadro 4 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 4. Características físicas y químicas del agua de riego

Conductividad Eléctrica	pH	Suma de Cationes	Meq/lt				Cloruros (meq/lt)	Porcentaje de sodio Soluble	Relación de adsorción de sodio (RAS)	Clase
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺				
470 mhos	5.90	5.63	2.09	2.35	0.98	0.21	1.20	17.41	0.65	C2S1

Fuente: Laboratorio de agua de DIRYA

En el cuadro 4 se nota que el agua se encuentra, de acuerdo con la clasificación del Manual del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, citado por Sandoval (21), dentro de la clase por calidad C2S1. Lo cual indica que es agua con contenidos de salinidad medios (C2) y bajos en sodio (S1), por lo que puede emplearse para el riego con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable, pudiéndose producir plantas que sean moderadamente tolerantes a las sales.

6.2 Diseño experimental

En la presente investigación se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y en arreglo de parcelas divididas.

Se evaluaron 2 factores, distribuidos de la siguiente forma:

- A. Parcela grande: con regímenes de riego (en el cual se consideró la aplicación de la lámina de riego en diferente número y frecuencia de riegos, así como la etapa en que se realizaron con relación a la aplicación del madurante)
- B. Parcela pequeña: aplicación o no del madurante.

El modelo estadístico que se presenta a continuación se aplicó para el caso de las variables: producción de caña por hectárea, toneladas de azúcar por hectárea y porcentaje de entrenudos con corcho.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + \epsilon(a)_{ij} + B_k + AB_{jk} + \epsilon(b)_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	Variable de respuesta.
μ	=	Media general.
R_i	=	Efecto del i-ésimo bloque.
A_j	=	Efecto del j-ésimo régimen de riego.
$\epsilon(a)_{ij}$	=	Error experimental asociado a la parcela grande.
B_k	=	Efecto de la k-ésima aplicación de madurante.
AB_{jk}	=	Efecto de la interacción entre el j-ésimo régimen de riego y la k-ésima aplicación de madurante.
$\epsilon(b)_{ijk}$	=	Error experimental asociado a la parcela pequeña.

Para el caso de las variables: rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, crecimiento vegetativo del tallo y lalas por tallo, se trabajaron como medidas repetidas en el tiempo (debido a que se realizaron varias lecturas) y el modelo aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + \epsilon(a)_{ij} + B_k + AB_{jk} + \epsilon(b)_{ijk} + C_l + \epsilon(c)_{ijkl} + AC_{jl} + BC_{kl} + ABC_{jkl}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	Variable de respuesta.
μ	=	Media general.
R_i	=	Efecto del i-ésimo bloque.
A_j	=	Efecto de la j-ésima lectura
$\epsilon(a)_{ij}$	=	Error experimental asociado a la lectura efectuada.
B_k	=	Efecto del k-ésimo régimen de riego.
AB_{jk}	=	Efecto de la interacción entre la j-ésima lectura y el k-ésimo régimen de riego.
$\epsilon(b)_{ijk}$	=	Error experimental asociado al régimen de riego.
C_l	=	Efecto de la l-ésima aplicación del madurante.
$\epsilon(c)_{ijkl}$	=	Error experimental asociado a la aplicación del madurante.
AC_{jl}	=	Efecto de la interacción entre la j-ésima lectura y la l-ésima aplicación del madurante.
BC_{kl}	=	Efecto de la interacción entre el k-ésimo régimen de riego y la l-ésima aplicación del madurante.
ABC_{jkl}	=	Efecto de la triple interacción.

6.3 Tratamientos

En total se evaluaron 14 tratamientos, los cuales se describen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en el cultivo de la caña de azúcar en su etapa final de desarrollo

TRATAMIENTO	PARCELA GRANDE			PARCELA PEQUEÑA	CODIGO
	RIEGOS PREVIOS A LA APLICACION DEL MADURANTE	RIEGOS POSTERIORES A LA APLICACION DEL MADURANTE	FRECUENCIA DE RIEGO (EN DIAS)		
1	6	4	10	CON MADURANTE	6/4 CM
2	6	0	10	CON MADURANTE	6/0 CM
3	3	0	25	CON MADURANTE	3/0 CM
4	2	0	50	CON MADURANTE	2/0 CM
5	0	4	10	CON MADURANTE	0/4 CM
6	0	2	25	CON MADURANTE	0/2 CM
7	0	0	0	CON MADURANTE	0/0 CM
8	6	4	10	SIN MADURANTE	6/4 SM
9	6	0	10	SIN MADURANTE	6/0 SM
10	3	0	25	SIN MADURANTE	3/0 SM
11	2	0	50	SIN MADURANTE	2/0 SM
12	0	4	10	SIN MADURANTE	0/4 SM
13	0	2	25	SIN MADURANTE	0/2 SM
14	0	0	0	SIN MADURANTE	0/0 SM

El número de riegos aplicados fue determinado por las frecuencias, las cuales se escogieron con base a las experiencias de campo y recomendaciones brindadas por el departamento de riegos del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). Para el caso de las frecuencias cortas (10 días), fueron tomadas así, con la finalidad de mantener un comportamiento uniforme del agotamiento de la humedad aprovechable. Caso contrario en las frecuencias de 50 días y en el testigo (sin riego), donde se pretendió someter al cultivo a estrés hídrico. Y la frecuencia de 25 días es, a la que mejor respuesta a presentado la caña de azúcar.

6.4. Manejo del experimento

6.4.1. Dimensiones del ensayo

▪ Area aproximada del ensayo:	6,020 metros cuadrados (5.41 hectáreas)
▪ Area por unidad experimental:	90 metros cuadrados.
▪ Area de la parcela neta:	60 metros cuadrados.
▪ Total de unidades experimentales:	42
▪ Número de surcos por unidad experimental:	6
▪ Número de surcos por parcela neta:	4
▪ Largo de los surcos:	10.0 metros.
▪ Distancia entre surcos:	1.5 metros

6.4.2. Descripción del método y cantidad de agua utilizada

Se utilizó el método de riego por gravedad (por surcos).

6.4.2.A. Cálculo del volumen de agua aplicada en cada parcela

La lámina de riego aplicada en el primer riego se calculó basado en las constantes físicas de humedad, que determinan la capacidad de almacenamiento del suelo en una profundidad de 0.9 metros, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$LHD = \frac{\sum_{i=1}^n (CC - PMP)_i \times Da \times Ps_i}{100}$$

Donde:

LHD = Lámina de humedad disponible (cm)

CC = Contenido de humedad a capacidad de campo (%)

PMP = Contenido de humedad a punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr./cc)

Ps_i = Profundidad del estrato de suelo considerado.

La lámina fue constante en cada riego y equivalente a la lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA), considerando un umbral de riego o déficit permitido de manejo (DPM) del 60%.

La lámina de humedad rápidamente aprovechable se calculó de la siguiente manera:

$$LHRA = DPM \times LHD$$

Donde:

LHRA = Lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

DPM = Déficit permitido de manejo para la caña de azúcar (%).

LHD = Lámina de humedad disponible.

El volumen de agua aplicada en cada parcela:

$$Vp = \frac{LHRA \times Ap}{Ef.r.}$$

Donde:

Vp. = Volumen de agua a aplicar en cada parcela.

Ap. = Area por parcela.

Ef. r.= Eficiencia del riego (%)

6.4.2.B. Tiempo de riego

El tiempo de riego se calculó en función de la lámina de riego a aplicar y del caudal de entrada en el surco.

$$Tr = \frac{VP}{Q}$$

Donde:

Tr. = Tiempo de riego (en minutos)

Vp. = Volumen de agua a aplicar por parcela.

Q. = Caudal de entrada a la parcela.

Para el control del caudal de entrada, se aforó en la entrada de cada parcela. Se empleó el método de aforo con vertedor.

6.4.3 Monitoreo de la humedad del suelo

Para las determinaciones de los estados de humedad antes y después de cada riego, se extrajeron muestras del perfil del suelo en incrementos de 20 cm hasta una profundidad de 100 cm, en sitios localizados a 10 cm de la cepa de caña; se emplearon barrenos tipo broca.

6.4.4 Medición de la cantidad de agua consumida entre riegos

Estos consistieron en determinar los consumos de agua en cada una de las frecuencias durante el período entre muestreos de humedad, para lo cual se utilizó el método del balance hídrico. Este método considera que la lámina consumida en un período determinado es igual a la sumatoria de las láminas de riego aplicadas más la precipitación efectiva y la diferencia de humedad existente en el suelo, como resultado de la diferencia entre lámina antes del período y la lámina al final del mismo. Lo anterior se resume de la siguiente manera:

$$E_{ti} = PP + R + (S_i - S_f)$$

Donde:

- E_{ti} = Cantidad de agua consumida por evapotranspiración.
 PP = Precipitación efectiva (0.8 de la precipitación teórica)
 R = Lámina de riego aplicada
 $S_i - S_f$ = Diferencia de humedad entre dos períodos

6.4.5 Agotamiento de la humedad del suelo entre dos riegos

La determinación del contenido de humedad en el período comprendido entre riegos tuvo como objetivo medir el nivel de agotamiento de la humedad aprovechable en cada tratamiento, de acuerdo a la ecuación:

$$\%AG.H.Ap. = \frac{(CC - \%Ht)}{CC - PMP} \times 100$$

Donde:

- $\%AG.H.Ap.$ = Agotamiento de la humedad aprovechable del suelo entre dos riegos
 $\%Ht.$ = Porcentaje de humedad en un tiempo (antes de cada riego)

6.4.6 Actividades relacionadas con la aplicación del madurante

La aplicación del producto se realizó con un equipo especialmente diseñado para simular las aspersiones aéreas en caña de azúcar, Modelo 4F, que posee un aguilón que alcanza una altura de 3 metros y boquilla que proyecta un abanico de 9 metros de ancho. Viene equipado con un cilindro para 2.2 kg. de CO₂ y un tanque de 4 litros para la mezcla. La aplicación se efectuó en horas de la mañana, entre 6:00 y 8:00 AM. La dosis aplicada fue de 515 gramos de glifosato por hectárea.

6.5 Variables de respuesta analizadas

6.5.1 Toneladas de caña por hectárea

Para estimar esta variable, se cosecharon los 4 surcos centrales de cada unidad experimental y se pesaron, y en la fase de gabinete se efectuó la transformación a toneladas por hectárea.

6.5.2 Contenido de sacarosa y rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña

Se llevaron a cabo muestreos a las 0, 2, 4, 6, y 7 semanas después de la aplicación del madurante. El muestreo consistió en tomar 4 tallos al azar de la parcela neta (los 4 surcos centrales) de cada unidad experimental, los que se enviaron al laboratorio de CENGICAÑA, donde se determinó el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, así como el contenido de sacarosa (%) y los grados Brix. Conjuntamente con estas actividades, se realizaron muestreos de suelo en las parcelas grandes (de igual forma para monitorear humedad en el caso de riegos) para determinar el contenido de humedad.

6.5.3 Toneladas de azúcar por hectárea.

Las toneladas de azúcar por hectárea se determinaron mediante el producto entre el porcentaje de azúcar recuperable (%ARE, que se cuantificó según las libras de azúcar extraídas por tonelada de caña expresada en porcentaje) y las toneladas de caña por hectárea (TCH)

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

6.5.4 Crecimiento vegetativo del tallo

Para medir esta variable, al momento de la aplicación del madurante se marcó un metro a partir del último cuello visible hacia la base del tallo en 10 plantas por unidad experimental tomadas al azar. A partir de la 2,4,6 y 7 semanas se efectuaron lecturas, midiendo los incrementos manifestados en el crecimiento por las plantas marcadas sobre el metro inicial.

6.5.5 Lalas por tallo

Para estimar el efecto del madurante sobre esta variable, se marcaron 10 plantas al azar por unidad experimental, al momento de la aplicación del madurante, y a partir de las 2,4,6 y 7 semanas se efectuaron los conteos de lalas.

6.5.6 Porcentaje de entrenudos con corcho presente en los tallos

En este caso, se tomaron 4 tallos por unidad experimental al momento de la cosecha, se le contó a cada tallo el total de entrenudos y en los cercanos al cogollo se hicieron lecturas del contenido de corcho, basándose en una escala predefinida, para posteriormente calcular el porcentaje de entrenudos que presentarían corcho.

6.6 Análisis de la información

6.6.1 Análisis estadístico.

6.6.1.A. Análisis de varianza (ANDEVA)

Se realizó un ANDEVA al 5% de significancia, correspondiente a un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas a las variables: producción de caña por hectárea, toneladas de azúcar por hectárea y porcentaje de entrenudos con corcho; y en el caso de: rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, crecimiento vegetativo del tallo y lalas por tallo, se analizaron como medidas repetidas en el tiempo.



6.6.1.B. Análisis de correlación

Se realizó un análisis de correlación entre los contenidos de humedad del suelo (mm) y los de sacarosa (%) de la planta para poder establecer si existía interdependencia entre las mismas.

6.6.2 Análisis económico

El análisis económico consistió en la determinación de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) de la inversión efectuada en riego y madurante, determinada en base a la variable toneladas de azúcar por hectárea. Se empleó el análisis de presupuestos parciales.

CONSUMO DE AGUA (mm)	CANTIDAD TOTAL DE SUCROSA (mm)	PRODUCCIÓN DE SUCROSA (TON/HA)	NÚMERO DE RIEGOS	INVERSIÓN EN MADURANTE (COP/HA)	INVERSIÓN EN RIEGO (COP/HA)
1.26	20.18	10	10	1	1
2.10	20.88	10	8	2	2
2.10	22.24	20	7	3	3
2.24	22.42	30	6	4	4
2.49	22.42	40	5	5	5
2.49	22.42	50	4	6	6
2.49	22.42	60	3	7	7
2.49	22.42	70	2	8	8
2.49	22.42	80	1	9	9
2.49	22.42	90	0	10	10

De acuerdo con la información brindada en el cuadro B, el nivel del factor régimen de riego con mayor consumo promedio diario de agua fue el 04 (4 riegos después de la aplicación del glifosato) con frecuencia de 10 días, con 6.61 mm. Los demás niveles presentaron un comportamiento decreciente conforme la frecuencia se fue incrementando. Presentando el menor consumo promedio diario, el nivel 00 (sin riego), el cual consumió 1.11 mm de agua, que se registró en su mayoría proveniente del agua almacenada en el suelo.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Medición de la cantidad de agua consumida entre riegos.

En el cuadro 6 se presenta el consumo total y diario de agua en cada uno de los niveles del factor riego evaluados, para el área bajo estudio.

Cuadro 6. Láminas de agua consumidas por el cultivo en la etapa final de su desarrollo

RIEGOS PREVIOS A LA APLICACIÓN DEL MADURANTE	RIEGOS POSTERIORES A LA APLICACIÓN DEL MADURANTE	NUMERO DE RIEGOS	FRECUENCIA (DIAS)	LAMINA TOTAL CONSUMIDA (mm)	CONSUMO DIARIO (mm)
6	4	10	10	586.19	5.86
6	0	6	10	306.56	5.10
3	0	3	25	162.03	2.16
2	0	2	50	134.75	1.34
0	4	4	10	264.63	6.61
0	2	2	25	124.57	2.49
0	0	0	0	111.16	1.11

De acuerdo con la información brindada en el cuadro 6, el nivel del factor régimen de riego con mayor consumo promedio diario de agua fue el 0/4 (4 riegos después de la aplicación del glifosato, con frecuencia de 10 días), con 6.61 mm. Los demás niveles presentaron un comportamiento descendente conforme la frecuencia se iba incrementando. Presentando el menor consumo promedio diario, el nivel 0/0 (sin riego), el cual consumió 1.11 mm de agua, que seguramente en su mayoría provino del agua almacenada en el suelo.

7.2 Toneladas de caña por hectárea

Transcurridas siete semanas después de la aplicación del glifosato, se procedió a cosechar el ensayo. El análisis de varianza practicado a la variable toneladas de caña por hectárea se presenta en el cuadro 11A; en éste se observa que no se encuentran diferencias significativas, tanto en forma individual, como entre las distintas combinaciones de regímenes de riego y aplicación de madurante, al obtenerse un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ($Pr>F = 0.402$).

Con lo anteriormente discutido, se puede afirmar que la aplicación de la lámina de riego en diferentes frecuencias y número de riegos, antes y/o después del suministro del madurante, no afecta la producción de caña, tanto en plantas tratadas con madurante como en las que no se aplicó este producto.

Sin embargo, al analizar en la figura 2 la tendencia de las producciones de caña obtenidas, se puede observar que las mejores fueron las conseguidas con la aplicación de riego efectuadas únicamente antes del madurante, lo cual se explica por el hecho de contar con la mayor disponibilidad de humedad en la etapa anterior a la aplicación del madurante, lo cual permitió a la plantación de caña continuar con su proceso de crecimiento hasta muy próxima su fecha de corte, lo que determinó la mayor producción de caña por hectárea. Además, en los tratamientos en los que se aplicó madurante se nota un comportamiento más estable de la producción.

Es de resaltar que el tratamiento 3/0 SM (3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días, sin aplicación de madurante) fue el que presentó la mayor producción, con 140.66 tm/ha; a la par que las producciones más bajas, se produjeron en los tratamientos que se regaron únicamente después de la aplicación del madurante (2 y 4 riegos, con frecuencia de 25 y 10 días respectivamente).

Es importante señalar que en ningún tratamiento se presentaron síntomas de marchitez, incluso en el tratamiento 0/0 (sin riego); esto es debido a que la caña de azúcar absorbe a través de los pelos radiculares grandes cantidades de agua, y además tiene alta capacidad para absorber mayor cantidad de agua por las hojas, cuando existe elevada humedad relativa.

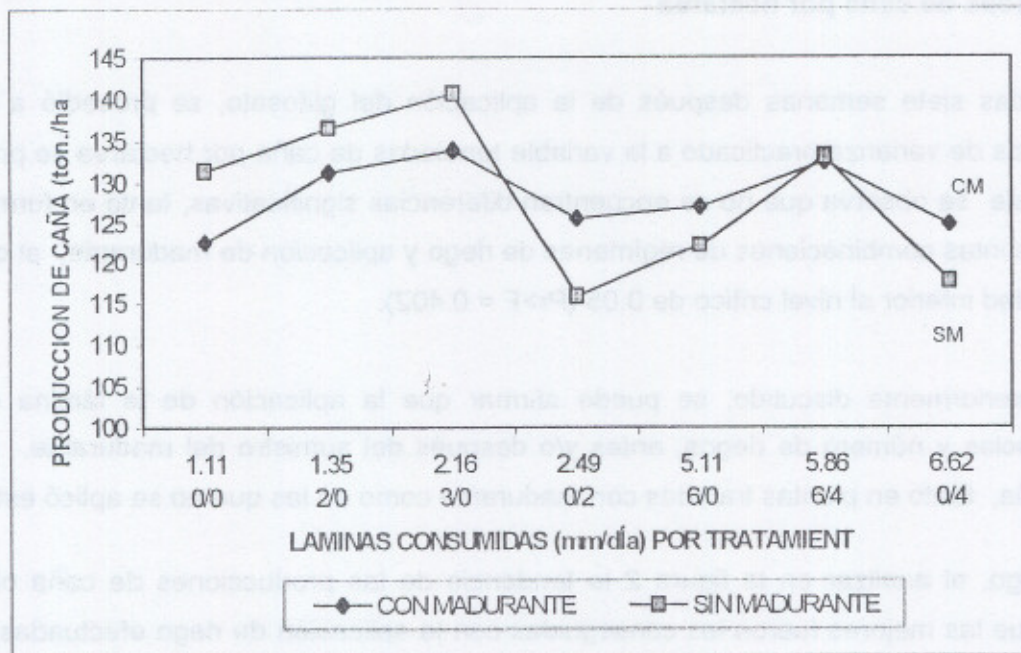


Figura 2. Comportamiento de la producción de caña con relación con las láminas promedio diarias consumidas y la aplicación de glifosato como madurante

- 0/0 = Sin aplicación de riego
- 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
- 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
- 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
- 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
- 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

7.3. Kilogramos de azúcar por tonelada de caña

El efecto directo del madurante está en la acumulación de sacarosa, por lo que la variable más importante es el incremento en el rendimiento de azúcar. Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 13A) se encontraron diferencias significativas en la interacción lectura por aplicación del madurante, así como entre los niveles del factor regímenes de riego, al reportarse valores de probabilidad inferiores al nivel crítico de 0.05 ($Pr > F = 0.0401$ y 0.0104 , respectivamente)

Al efectuar la prueba múltiple de medias de Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante (Cuadro 14A), se encontró que los mayores incrementos en el rendimiento se registraron cuando se aplicó glifosato como madurante.

Resaltando que a partir de la segunda semana después de la aplicación del madurante, empezó a manifestarse diferencia significativa (ya que es a partir de esa fecha cuando inicia el efecto del madurante); llegando a alcanzar el máximo valor (108.7 kg. azúcar/tm) en la sexta semana después de la aplicación del madurante y posteriormente ocurre un descenso, esto debido a que la caña en esa edad desdobra el azúcar producido y almacenado a glucosa y fructuosa, y en su lugar queda fibra corchosa.

A pesar de que el máximo valor de rendimiento de azúcar se registro en la sexta semana después de la aplicación del madurante, la mayor diferencia entre plantas tratadas y no tratadas se presentó en la cuarta semana después de la aplicación del madurante, lo cual se ilustra en la figura 3.

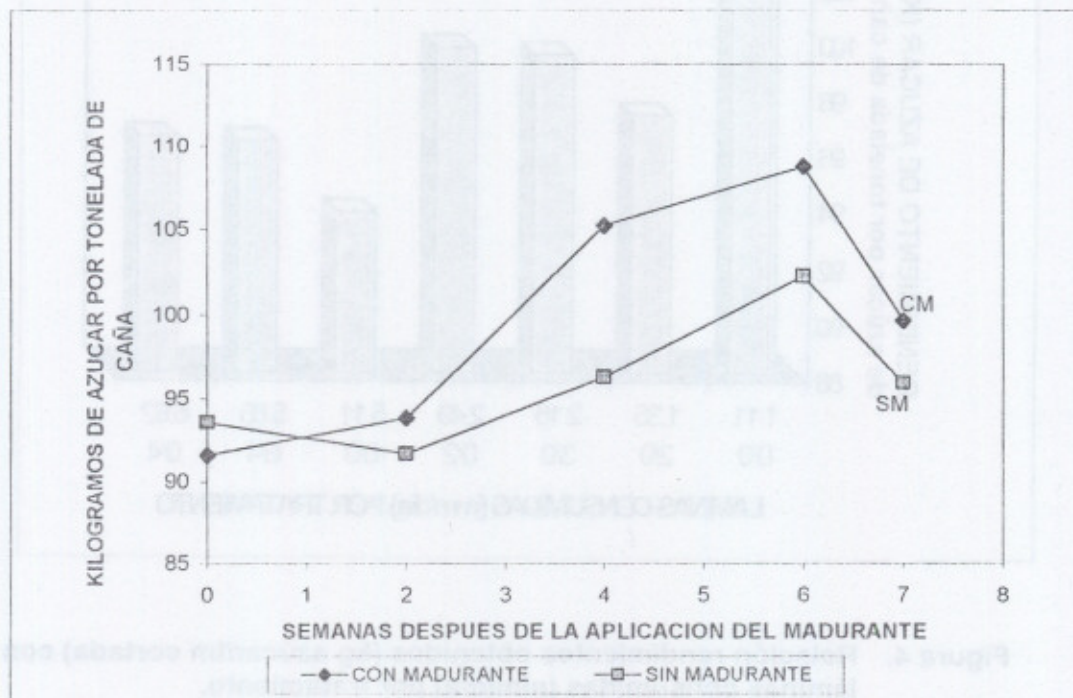


Figura 3. Comportamiento del rendimiento de azúcar por tonelada de caña cortada conforme cada muestreo efectuado

En lo referente a los niveles del factor regímenes de riego, al realizar la prueba múltiple de medias de Duncan (Cuadro 15A), se observó que los tratamientos que tuvieron el menor número de riegos así como el testigo absoluto (sin riego) produjeron los rendimientos más altos, aventajando a los tratamientos que tuvieron el mayor número de riegos (6/4 y 6/0), esto debido a que al existir humedad suficiente en el suelo, se vio afectada la calidad de los jugos, al desdoblarse la sacarosa en fructuosa y glucosa (azúcares no aprovechables en la industria azucarera), para mantener a la planta fisiológicamente activa.

El nivel de riego 0/0 (sin riego) fue el que obtuvo el rendimiento más alto de kilogramos de azúcar por tonelada de caña (102.64), lo que se justifica, ya que se promovió una mayor sequía relativa en el suelo, produciéndose un cese paulatino del crecimiento de la planta y la pérdida de humedad en los tallos, forzando una mayor concentración de sacarosa, esto confirma que el estrés hídrico es necesario en la caña de azúcar en su último período de desarrollo para alcanzar la madurez fisiológica, especialmente cuando no se desee aplicar madurante. (ver figura 4)

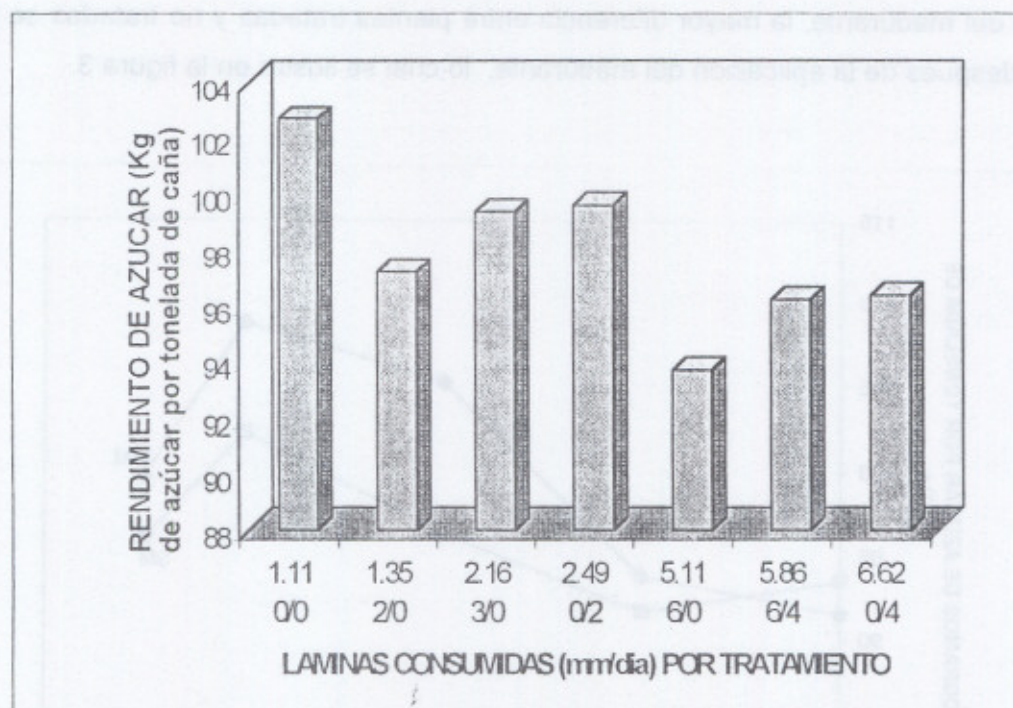


Figura 4. Relación rendimientos obtenidos (kg azúcar/tm cortada) con láminas consumidas (mm/día) por tratamiento.

- 0/0 = Sin aplicación de riego
- 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
- 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
- 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
- 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
- 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

La figura 5 muestra el comportamiento del rendimiento promedio (kg. azúcar/tm cortada) en relación con lámina consumida y la aplicación del glifosato como madurante. Se nota que, a excepción del tratamiento 0/2 (2 riegos con frecuencia de 25 días, posterior a la aplicación del madurante) en el resto de tratamientos, los rendimientos de azúcar en donde se aplicó madurante fue superior con relación a los que no lo recibieron.

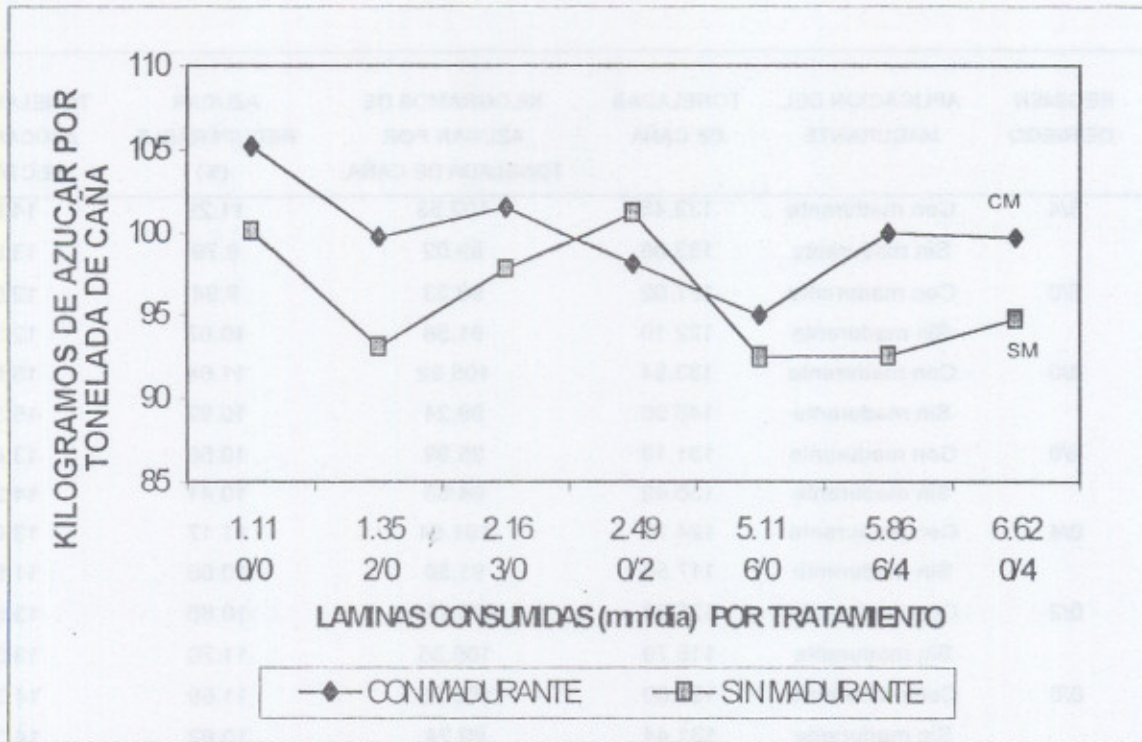


Figura 5. Rendimiento de azúcar (kg azúcar/tm cortada) en relación con las láminas consumidas (mm/día) y la aplicación de glifosato como madurante

- 0/0 = Sin aplicación de riego
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

7.4. Toneladas de azúcar por hectárea

Las toneladas de azúcar por hectárea (TAH) se estimaron por el producto entre las toneladas de caña por hectárea (TCH) y el porcentaje de azúcar recuperable (ARE %). En el cuadro 7 se presenta un resumen de los valores promedio de producción (toneladas de caña/ha), rendimiento (kg. azúcar/ton.), toneladas de azúcar/ha y ARE(%) en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 7. Producción, Rendimiento y ARE obtenidos en cada tratamiento

REGIMEN DE RIEGO	APLICACION DEL MADURANTE	TONELADAS DE CAÑA	KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA.	AZUCAR RECUPERABLE (%)	TONELADAS DE AZÚCAR POR HECTÁREA
6/4	Con madurante	132.45	102.53	11.28	14.94
	Sin madurante	133.08	89.02	9.79	13.03
6/0	Con madurante	127.02	90.33	9.94	12.62
	Sin madurante	122.10	91.58	10.07	12.30
3/0	Con madurante	133.84	105.82	11.64	15.58
	Sin madurante	140.66	99.24	10.92	15.35
2/0	Con madurante	131.19	95.99	10.56	13.85
	Sin madurante	136.49	94.63	10.41	14.21
0/4	Con madurante	124.75	101.54	11.17	13.93
	Sin madurante	117.55	91.50	10.06	11.83
0/2	Con madurante	125.63	98.15	10.80	13.56
	Sin madurante	115.79	106.35	11.70	13.55
0/0	Con madurante	122.60	106.25	11.69	14.33
	Sin madurante	131.44	99.24	10.92	14.35

0/0 = Sin aplicación de riego.

2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.

3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

De acuerdo con el análisis de varianza para esta variable (Cuadro 17A) no existen diferencias significativas entre las diferentes combinaciones de regímenes de riego y aplicación de madurante, en cuanto a las toneladas de azúcar producidas por hectárea ($Pr > F = 0.6589$). Sin embargo se notó una tendencia a mayor producción de azúcar con el tratamiento 3/0 CM (3 riegos previos a la aplicación del madurante, con frecuencia de 25 días y con madurante). El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en esta variable, se debe a que los tratamientos que obtuvieron baja producción de caña por hectárea (aquellos con menor número de riegos) fueron compensados con un valor de azúcar recuperable relativamente alto.

En la figura 6 se presenta una relación de iscronoproduktividad entre las variables toneladas de caña $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ (TCHM), azúcar recuperable (ARE %) y las toneladas de azúcar $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ (TAHM). En esta se aprecia claramente que los tratamientos que incluyeron 3 riegos previos a la aplicación del madurante (con frecuencia de 25 días) tanto con madurante como en ausencia de él, así como el tratamiento 6/4 CM (10 riegos en total y frecuencia de 10 días, con aplicación de madurante) son los que presentan la productividad más alta (con valores superiores de ARE y TAHM en relación con el resto de tratamientos evaluados).

Mientras que el tratamiento 0/4 SM (aplicación de 4 riegos posterior a la aplicación del madurante y con frecuencia de 10 días, sin aplicación de madurante) es el que presenta la productividad más baja.

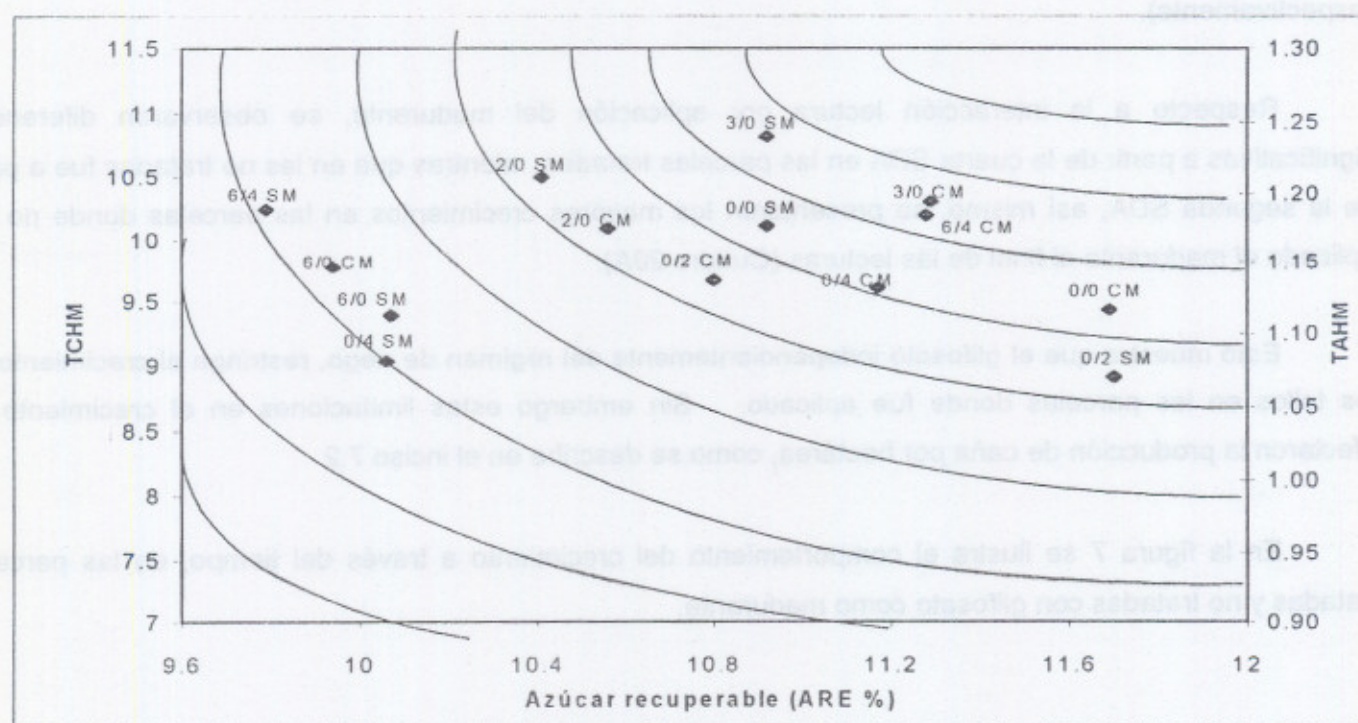


Figura 6. Curvas de iscronoproduktividad de los diferentes tratamientos evaluados. Finca "El Bálsamo", Ingenio Pantaleón, 1998.

Referencias:

- ARE = Azúcar recuperable estimado, expresado en porcentaje. 1% es igual a 20 libras de azúcar por tonelada de caña.
- TCHM = Toneladas de caña por hectárea mes.
- TAHM = Toneladas de azúcar por hectárea mes.

7.5 Crecimiento vegetativo del tallo

El crecimiento manifestado por la planta de caña luego de la aplicación del glifosato es un factor que nos indica si hubo acción o no del producto utilizado, dado que existe una asociación inversa entre el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña y la velocidad de alargamiento del tallo, se espera que por la acción del madurante los tallos crezcan lentamente y presenten un contenido más alto de sacarosa.

En el análisis de varianza efectuado (Cuadro 19A) se encontró que, en síntesis existen diferencias significativas en las interacciones: lectura por aplicación de madurante y regímenes de riego por aplicación de madurante, al encontrarse valores de probabilidad superiores al valor crítico ($Pr > F = 0.0001$ y 0.0003 , respectivamente).

Respecto a la interacción lectura por aplicación del madurante, se observaron diferencias significativas a partir de la cuarta SDA en las parcelas tratadas, mientras que en las no tratadas fue a partir de la segunda SDA, así mismo, se presentaron los mayores crecimientos en las parcelas donde no fue aplicado el madurante al final de las lecturas (Cuadro 20A).

Esto muestra que el glifosato independientemente del régimen de riego, restringe el crecimiento de los tallos en las parcelas donde fue aplicado. Sin embargo estas limitaciones en el crecimiento no afectaron la producción de caña por hectárea, como se describe en el inciso 7.2

En la figura 7 se ilustra el comportamiento del crecimiento a través del tiempo, en las parcelas tratadas y no tratadas con glifosato como madurante.

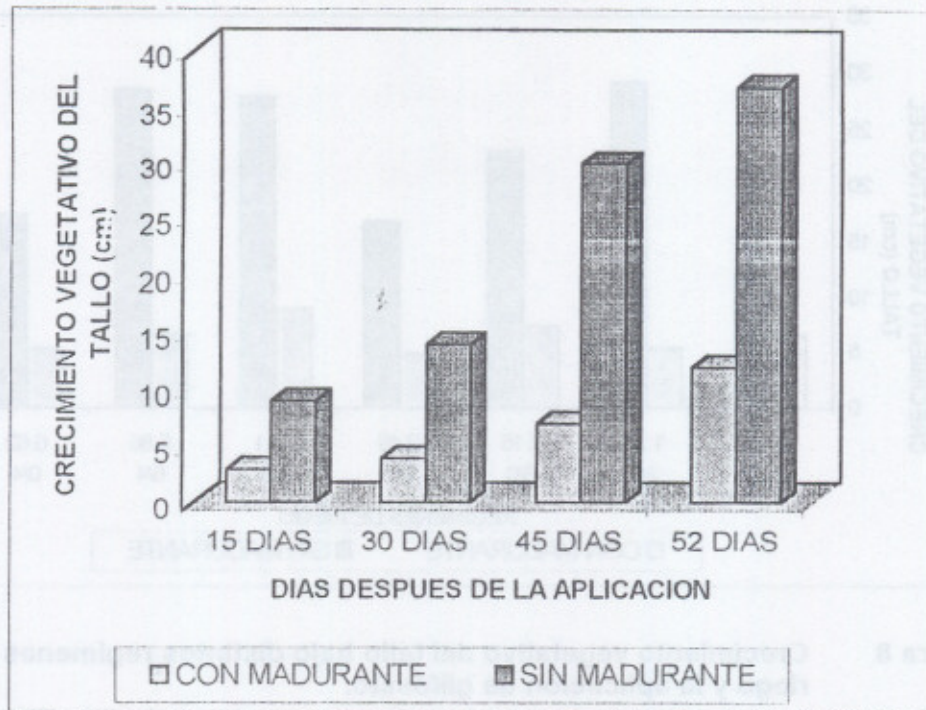


Figura 7 Crecimiento vegetativo del tallo en las parcelas tratadas y las no tratadas con glifosato como madurante.

En lo que corresponde a la interacción régimen de riego por aplicación de madurante, al realizar la prueba múltiple de medias de Duncan (Cuadro 21A), se encontró que en las parcelas tratadas con glifosato no se presentaron diferencias significativas en cuanto al crecimiento vegetativo del tallo, indistintamente del régimen de riego, y en forma general fueron las que mostraron los menores valores de altura, por lo que se corrobora el efecto inhibitor de crecimiento del glifosato.

Las parcelas en las que no se aplicó glifosato, mantuvieron su crecimiento normal al disponer de una adecuada humedad del suelo, pero las que se regaron después de la aplicación de madurante (niveles 0/4 y 0/2) junto al testigo (nivel 0/0) fueron las que presentaron un crecimiento más reducido, dentro de este grupo, debido a que estaban sometidos a estrés hídrico.

En la figura 8 se ilustran los anteriores resultados.

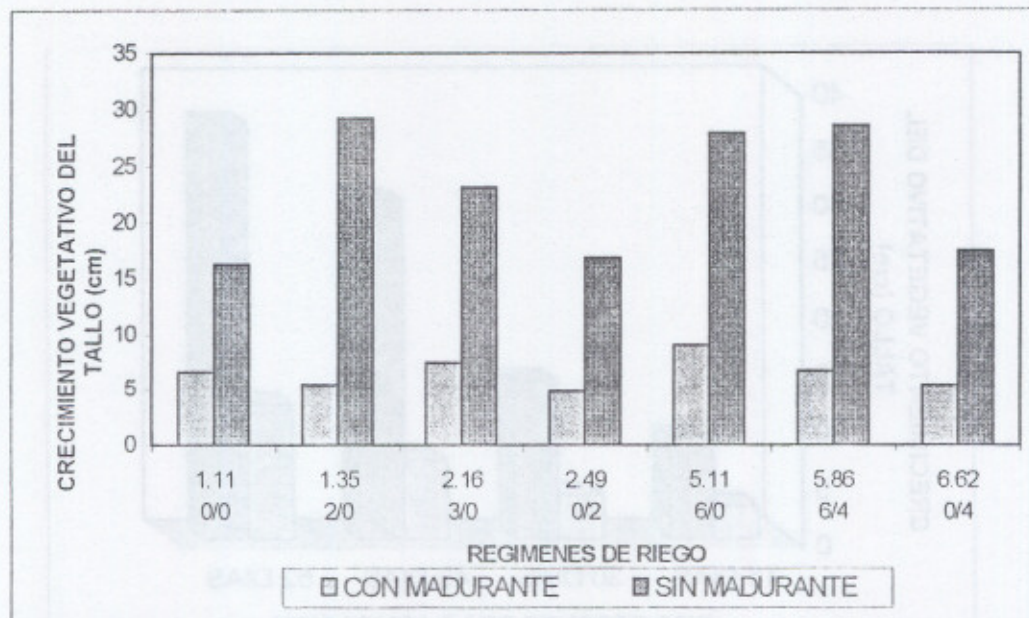


Figura 8 Crecimiento vegetativo del tallo bajo distintos regimenes de riego y la aplicación de glifosato.

- 0/0 = Sin aplicación de riego.
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

7.6 Número promedio de lalas por tallo

De acuerdo con el análisis de varianza efectuado (Cuadro 23A), se observa que existen diferencias significativas entre los niveles del factor aplicación de madurante y la semana en que se efectuó la lectura ($Pr > F = 0.0001$), para la variable número promedio de lalas por tallo, por lo que se realizó una prueba múltiple de medias Duncan (Cuadro 24A).

De acuerdo con la prueba de Duncan, se aprecia que a partir de la segunda semana después de la aplicación del madurante, empezaron a notarse las primeras diferencias entre las parcelas tratadas y no tratadas con el madurante, esto al igual que en la variable crecimiento vegetativo del tallo, es debido a que a partir de los 15 días después de la aplicación, el madurante inicia su efecto. Además, en la sexta y séptima semana después de la aplicación del madurante en las parcelas tratadas con este producto, fue cuando se alcanzaron los mayores promedios de lalas por tallo. En la figura 9 se puede observar de mejor manera el comportamiento de esta variable a nivel de madurante y a través de tiempo.

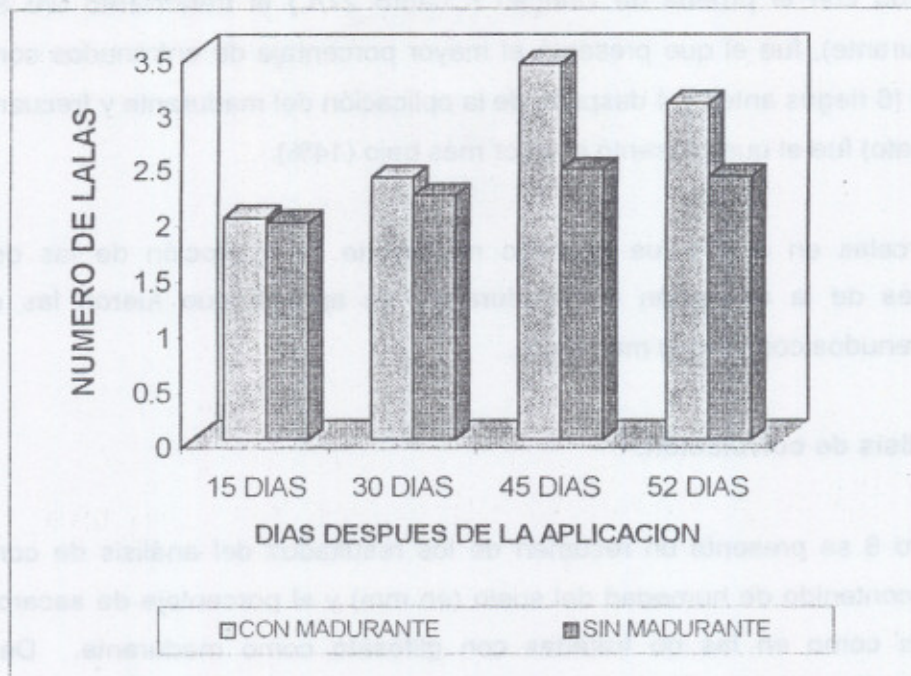


Figura 9 Comportamiento del número promedio de lalas por tallo en las parcelas tratadas con glifosato como madurante a través del tiempo.

Es importante analizar la cantidad promedio de lalas por tallo como un efecto más del glifosato, debido a que es una característica negativa, ya que las mismas poseen un bajo contenido de sacarosa en el jugo, y por la cantidad en que se presenten, podrían en determinado momento reducir el rendimiento de una plantación. Debido a que el corte de la caña en el experimento se efectuó en la séptima semana después de la aplicación del madurante, y las lalas no habían crecido lo suficiente, se puede afirmar que no afectaron en forma general el rendimiento (kilogramos de azúcar por tonelada de caña).

7.7 Porcentaje de entrenudos con corcho.

Al efectuar la lectura de corcho, se notó que en todas las parcelas llegó a formarse este tipo de material al final del ensayo. Luego de comprobar el supuesto de normalidad al obtener, a través de la prueba de Shapiro-Wilk un valor de $Pr < W = 0.3918$, se realizó el análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 26A. En éste, se observa que existen diferencias significativas ($Pr > F = 0.0476$) para la interacción régimen de riego por aplicación de madurante.

Y de acuerdo con la prueba de Duncan (Cuadro 27A.) el tratamiento 0/0 SM (sin riego y sin aplicación de madurante), fue el que presentó el mayor porcentaje de entrenudos con corcho (32%) y el tratamiento 6/4 CM (6 riegos antes y 4 después de la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días, con aplicación de glifosato) fue el que presentó el valor más bajo (14%).

En las parcelas en donde fue aplicado madurante (a excepción de las que recibieron riego únicamente después de la aplicación del madurante) se aprecia que fueron las que obtuvieron los porcentajes de entrenudos con corcho más bajos.

7.8 Análisis de correlación.

En el cuadro 8 se presenta un resumen de los resultados del análisis de correlación practicado entre las variables contenido de humedad del suelo (en mm) y el porcentaje de sacarosa en planta, tanto en plantas tratadas como en las no tratadas con glifosato como madurante. De acuerdo con esa información, se puede concluir que en ninguna de las lecturas se encontró asociación entre las dos variables en estudio, dado por los coeficientes de correlación muy bajos.

El no haber encontrado asociación es debido quizás, a que los suelos poseen una alta capacidad de retención de humedad, logrando mantener un contenido de humedad adecuado por un largo período de tiempo, y en la etapa final del experimento se iniciaron las lluvias.

Cuadro 8 Resumen de los análisis de correlación practicados entre las variables milímetros de humedad en el suelo y porcentaje de sacarosa en planta, en cinco diferentes lecturas.

	0 días		14 Días		28 Días		42 días		49 Días	
	r	Pr>/H/	r	Pr>/H/	r	Pr>/H/	r	Pr>/H/	r	Pr>/H/
CM	-0.351	0.1191	0.226	0.3242	-0.155	0.500	-0.325	0.1504	-0.250	0.2726
SM	-0.354	0.1155	0.224	0.3281	0.0977	0.673	-0.370	0.0979	0.1070	0.6442

Referencias:

- CM = Con aplicación de madurante.
 SM = Sin aplicación de madurante.
 r = Coeficiente de correlación.
 Pr > /R/ = Probabilidad de encontrar un valor de r mayor al observado.

7.9 Agotamiento de la humedad aprovechable

En las figuras 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A y 16A se aprecian las fluctuaciones del contenido de humedad aprovechable durante la etapa en que aplicaron los riegos en el estrato 0 a 90 cms.

El régimen de riego 6/4 (6 riegos antes y 4 después de la aplicación del madurante, con frecuencia de 10 días), presenta un comportamiento uniforme de los agotamientos (figura 10A), siendo 72.75% el valor máximo y 29.96% el valor mínimo de agotamiento.

La figura 11A muestra para el régimen 6/0 (6 riegos previos a la aplicación del madurante, y frecuencia de 10 días) los valores de humedad aprovechable, registrándose los máximos agotamientos con valor de 57.21%, en tanto que el menor valor fue de 25.28%.

En la figura 12A se aprecia que el valor máximo de agotamiento en la humedad aprovechable para el régimen 3/0 (3 riegos previos a la aplicación del madurante, y frecuencia de 25 días) es de 74.91%, mientras que el menor agotamiento es de 37.17%. Es de notar que en éste y en los anteriores regímenes de riego, no se llegó al punto de marchitez permanente.

En el caso del régimen 2/0 (2 riegos previos a la aplicación del madurante, y frecuencia de 50 días), el máximo agotamiento de la humedad que se registró fue de 99.16%, valor registrado al momento de la aplicación del madurante (figura 13A)

El régimen 0/2 (2 riegos posteriores a la aplicación del madurante, y frecuencia de 25 días) presentó el menor agotamiento de la humedad en el último riego, con un valor de 61.42%, esto es razonable si se considera que las lluvias se estaban iniciando (figura 14A).

En la figura 15A se muestra el comportamiento del agotamiento en el estrato 0 a 90 cms., para el régimen 0/4 (4 riegos posteriores a la aplicación del madurante, y frecuencia de 10 días), en ésta se nota que el menor valor de agotamiento registrado fue de 23.5%, mientras que el mayor fue de 105.52%.

La figura 16A, presenta el agotamiento de la humedad disponible en el régimen 0/0 (sin aplicación de riego). En la misma se puede notar que el comportamiento del agotamiento es en forma descendente hasta la lectura 3 (30 días después de iniciado el ensayo) llegando a valores de punto de marchitez permanente, siendo 120% el valor extremo, y correspondió a enero, en el cual la precipitación pluvial fue escasa (14 mm en total).

Luego se observa un ligero ascenso, pero siempre manteniéndose en valores de punto de marchitez permanente, esto debido principalmente al grado de estrés a que fue sometida la caña en este período; hasta llegar a 92% en el mes de abril, cuando las lluvias iniciaban.

7.10 Análisis económico.

De acuerdo con el análisis económico realizado con la tasa marginal de retorno (TMR), determinada con base a la variable toneladas de azúcar por hectárea, en el cuadro 9 se encuentra que para las combinaciones (resultado de la aplicación de madurante y los regímenes de riego) seleccionadas a partir del análisis de dominancia (Cuadro 30A.), la mayor tasa de retorno marginal la proporciona el tratamiento 3/0 SM (3 riegos previos a la aplicación del madurante, con frecuencia de 25 días y sin glifosato), con un valor de 288%, lo cual representa una proporción de 2.88/1. Significa que por cada quetzal invertido, se está recuperando Q 1.00 y además se obtienen Q 2.88.

Cuadro 9. Determinación de las tasas marginales de retorno

TRATAMIENTOS		Costos que varían	Beneficios Netos	Diferencia en los costos que varían.	Diferencia en Los beneficios Netos.	Tasa marginal de retorno (TMR)	TMR (%)
0/0	SM	0.00	27781.60				
				498.96	1437.04	2.88	288
3/0	SM	498.96	29218.64				
				153.80	291.48	1.88	188
3/0	CM	652.76	29510.12				

Referencias:

- 0/0 = Sin aplicación de riego
- 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
- CM = Con aplicación de madurante.
- SM = Sin aplicación de madurante

8. CONCLUSIONES

- 8.1. La producción de caña y de azúcar en toneladas métricas por hectárea, no se ven afectadas por la aplicación de glifosato como madurante, ni por la aplicación de la lámina de riego en distintas frecuencias, número de riegos, antes y/o después de la aplicación del madurante.

La lámina de riego aplicada en diferente etapa, número y frecuencias de riego, no afectan la acción del glifosato sobre el rendimiento de azúcar, el crecimiento vegetativo del tallo y la producción de hijuelos aéreos (lals) por tallo .

- 8.2. No se encontró asociación entre los contenidos de humedad en el suelo (expresado en milímetros) y los porcentajes de sacarosa en planta en ninguna de las lecturas efectuadas, tanto en plantas tratadas como en las no tratadas con glifosato como madurante.
- 8.3. El régimen de riego 3/0 (3 riegos previos a la aplicación del madurante) con frecuencia de 25 días con o sin la aplicación del glifosato, así como el el régimen 6/4 (6 riegos antes y 4 después de la aplicación del madurante) con frecuencia de 10 día y con la aplicación de glifosato, son las combinaciones que presentan la productividad más alta (valores superiores de Azúcar Recuperable y toneladas de azúcar $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$)
- 8.4. De acuerdo con el análisis económico, el régimen de riego 3/0 (3 riegos previos a la aplicación del madurante) con frecuencia de 25 días y sin la aplicación de glifosato produce la mayor tasa marginal de retorno (288%)

CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Efectuar este tipo de evaluaciones a nivel experimental en otras variedades comercialmente importantes y en otras áreas de la región cañera.
- 9.2 Evaluar la aplicación del glifosato como madurante, en la variedad CP-722086, empleando otras láminas de riego, distribuidas en diferentes frecuencias y número de riegos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ALCALA CASTELLANOS, H. 1987. El control del sazonado y maduración de la caña de azúcar en México. *In* Congreso de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar p. 497-508.
2. ARCILA ARIAS, J. 1986. Maduración química de la caña de azúcar. *In* El cultivo de la caña de azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. p. 323-348.
3. ASOCIACION DE AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1996. Información general sobre el sector azucarero guatemalteco. 10 p. Sin publicar.
4. BUENAVENTURA, C. 1986. Control de la maduración de la caña de azúcar. *In* El cultivo de la caña de azúcar (1986, Cali, Colombia). Memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. p. 299 - 308.
5. -----.; TORRES, J.; YANG, S.J. 1985. Evaluación de la aplicación de glifosato como madurante de la caña de azúcar en el valle del Cauca, Colombia. Cali, Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 34 p.
6. CAMPOLLO FIGUEROA, P.S. 1992. Evaluación de cuatro dosis de glifosato aplicado como madurante, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) de tres variedades. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88 p.
7. CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar
8. -----, 1995. Evaluación tecnológica del cultivo de la caña de azúcar. Informe Anual. Ed. Melgar, M. y Meneses, A. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 51 p.
9. CHAVES SOLERA, M.A. s.f. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 40 p.
10. EMPRESA PANTALEON. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION (Gua.). s.f. Descripción de variedades. Escuintla, Guatemala. 40 p.

11. FLORES, S. 1976. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
12. GOMEZ HERNANDEZ, J.L. 1997. Efecto de tres láminas de riego sobre el establecimiento-macollamiento y producción de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.), bajo las condiciones de suelo arcilloso en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p.
13. GUZMAN SILVA, V.H. 1997. Efecto de tres frecuencias de riego aplicados durante la etapa de macollamiento de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.), bajo las condiciones de La Gomera, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.
14. LEONARDO HERNANDEZ, A.R. 1995. Evaluación de cuatro productos químicos como maduradores en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en el Ingenio Tzulá, Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 49 p.
15. LONDOÑO MAYA. s.f. Evaluación del efecto del madurante glifosato sobre la producción de caña de azúcar en el Ingenio Central Castilla. Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 19 p.
16. MARTINEZ GALICIA, E.E. 1983. Evaluación del efecto causado por cuatro dosis de Glifosato utilizado como madurante, entre variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 p.
17. ORDOÑEZ CADENAS, G. 1995. Efecto de la edad del cultivo y duración del periodo post-aplicación sobre la eficiencia de Glifosato como madurante en la variedad de caña (Saccharum officinarum L.) CP-722086, Tiquisate, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
18. PEREZ, H.; TERAN, G. 1980. Efecto del régimen de riego sobre el comportamiento de variedades de caña de azúcar en el sistema de riego río Guanare. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 46 p.
19. SAGASTUME GARZA, M.B. 1986. Efecto de siete frecuencias de riego en el rendimiento y evapotranspiración en cebolla (Allium cepa L.) para la zona de Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68 p.
20. SALAZAR BARRIOS, H. 1991. Evaluación de la aplicación de glifosato como madurante en caña de azúcar en tres localidades del Ingenio Santa Ana, Guatemala. Guatemala, Asociación de Técnicos Azucareros. p. 12-14.

21. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
22. URRUTIA, V.M. 1983. Descripción, modo de acción y fitotoxicidad del Roundup. *In* Seminario técnico internacional sobre el uso del herbicida Roundup a bajo volumen en café (1983, San José, Costa Rica). Memorias. San José, Costa Rica, MONSANTO. p. 1-40.
23. URZUA TIXTA, C.A. 1994. Diagnóstico de las plagas de suelo de la finca "El Bálsamo", Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Diagnóstico Ejercicio Profesional Supervisado. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 32 p.
24. YANG, S.J.; TORRES, J. 1987. Efecto del estrés por humedad del suelo en el desarrollo y producción de la caña de azúcar variedad PR 61632. *In* Congreso de la Sociedad de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Tomo 2, p. 393-411.
25. -----.; GRILLO, M.; TORRES, J. 1980. Metodología de investigación en ensayos de riego y agostamiento. Colombia, Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 10 p.



Va. Bo. Rolando Barrios.

11. APENDICE

Cuadro 10A. Datos de producción en toneladas de caña por hectárea por tratamiento

PARCELA	PARCELA	REPETICIONES		
		GRANDE	PEQUEÑA	I
6/0	Con madurante	119.32	131.44	130.31
	Sin madurante	108.71	116.67	140.91
3/0	Con madurante	134.09	137.12	130.31
	Sin madurante	131.06	144.7	146.22
6/4	Con madurante	123.87	118.94	154.55
	Sin madurante	143.18	119.7	136.37
0/2	Con madurante	115.91	122.35	138.64
	Sin madurante	112.88	114.02	120.46
0/0	Con madurante	131.44	102.27	134.09
	Sin madurante	130.31	122.73	141.29
0/4	Con madurante	117.43	125.76	131.06
	Sin madurante	109.09	113.64	129.93
2/0	Con madurante	118.56	128.79	146.22
	Sin madurante	107.96	142.43	159.09

Referencias:

- 0/0 = Sin aplicación de riego.
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la producción de caña por hectárea

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Regímenes de riego	6	1530.10	255.02	1.78	0.1865
Repeticiones	2	2296.05	1148.02		
Error (a)	12	1721.24	143.44		
Madurante	1	0.03	0.03	0.0004	0.984
Régimen de riego por madurante	6	489.36	81.56	1.11	0.402
Error (b)	14	1025.31	73.29		
Total	41	7062.08			

CV = 6.67%

Cuadro 12A. Datos de rendimiento expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada

PARCELA GRANDE	PARCELA PEQUEÑA	REP.	LECTURAS				
			0	14 DIAS	28 DIAS	42 DIAS	49 DIAS
6/0	CM	1	87.96	94.81	98.10	115.61	90.56
	SM	1	97.00	81.30	83.02	85.12	80.88
3/0	CM	1	98.23	104.51	104.37	109.76	109.08
	SM	1	97.82	107.78	105.54	103.88	106.21
6/4	CM	1	91.23	95.18	98.10	103.12	102.64
	SM	1	84.50	94.46	79.10	75.14	83.21
0/2	CM	1	98.76	89.46	108.21	111.94	90.62
	SM	1	92.20	98.62	109.43	108.52	112.74
0/0	CM	1	95.93	95.34	106.31	120.64	106.57
	SM	1	100.80	96.02	94.47	110.69	93.31
0/4	CM	1	87.73	88.61	92.74	109.00	96.60
	SM	1	97.45	101.44	105.75	95.98	63.52
2/0	CM	1	94.66	99.75	92.62	111.64	91.96
	SM	1	91.30	87.61	97.27	223.44	90.12
6/0	CM	2	94.64	99.49	111.15	104.17	87.25
	SM	2	90.52	90.72	87.17	110.53	95.20
3/0	CM	2	91.72	90.86	93.56	108.73	84.32
	SM	2	82.51	93.92	95.17	106.57	97.37
6/4	CM	2	85.67	94.56	112.80	110.92	100.41
	SM	2	94.50	91.65	94.24	107.63	88.90
0/2	CM	2	92.12	92.05	103.61	99.79	108.00
	SM	2	90.75	89.68	101.57	100.21	105.58
0/0	CM	2	101.24	102.25	110.91	105.75	106.85
	SM	2	100.29	98.15	104.01	107.74	105.08
0/4	CM	2	101.24	90.26	113.01	107.17	111.70
	SM	2	91.67	98.86	77.72	98.66	106.46
2/0	CM	2	84.15	109.30	105.96	107.68	90.90
	SM	2	93.61	82.68	93.31	93.93	92.51
6/0	CM	3	64.05	72.09	104.75	106.51	93.28
	SM	3	83.80	80.85	103.22	118.39	98.65
3/0	CM	3	91.20	88.14	111.79	114.90	114.51
	SM	3	94.32	87.38	89.45	103.14	94.13
6/4	CM	3	79.19	103.43	105.07	102.20	104.54
	SM	3	99.94	103.90	86.64	108.87	94.96
0/2	CM	3	77.22	87.06	105.14	110.30	95.82
	SM	3	88.59	109.83	106.17	103.24	100.72
0/0	CM	3	105.03	90.45	110.07	115.04	105.33
	SM	3	101.34	93.48	103.92	92.77	99.31
0/4	CM	3	99.51	96.47	102.28	102.97	96.31
	SM	3	90.87	73.28	109.48	104.87	104.49
2/0	CM	3	102.06	86.44	108.85	104.60	105.12
	SM	3	101.72	63.24	96.10	109.55	101.25

CM = Con aplicación de madurante

0/0 = Sin aplicación de riego

2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.

3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Sm = Sin aplicación de madurante

Cuadro 13A. Análisis de varianza para el rendimiento de azúcar expresado en kilogramos por tonelada de caña

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Lectura	4	24415.45	6103.86	10.95	0.0025*
Repetición	2	128.2922	64.15		
Error (a)	8	4460.2241	557.52		
Régimen de riego	6	7371.627	1228.60	3.10	0.0104*
Lectura por régimen de riego	24	5764.724	240.20	0.61	0.9122
Error (b)	60	23801.82	396.70		
Madurante	1	3754.5486	3754.55	11.32	0.0012*
Lectura por madurante	4	3519.6	849.76	2.65	0.0401*
Régimen de riego por madurante	6	2725.76	454.29	1.37	0.2388
Lectura por régimen de riego por madurante	24	6577.3204	274.055	0.83	0.6924
Error (C)	70	23211.89	0.0035		
Total	209	105730.73			

C.V. = 8.45%

Cuadro 14A. Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada.

Lectura	Aplicación de madurante	Media (Kilogramos de azúcar por tonelada de caña)	Grupo Duncan
6 semana	Con madurante	108.68	a
4 semana	Con madurante	105.21	a b
6 semana	sin madurante	102.24	b c
7 semana	Con madurante	99.63	c d
4 semana	Sin madurante	96.32	d
7 semana	Sin madurante	95.94	d
2 semana	Con madurante	93.84	d
0 semana	Sin madurante	93.60	d
2 semana	Sin madurante	91.66	d
0 semana	Con madurante	91.60	d

Cuadro 15A. Prueba múltiple de medias Duncan para los regímenes de riego en la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña cortada.

Régimen de riego	Media (Kilogramos de azúcar por tonelada de caña)	Grupo Duncan
0/0	102.64	a
0/2	99.60	a b
3/0	99.36	a b
0/4	97.20	b c
2/0	96.38	b c
6/4	96.23	b c
6/0	93.69	c

Cuadro 16A. Datos de producción de azúcar en toneladas por hectárea.

Parcela Grande	Parcela Pequeña	Repeticiones		
		I	II	III
6/0	CM	11.89	12.60	13.37
	SM	9.67	12.22	15.29
3/0	CM	16.09	12.72	16.41
	SM	15.31	15.50	15.14
6/4	CM	13.99	13.14	17.77
	SM	13.11	11.71	14.24
0/2	CM	11.55	14.54	14.61
	SM	14.00	13.24	13.35
0/0	CM	15.41	12.02	15.54
	SM	13.38	14.19	15.44
0/4	CM	12.48	15.45	13.89
	SM	7.62	13.31	14.93
2/0	CM	11.99	12.88	16.91
	SM	10.70	14.49	17.72

CM = Con aplicación de madurante

0/0 = Sin aplicación de riego.

2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.

3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

SM = Sin aplicación de madurante

Cuadro 17A. Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr>f
Regímenes de riego	6	28.97	4.83	1.27	0.3385
Repeticiones	2	52.97	26.49		
Error (a)	12	45.47	3.79		
Madurante	1	2.72	2.72	1.22	0.2876
Régimen de riego por madurante	6	9.26	1.54	0.69	0.6589
Error (b)	14	31.17	2.23		
Total	41	170.56			

CV = 10.81%

Cuadro 18A. Lecturas de crecimiento vegetativo del tallo, expresado en metros.

Parcela Grande	Parcela Pequeña	Rep.	Lecturas			
			14 días	28 días	42 días	49 días
6/0	SM	I	1.14	1.18	1.39	1.48
	CM	I	1.05	1.05	1.11	1.21
3/0	SM	I	1.10	1.15	1.38	1.45
	CM	I	1.05	1.06	1.17	1.20
6/4	SM	I	1.11	1.18	1.34	1.40
	CM	I	1.04	1.03	1.10	1.19
0/2	SM	I	1.07	1.07	1.24	1.31
	CM	I	1.05	1.01	1.06	1.13
0/0	SM	I	1.06	1.06	1.15	1.22
	CM	I	1.04	1.03	1.12	1.17
0/4	SM	I	1.05	1.05	1.11	1.12
	CM	I	1.07	1.03	1.08	1.15
2/0	SM	I	1.26	1.31	1.41	1.44
	CM	I	1.02	1.03	1.07	1.10
6/0	SM	II	1.14	1.19	1.32	1.40
	CM	II	1.05	1.06	1.16	1.18
3/0	SM	II	1.10	1.13	1.25	1.31
	CM	II	1.04	1.01	1.09	1.10
6/4	SM	II	1.19	1.26	1.48	1.62
	CM	II	1.04	1.02	1.08	1.11
0/2	SM	II	1.04	1.05	1.28	1.37
	CM	II	1.03	1.01	1.06	1.09
0/0	SM	II	1.07	1.07	1.24	1.24
	CM	II	1.05	1.04	1.07	1.05
0/4	SM	II	1.06	1.18	1.43	1.46
	CM	II	1.04	1.03	1.05	1.06
2/0	SM	II	1.10	1.15	1.34	1.46
	CM	II	1.03	1.02	1.05	1.11
6/0	SM	III	1.11	1.17	1.39	1.44
	CM	III	1.03	1.01	1.08	1.11
3/0	SM	III	1.09	1.17	1.33	1.32
	CM	III	1.03	1.03	1.05	1.07
6/4	SM	III	1.09	1.12	1.24	1.40
	CM	III	1.02	1.01	1.05	1.12
0/2	SM	III	1.04	1.07	1.21	1.27
	CM	III	1.02	1.01	1.03	1.08
0/0	SM	III	1.07	1.11	1.34	1.36
	CM	III	1.04	1.02	1.05	1.10
0/4	SM	III	1.04	1.08	1.22	1.30
	CM	III	1.02	1.01	1.03	1.07
2/0	SM	III	1.08	1.20	1.29	1.48
	CM	III	1.03	1.01	1.05	1.13

- CM = Con aplicación de madurante SM = Sin aplicación de madurante
 0/0 = Sin aplicación de riego.
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 19A. Análisis de varianza para el crecimiento vegetativo del tallo

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr>f
Lectura	3	0.9467	0.31600	650.01	0.0001*
Repetición	2	0.0202	0.01000		
Error (a)	6	0.0029	0.00048		
Regímenes de riego	6	0.1616	0.0270	8.86	0.0001*
Lectura por régimen de riego	18	0.0310	0.0017	0.56	0.9091
Error (b)	48	0.146	0.0030		
Madurante	1	1.112	1.112	321.03	0.0001*
Lectura por madurante	3	0.275	0.090	26.43	0.0001*
Régimen de riego por madurante	6	0.1050	0.018	5.07	0.0003*
Lectura por régimen de riego por madurante	18	0.0051	0.0003	0.08	1.0000
Error (c)	56	0.1940	0.0035		
Total	167	2.9990			

C.V. = 5.13 %

Cuadro 20A. Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable crecimiento vegetativo del tallo.

Lectura	Aplicación de Madurante	Media (m)	Grupo Duncan
7 semana	Sin madurante	0.37	a
6 semana	Sin madurante	0.30	b
4 semana	Sin madurante	0.14	c
7 semana	Con madurante	0.12	c d
2 semana	Sin madurante	0.09	d e
6 semana	Con madurante	0.07	e
4 semana	Con madurante	0.04	f
2 semana	Con madurante	0.02	f

Cuadro 21A. Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción régimen de riego por aplicación de madurante en la variable crecimiento vegetativo del tallo.

Lectura	Aplicación de Madurante	Media (m)	Grupo Duncan
2/0	Sin madurante	0.293	a
6/4	Sin madurante	0.286	a
6/0	Sin madurante	0.279	a b
3/0	Sin madurante	0.232	b
0/4	Sin madurante	0.175	c
0/2	Sin madurante	0.168	c d
0/0	Sin madurante	0.163	c d
6/0	Con madurante	0.090	e
3/0	Con madurante	0.075	e
6/4	Con madurante	0.067	e
0/0	Con madurante	0.066	e
2/0	Con madurante	0.054	e
0/4	Con madurante	0.053	e
0/2	Con madurante	0.048	e

- 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 22A. Datos de lecturas del número de lalas

Parcela grande	Parcela pequeña	Rep.	Lecturas			
			14 días	28 días	42 días	49 días
6/0	SM	I	2.00	2.30	2.90	1.90
	CM	I	1.60	1.60	3.10	3.00
3/0	SM	I	1.50	2.00	2.40	2.60
	CM	I	2.80	2.90	4.10	3.30
6/4	SM	I	1.40	1.50	2.00	2.40
	CM	I	1.70	2.30	5.20	4.70
0/2	SM	I	1.80	1.80	2.30	2.80
	CM	I	2.30	2.40	4.20	4.20
0/0	SM	I	1.50	1.70	2.00	2.10
	CM	I	1.40	2.30	3.20	2.20
0/4	SM	I	1.70	1.70	2.10	2.20
	CM	I	1.70	2.60	5.00	3.50
2/0	SM	I	1.60	1.90	2.00	1.80
	CM	I	2.00	2.40	6.00	2.40
6/0	SM	II	2.60	2.20	3.20	2.80
	CM	II	1.20	2.00	2.70	2.30
3/0	SM	II	1.80	2.30	2.80	2.60
	CM	II	1.80	1.80	2.70	2.10
6/4	SM	II	2.20	2.30	2.50	2.50
	CM	II	2.10	2.50	3.20	2.80
0/2	SM	II	2.30	2.40	2.80	2.50
	CM	II	1.80	2.20	2.20	2.50
0/0	SM	II	1.60	1.90	2.60	1.80
	CM	II	1.30	2.10	4.0	2.90
0/4	SM	II	2.40	2.70	2.70	2.80
	CM	II	2.70	3.00	3.70	5.60
2/0	SM	II	2.40	2.30	2.60	2.30
	CM	II	1.70	2.20	3.90	3.60
6/0	SM	III	1.90	1.90	2.10	2.20
	CM	III	2.40	2.30	2.90	2.60
3/0	SM	III	1.60	1.30	1.70	1.60
	CM	III	2.40	2.30	2.70	2.70
6/4	SM	III	1.90	1.50	2.30	2.40
	CM	III	2.20	1.90	3.70	4.40
0/2	SM	III	2.40	2.30	2.90	2.20
	CM	III	2.70	2.50	3.00	2.00
0/0	SM	III	1.70	1.40	2.60	2.60
	CM	III	2.10	1.70	2.20	2.60
0/4	SM	III	2.70	2.40	2.30	2.60
	CM	III	1.90	1.60	2.20	2.70
2/0	SM	III	2.10	2.00	2.30	3.10
	CM	III	2.30	2.20	2.00	2.10

- CM** = Con aplicación de madurante **SM** = Sin aplicación de madurante
0/0 = Sin aplicación de riego.
2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 23A. Análisis de varianza para el número de promedio de lalas

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr>F
Lectura	3	23.11	7.70	8.94	0.0124*
Repetición	2	1.67	0.84		
Error (a)	6	5.17	0.8615		
Regímenes de riego	6	3.69	0.620	2.27	0.0520
Lectura por régimen de riego	18	3.92	0.22	0.80	0.6855
Error (b)	48	12.98	0.27		
Madurante	1	9.24	9.24	21.46	0.0001*
Lectura por madurante	3	6.02	2.006	4.66	0.0056*
Régimen de riego por madurante	6	2.85	0.48	1.10	0.3721
Lectura por régimen de riego por madurante	18	4.18	0.23		
Error (c)	56	24.11	0.43		
Total	167	96.24			

C.V. = 26.47 %

Cuadro 24A. Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción lectura por aplicación de madurante en la variable número de lalas

Lectura	Aplicación de Madurante	Media (número de lalas)	Grupo Duncan
6 semana	Con madurante	3.42	a
7 semana	Con madurante	3.06	a
6 semana	Sin madurante	2.44	b
7 semana	Sin madurante	2.37	b c
4 semana	Con madurante	2.36	b c d
4 semana	Sin madurante	2.20	b c d
2 semana	Con madurante	2.00	d
2 semana	Sin madurante	1.96	d

Cuadro 25A. Datos de porcentaje de entrenudos con corcho medidos por tratamiento al final del ensayo.

Parcela Grande	Parcela Pequeña	Repetición			Promedio
		I	II	III	
6/0	SM	17	24	25	22
	CM	30	16	14	20
3/0	SM	25	28	22	25
	CM	32	25	12	23
6/4	SM	27	35	18	27
	CM	13	19	10	14
0/2	SM	29	25	19	24
	CM	30	28	18	25
0/0	SM	34	43	18	32
	CM	17	29	13	20
0/4	SM	32	26	21	26
	CM	23	36	27	29
2/0	SM	22	41	19	27
	CM	13	14	26	18

- 0/0 = Sin aplicación de riego.
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 0/4 = Distribución de la lámina en 4 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 26A. Análisis de varianza para el porcentaje de entrenudos con corcho

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr>F
Regímenes de riego	6	238.47	39.75	1.07	0.431
Repeticiones	2	592.33	296.17		
Error (a)	12	445.67	37.14		
Madurante	1	126.88	126.88	3.36	0.0883
Régimen de riego por madurante	6	656.29	109.38	2.89	0.0476
Error (b)	14	529.33	37.81		
Total	41	2588.98			

CV = 25.96%

Cuadro 27A. Prueba múltiple de medias Duncan para la interacción régimen de riego por aplicación de madurante en el porcentaje de entrenudos con corcho.

Lectura	Aplicación de madurante	Media (porcentaje de entrenudos con corcho)	Grupo Duncan
0/0	Sin madurante	32	a
0/4	Con madurante	29	a b
2/0	Sin madurante	27	a b c
6/4	Sin madurante	27	a b c
0/4	Sin madurante	26	a b c d
6/0	Sin madurante	26	a b c d
0/2	Con madurante	25	a b c d
3/0	Sin madurante	25	a b c d
0/2	Sin madurante	24	a b c d e
3/0	Con madurante	23	a b c d e
0/0	Con madurante	20	b c d e
2/0	Con madurante	18	c d e
6/0	Con madurante	16	d e
6/4	Con madurante	14	e

- 0/0 = Sin aplicación de riego.
 2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.
 3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.
 6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.
 6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 28A. Precipitación registrada durante el período del ensayo

MESES	PRECIPITACION (mm)
diciembre	38
enero	14
febrero	29
marzo	114
abril	134

Fuente: Estación meteorológica, finca "El Bálsamo"

Cuadro 29A. Contenido de humedad en el suelo (en mm) registrado en cada lectura después de la aplicación del madurante.

PARCELA GRANDE	REP.	LECTURAS				
		0	14 DIAS	28 DIAS	42 DIAS	49 DIAS
6/0	1	113.40	128.39	94.89	142.73	143.65
3/0	1	127.43	159.90	120.73	135.98	146.42
6/4	1	128.68	119.72	141.63	162.21	145.34
0/2	1	127.29	105.95	132.85	143.87	137.57
0/0	1	133.39	162.80	116.50	127.77	121.74
0/4	1	105.77	143.35	126.09	159.22	124.57
2/0	1	96.54	124.75	113.78	123.22	135.04
6/0	2	148.22	147.64	104.85	137.35	142.37
3/0	2	129.18	147.99	120.84	145.37	134.32
6/4	2	148.49	165.12	121.20	144.99	137.64
0/2	2	113.82	117.47	98.89	133.39	151.85
0/0	2	103.38	114.00	97.30	119.47	107.55
0/4	2	109.46	147.71	119.26	149.50	140.76
2/0	2	140.11	120.74	104.08	119.02	150.47
6/0	3	140.63	121.49	142.10	124.42	125.40
3/0	3	126.72	146.27	102.49	128.89	124.42
6/4	3	137.27	171.29	146.52	154.82	149.53
0/2	3	81.71	123.12	128.12	148.99	128.27
0/0	3	76.23	125.21	97.78	125.32	140.25
0/4	3	107.37	144.48	144.27	136.34	159.56
2/0	3	115.53	137.53	110.90	125.95	125.28

0/0 = Sin aplicación de riego.

2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.

3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

Cuadro 30A. Determinación de costos, beneficios y análisis de dominancia.

	PARCELA GRANDE	PARCELA PEQUEÑA	NUMERO DE RIEGOS	TON. AZUCAR POR HECT.	COSTO DEL RIEGO (Q)	COSTO DEL MADURANTE (Q)	COSTOS QUE VARIAN (Q)	BENEFICIOS BRUTOS (Q)	BENEFICIOS NETOS (Q)	DOMINANCIA
1	0/0	SM	0	14.35	0.00	0	0.00	27781.60	27781.60	ND
2	0/0	CM	0	14.33	0.00	153.8	153.80	27742.88	27589.08	D
3	0/2	SM	2	13.55	332.64	0	332.64	26232.80	25900.16	D
4	2/0	SM	2	14.21	332.64	0	332.64	27510.56	27177.92	D
5	0/2	CM	2	13.56	332.64	153.8	486.44	26252.16	25765.72	D
6	2/0	CM	2	13.85	332.64	153.8	486.44	26813.60	26327.16	D
7	3/0	SM	3	15.35	498.96	0	498.96	29717.60	29218.64	ND
8	3/0	CM	3	15.58	498.96	153.8	652.76	30162.88	29510.12	ND
9	0/4	SM	4	11.83	665.28	0	665.28	22902.88	22237.60	D
10	0/4	CM	4	13.93	665.28	153.8	819.08	26968.48	26149.40	D
11	6/0	SM	6	12.3	997.92	0	997.92	23812.80	22814.88	D
12	6/0	CM	6	12.62	997.92	153.8	1151.72	24432.32	23280.60	D
13	6/4	SM	10	13.03	1663.20	0	1663.20	25226.08	23562.88	D
14	6/4	CM	10	14.94	1663.20	153.8	1817.00	28923.84	27106.84	D

Costo del madurante/ha.: Q 43.00 (Aplicación) + Q18.00 (Trazo) + Q92.80 (Insumos).

Costo del riego/ha: Q 166.32

Precio del azúcar: Q 1.92 /kg

CM = Con aplicación de madurante SM = Sin aplicación de madurante

0/0 = Sin aplicación de riego.

2/0 = Distribución de la lámina en 2 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 50 días.

3/0 = Distribución de la lámina en 3 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

0/2 = Distribución de la lámina en 2 riegos posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 25 días.

6/0 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días.

6/4 = Distribución de la lámina en 6 riegos previos y 4 posteriores a la aplicación del madurante y frecuencia de 10 días

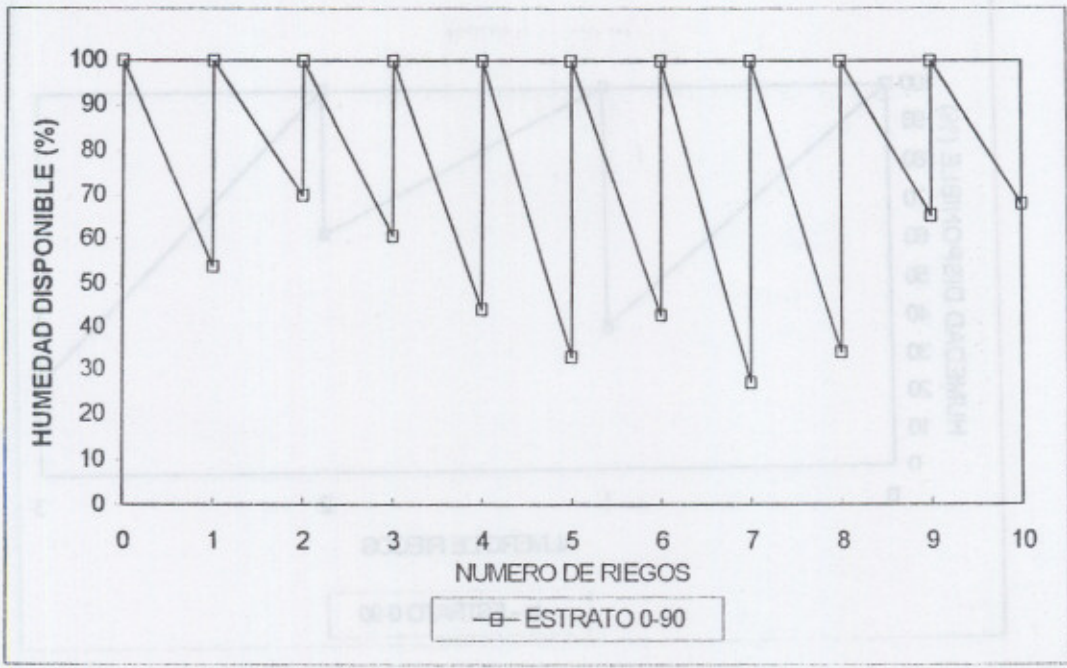


Figura 10A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 6/4 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm.

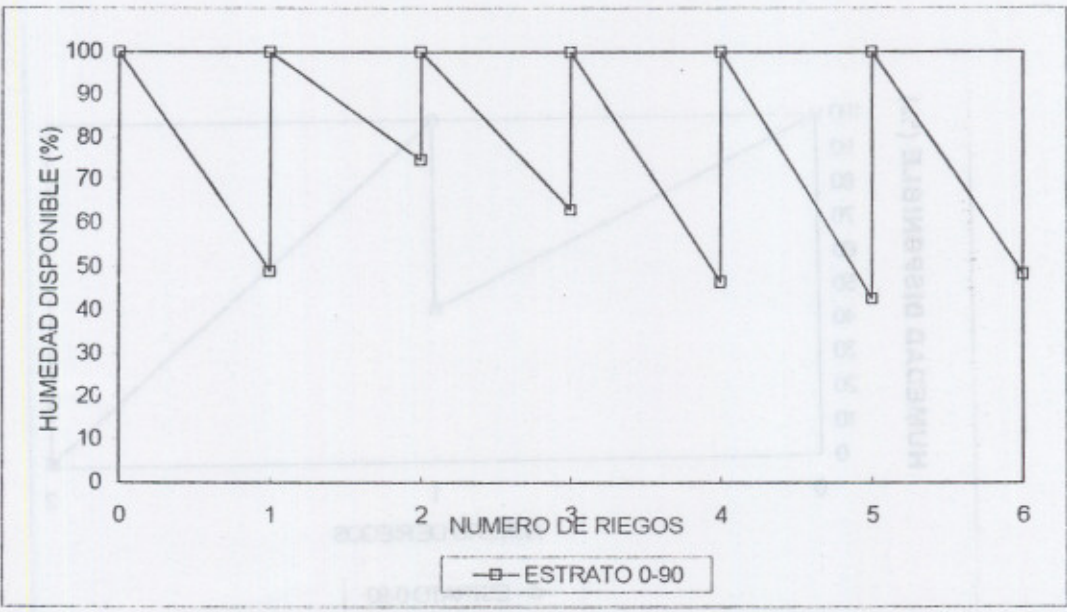


Figura 11A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 6/0 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm.



Figura 12A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 3/0 (frecuencia de 25 días), a una profundidad de 90 cm

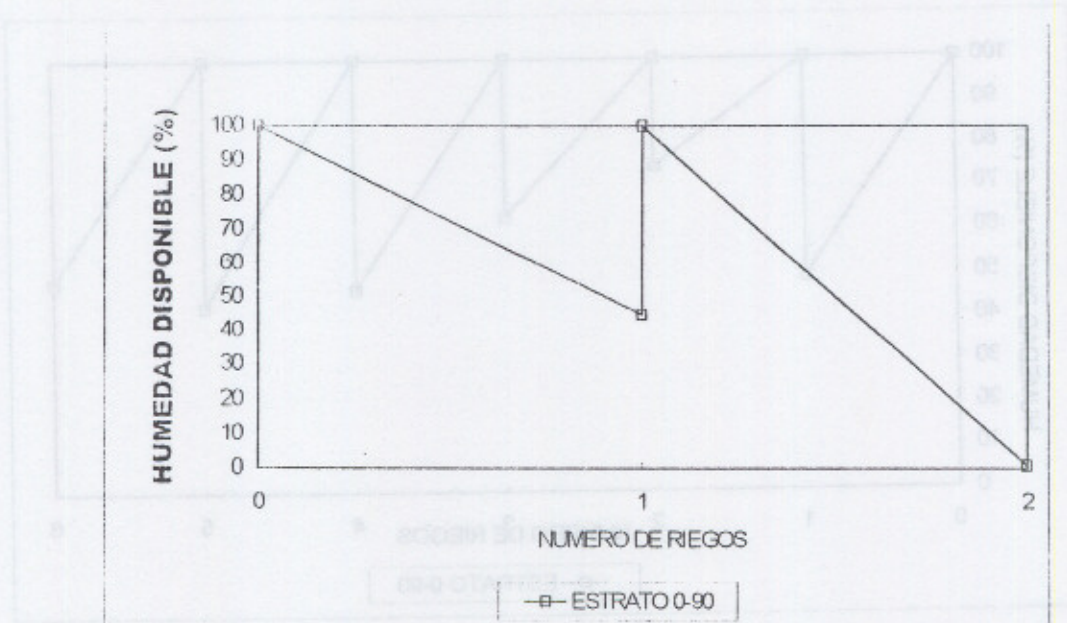


Figura 13A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 2/0 (frecuencia de 50 días), a una profundidad de 90 cm.

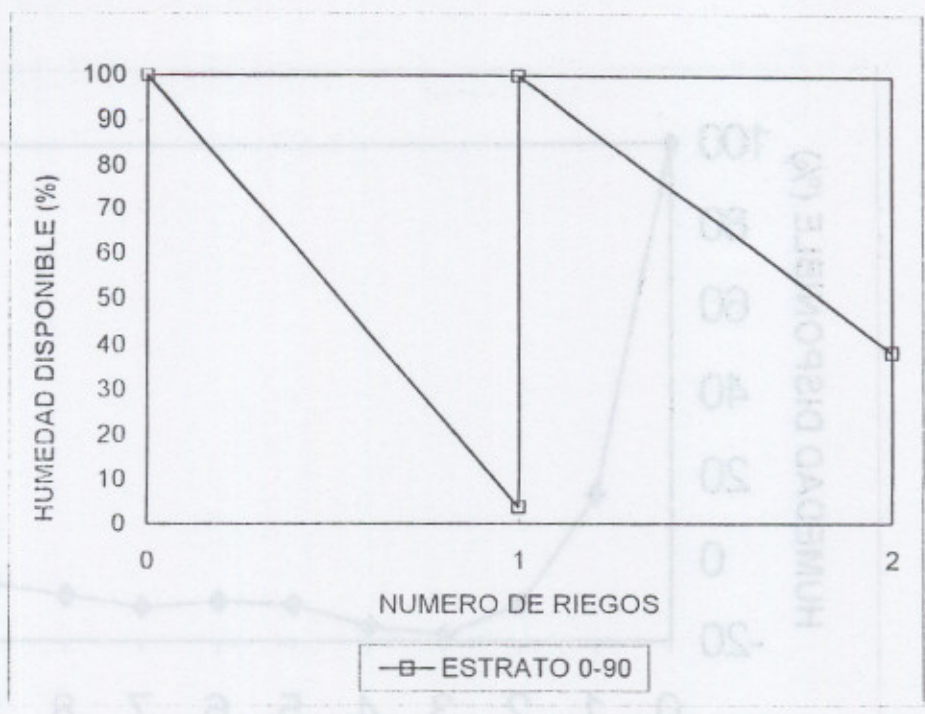


Figura 14A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/2 (frecuencia de 25 días), a una profundidad de 90 cm



Figura 15A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/4 (frecuencia de 10 días), a una profundidad de 90 cm

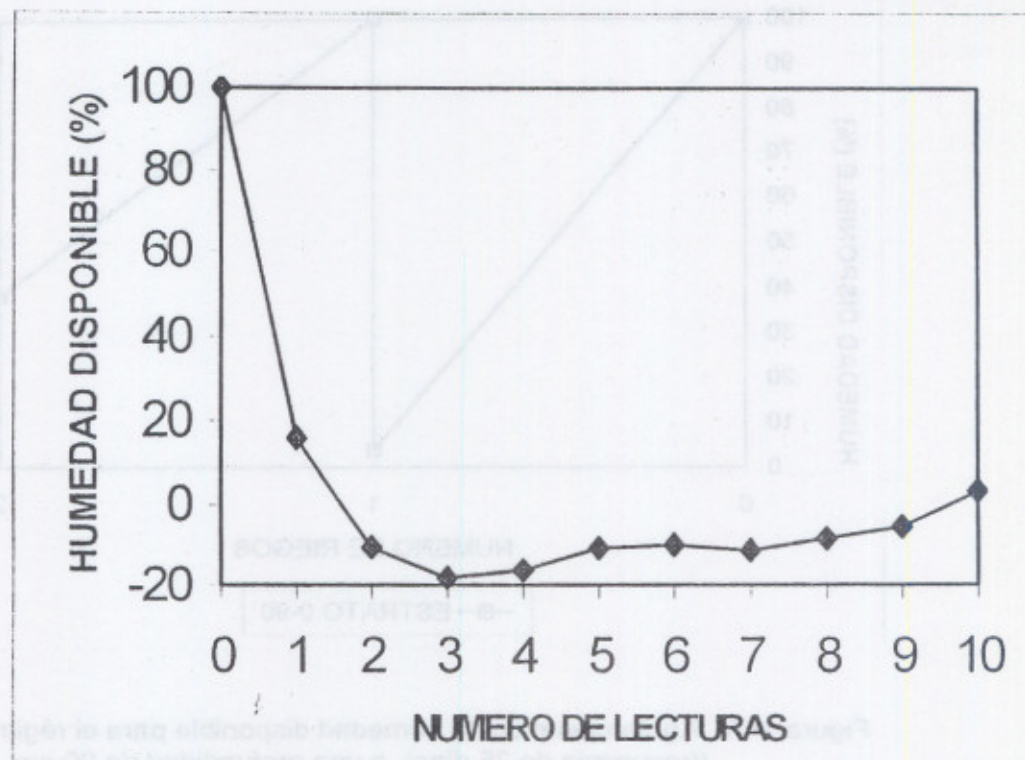


Figura 16A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/0 (sin aplicación de riego), a una profundidad de 90 cm.

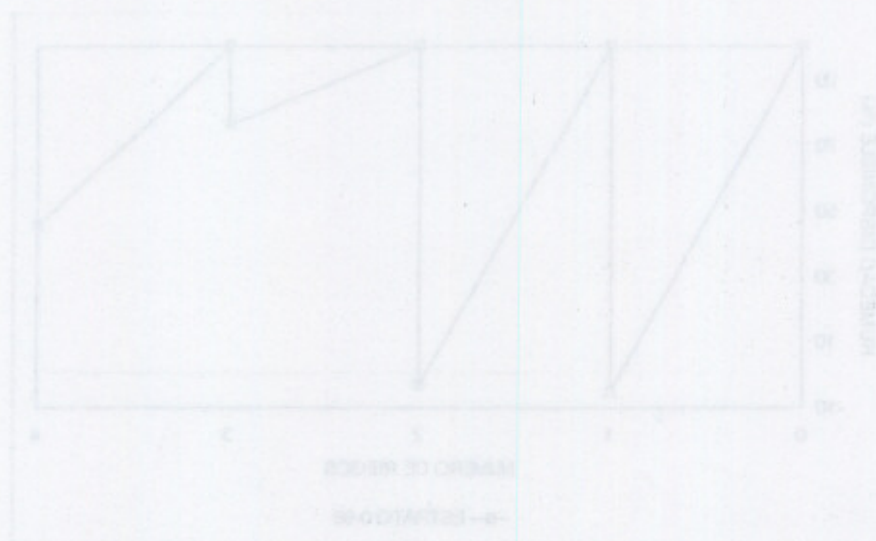


Figura 16A. Agotamiento de la humedad disponible para el régimen 0/0 (sin aplicación de riego), a una profundidad de 90 cm.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.002-99

LA TESIS TITULADA: "INFLUENCIA DE LA LAMINA DE RIEGO EN EL EFECTO DEL MADURANTE
EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.) VAR. CP-722086"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: EZEQUIEL ABRAHAM LOPEZ BAUTISTA

CARNET No: 9217092

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
Lic. Jorge Solís González
Ing. Agr. Negli René Gallardo P.
Ing. Agr. Aníbal Sacabajá Galindo

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

Ing. Agr. M.C. Víctor Manuel Alvarez Cajas
A S E S O R

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

Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
D E C A N O



cc:Control Académico
Archivo
FR/prr.

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

