

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

EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DEL ÁCIDO 2-CLOROETILO
FOSFORICO COMO INHIBIDOR DE LA FLORACION EN CAÑA DE

AZUCAR (*Saccharum spp*)
TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
BYRON GEOVANI NAJERA ESTRADA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, MAYO DE 2005

DL
01
T(2171)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ
SECRETARIO	Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	Prof. JUVENCIO CHOM CANIL
VOCAL QUINTO	Prof. BAYRON GEOVANY GONZÁLEZ CHAVAJAY

Guatemala, Mayo de 2005

Dr. David Monterroso Salvatierra
Director Instituto de Investigaciones Agronómicas
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

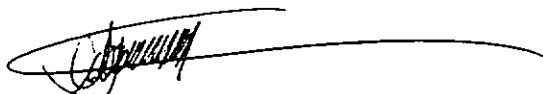
Señor Director:

Me dirijo a usted para manifestarle que atendiendo a las designación del Instituto de Investigaciones Agronómicas, he procedido a asesorar y revisar el documento de graduación del estudiante Byron Geovani Nájera Estrada, carne 88-13224, titulado

**EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DEL ÁCIDO 2-CLOROETILO
FOSFÓRICO COMO INHIBIDOR DE LA FLORACIÓN EN CAÑA DE
AZÚCAR (*Saccharum* spp.)**

Considero que dicho trabajo CUMPLE con los requisitos exigidos por la Facultad de Agronomía; por lo cual me permito comunicárselo para los efectos siguientes.

Sin otro particular, me suscribo de usted respetuosamente,



Ing Agr. M.Sc. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Colegiado No. 324

Guatemala. Mayo de 2005

Honorable Junta Directiva
Honorable tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores Miembros:

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DEL ÁCIDO 2-CLOROETILO
FOSFÓRICO COMO INHIBIDOR DE LA FLORACIÓN EN CAÑA DE
AZUCAR (*Saccharum spp.*),**

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

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación.

Atentamente:



Byron Geovani Nájera Estrada

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS Por permitirme alcanzar una de mis metas.

MIS PADRES Maria Mirtala Estrada de Nájera
Jorge Miguel Nájera Fajardo

MIS HERMANOS Jorge Humberto, Marco Tulio.

MI ESPOSA Liliam Patricia Muy García

MI HIJA Jade Sofía Nájera Muy

MIS SOBRINOS Andrés, Maco, Pedro Pablo, Nahib, Dereck

MI CUÑADA Alma Griselda Barillas de Nájera

MIS TIOS, TIAS
PRIMOS Y PRIMAS

GRACIAS POR APOYARME SIEMPRE

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Ing. Agr. *M. Sc.* Manuel de Jesús Martínez Ovalle

Ing. Agr. Eduardo Aníbal Toledo Meneses

Por su colaboración y entrega en la realización del presente trabajo.

COLABORADORES

Gracias a su apoyo hice posible este trabajo, mil gracias.

En especial a Ing. Agr. *M. Sc.* Ramiro A. López Pineda

MIS AMIGOS EN GENERAL

Por su amistad honesta y sincera

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE GENERAL

Indice de cuadros	iii
Indice de figuras	iv
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Características de la caña de azúcar	3
3.1.1.1 Sistema radicular	3
3.1.1.2 Tallo	3
3.1.1.3 La hoja	4
3.1.1.4 La flor	4
3.1.2 La floración en la caña de azúcar	5
3.1.2.1 Control de la floración	5
3.1.2.1.1 Control fotoperiódico de la floración	5
3.1.2.2 Efecto de la floración sobre el crecimiento de la caña de azúcar	6
3.2 MARCO REFERENCIAL	8
3.2.1 Localización y descripción del área experimental de la Zona cañera Guatemalteca	8
3.2.2 Descripción de los materiales	8
3.2.2.1 Variedad CP-722086	9
3.2.2.1.1 Características Agronómicas	9
3.2.2.1.2 Patología	9
3.2.2.1.3 Madurez	9
3.2.2.1.4 Rendimiento	9
3.2.2.1.5 Fibra	10
3.2.2.2 Ácido 2 cloroetilo fosfórico	10
3.2.2.2.1 Estructura química	10
3.2.2.3 Momento de aplicación de los inhibidores de la floración	12
3.2.2.4 Requisitos de las aplicaciones	12

3.2.3	Antecedentes de investigación usando como inhibidor de la floración el ácido 2 - cloroetilo fosfórico	13
4.	OBJETIVOS	14
4.1	Objetivo general	14
4.2	Objetivos específicos	14
5.	METODOLOGIA	15
5.1	Fase de gabinete	15
5.2	Revisión de programas de aplicaciones de inhibidores de la floración	15
5.3	Análisis de los resultados	15
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	16
6.1	Fase experimental	16
6.1.2	Descripción de los tratamientos evaluados	17
6.1.2	Variables de respuesta	18
6.1.2.1	Altura total	18
6.1.2.2	Diámetro	19
6.1.2.3	Porcentaje de brotes laterales	20
6.1.2.4	Porcentaje de corcho	23
6.1.2.5	Porcentaje de floración	26
6.1.2.6	Libras de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea	28
6.2	Experiencia en aplicaciones comerciales	31
7.	CONCLUSIONES	37
8.	RECOMENDACIONES	38
9.	BIBLIOGRAFIA	39
10.	ANEXOS	41

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Condiciones climáticas promedio reportadas para el ingenio Pantaleón	16
Cuadro 2. Condiciones climáticas promedio reportadas para el ingenio El Baúl.	17
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados	17
Cuadro 4. Variables de respuesta evaluadas en los ensayos	18
Cuadro 5. Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de brotes laterales En las épocas de aplicación.	22
Cuadro 7. Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de lalas en las diferentes dosificaciones	27
Cuadro 8. Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de floración en las épocas de aplicación	27
Cuadro 6. Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de floración a diferentes dosificaciones	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Alturas totales obtenidas con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94	19
Figura 2.	Diámetros obtenidos con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A.	20
Figura 3.	Porcentaje de brotes laterales obtenidos con la aplicación de ethrel Pantaleón S.A.	21
Figura 4.	Numero de brotes laterales obtenidos con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A.	23
Figura 5.	Porcentaje de corcho obtenido con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A.	24
Figura 6.	Porcentaje de corcho obtenido con la aplicación de ethrel El Baúl S.A.	25
Figura 7.	Porcentaje de floración obtenido con la aplicación de ethrel Pantaleón S.A.	26
Figura 8.	Porcentaje de floración obtenido con la aplicación de ethrel El Baúl S.A.	28
Figura 9.	Kilogramos de azúcar por tonelada de caña obtenidos con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A.	29
Figura 10.	Toneladas de caña por hectárea obtenidas con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A.	29
Figura 11.	Kilogramos de azúcar por tonelada de caña obtenidos con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A.	30
Figura 12.	Toneladas de caña por hectárea obtenidas con la aplicación de ethrel . El Baúl S.A.	31
Figura 13.	Porcentaje de floración en la zona baja (0-100 msnm). Ingenio Tierra Buena Zafra 2000-2001.	34

Figura 14.	Porcentaje de floración zona media (101-200 msnm). Ingenio Tierra Buena Zafra 2000-2001	34
Figura 15.	Porcentaje de floración en la zona baja (0 a 100 msnm) Ingenio Tierra Buena Zafra 2002-2003.	35
Figura 16.	Porcentaje de floración en la zona alta (101 a 200 msnm) Ingenio Tierra Buena Zafra 2002-2003.	36
Figura 17.	Comparación de áreas aplicadas con inhibidores de floración y áreas testigo sin aplicación. Ingenio Tierra Buena S. A. zafra 2000-2001	42
Figura 18.	Comparación de áreas aplicadas con inhibidores de floración y áreas testigo Ingenio Tierra Buena, zafra 2002-2003.	42

**EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DEL ÁCIDO 2-CLOROETILO FOSFORICO
COMO INHIBIDOR DE LA FLORACIÓN EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*)**

**EXPIERENCES ON 2-CHLOROETHIL PHOSPHORIC ACID APPLICATION AS
FLOWERING INHIBITOR OF SUGARCANE (*Saccharum spp.*)**

RESUMEN

La caña de azúcar *Saccharum spp.* es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social en Guatemala, exportándose 1.3 millones de TM de azúcar durante la zafra 2003/2004 (alrededor de US\$ 230 millones en divisas). Su producción se concentra en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y Santa Rosa. La floración en caña de azúcar es una característica no deseable (a menos que se pretenda realizar cruza para fitomejoramiento). Al florecer el tallo de la caña de azúcar, cesa el crecimiento vegetativo y disminuye el contenido de azúcares, debido al requerimiento de energía para la formación de los órganos reproductivos. Esto trae consecuencias negativas sobre el rendimiento de azúcar por unidad de área, lo cual incide de forma directa sobre la eficiencia y productividad de azúcar. Además se da la formación de tejido suberoso descendente, el cual contiene poco o ningún azúcar. La industria cañera guatemalteca cultiva alrededor del 70% del área total con la variedad CP-722086, variedad que se ha adaptado a las condiciones de nuestro país, consolidándose con altos rendimientos de azúcar por unidad de área; teniendo como desventaja el ser una variedad de floración temprana.

El presente trabajo tuvo como propósito recopilar las experiencias existentes en Guatemala sobre la aplicación de inhibidores de floración en caña de azúcar dirigidas por CENGICANA en los ingenios El Baúl y Pantaleón. Se realizaron pruebas a escala experimental, semi-comercial y comercial para evaluar el porcentaje de inhibición en los tres estratos altitudinales de la zona cañera

del país, evaluando diferentes fechas de aplicación para determinar la época de mayor efectividad de los tratamientos.

Durante la fase experimental los productos utilizados como inhibidores de floración produjeron la disminución de la floración y contenido de corcho, sin presentar ningún efecto significativo sobre el tonelaje y el rendimiento de azúcar, lo cual incentivó a los técnicos azucareros a realizar pruebas a escala comercial. Los resultados obtenidos durante la primera temporada fueron halagadores, pudiendo observarse una disminución significativa del porcentaje de floración en los lotes aplicados con respecto a los testigos, obteniéndose además incrementos en el tonelaje y rendimiento de azúcar. Sin embargo los resultados obtenidos no fueron consistentes durante los años subsiguientes de aplicación, debido a que la floración en caña de azúcar es un proceso fisiológico influenciado tanto por factores internos de la planta como ambientales. Lo anterior indica que debe de continuarse la investigación al respecto, con el afán de incrementar la productividad y eficiencia del cultivo de caña de azúcar.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es un cultivo de gran importancia en la economía del país, ya que además de generar divisas, es fuente de mano de obra para muchas familias guatemaltecas, se generan US\$ 316.43 millones de divisas por exportaciones y alrededor de 60,000 empleos directos (BANGUAT, 2004).

En caña de azúcar al iniciarse la etapa fenológica reproductiva cesa el desarrollo vegetativo dando paso al desarrollo de los órganos reproductivos; lo cual trae como consecuencia una disminución del contenido de sacarosa, debido al alto requerimiento energético; esto produce una reducción en el rendimiento del contenido de azúcar en el tallo.

Para contrarrestar el problema de disminución de rendimiento (kilogramos de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea) debido a la floración; en la agroindustria cañera guatemalteca se han realizado durante los últimos años evaluaciones sobre el uso de inhibidores de la floración; utilizando principalmente el ácido 2-cloroetil fosfórico.

Estas evaluaciones comenzaron a inicios de los años noventa con investigaciones realizadas en el Ingenio Pantaleón, dirigidas por el Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), y continúan en la actualidad, debido principalmente a la inconsistencia de los resultados obtenidos con la aplicación de inhibidores de floración en caña de azúcar.

Con el presente trabajo, se pretende recapitular algunas experiencias relacionadas con el uso de los inhibidores de la floración iniciando con los ensayos de campo realizados

al inicio de los años noventa en el ingenio Pantaleón, hasta los ensayos más recientes a nivel comercial realizadas en el ingenio Tierra Buena.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La floración en caña de azúcar es una característica no deseable (a menos que se pretenda realizar cruces y combinar las características deseables de los progenitores), desde el punto de vista de la productividad; ya que la caña como cualquier otra planta presenta dos fases de desarrollo: la fase vegetativa, donde se da el crecimiento de la planta y la fase reproductiva, en la que cesa el crecimiento de la planta y se inicia el desarrollo de los órganos reproductivos, ocurriendo esto al reducirse las horas luz del día por debajo de 12.5 horas disminuyendo los contenidos de sacarosa acumulada durante la fase vegetativa por el alto requerimiento energético de los procesos de diferenciación y formación de órganos reproductivos (4).

Además después de la floración, se inicia la formación del tejido suberoso en forma descendente en el tallo de la planta. Dicho tejido contiene poco o ningún jugo y por consiguiente poca o ninguna concentración de azúcar. Todo ello trae como consecuencia la reducción en el rendimiento de la caña de azúcar dependiendo del tiempo que transcurra entre el período de inicio de la floración y la cosecha de los tallos (4).

En la industria cañera guatemalteca más del 80 % del área se encuentra sembrada con variedades de floración temprana; de estas un 70% corresponde a la variedad CP-722086 (11).

Por ello, actualmente se están haciendo evaluaciones con sustancias inhibidoras de la floración, como una alternativa para solucionar este problema y así poder disminuir las pérdidas provocadas por el apareamiento de corcho en los tallos como consecuencia de la floración y mejorar la productividad de azúcar por hectárea.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar es una planta de la familia *Poaceae* (gramínea), perenne de no muy larga vida (10-12 años), que crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo (1). Las partes básicas de una planta y que determinan su forma las constituyen la raíz, el tallo la hoja y la flor. Ellas son la base de su clasificación botánica. Todas cumplen una función y existe una estrecha relación entre ellas (1).

3.1.1.1 Sistema Radicular: Constituye el anclaje de los tallos y el medio de absorción de nutrientes y agua del suelo. El sistema radicular de la caña esta formado por dos tipos de raíces: las raíces primordiales, que se originan a partir de la banda de primordios radiculares localizada en el anillo del crecimiento del trozo original que se siembra. Son delgadas, muy ramificadas y su periodo de vida llega hasta que aparecen las raíces en los nuevos macollos. Las raíces permanentes que son las que brotan de los anillos de crecimiento radicular de los nuevos macollos. Estas son más numerosas, gruesas y de rápido crecimiento y su proliferación esta acorde con el desarrollo de la planta (1).

3.1.1.2 Tallo: Es la parte de la caña de azúcar que presenta mayor valor económico por que en el se almacenan los azúcares. La caña forma cepas constituidas por la aglomeración

de tallos que se originan inicialmente de las yemas de la semilla vegetativa y posteriormente de las yemas de los nuevos brotes subterráneos. El número, color, grosor y el hábito de crecimiento, dependen más que todo de las variedades. El tallo de una cepa original se denomina primario, si se origina de una yema vegetativa original; secundario si se origina del tallo secundario, etc. Los tallos están formados de una serie de nudos separados por los entrenudos en donde se localizan las yemas y las hojas. El nudo es la porción dura de la caña constituido por tejido fibroso y que separa dos entrenudos vecinos. El nudo comprende el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso. La yema es la parte más importante de la semilla por que de ella se originan los tallos nuevos.

3.1.1.3 La hoja: Esta se origina en cada nudo y están distribuidas en forma alterna a medida que el tallo crece. Cada hoja esta formada por la lámina foliar y por la vaina. La unión y color de la lígula así como la forma de la aurícula son características importantes en la diferenciación de variedades. La lámina foliar es la que realiza la fotosíntesis. En la lámina foliar existe una nervadura central que la recorre en toda su longitud y paralela a esta se encuentran las nervaduras secundarias. Los bordes de las hojas presentan forma aserrada cuyo número y longitud varían de acuerdo a la variedad (1).

3.1.1.4 La flor: La inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula sedosa denominada espiga, constituida por un eje principal en donde se insertan las espiguillas, dispuestas por pares en cada articulación, en donde se encuentra la flor, la cual es hermafrodita con 3 anteras y tiene un ovario con dos estigmas. Cada flor esta rodeada de pelos largos que le dan a la inflorescencia un aspecto sedoso (1).

3. 1. 2 LA FLORACIÓN EN CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar presenta dos fases de desarrollo. La primera es la fase vegetativa originada por la división celular continua en los puntos de crecimiento y la segunda es la fase reproductiva o floración (1). La floración marca el final del crecimiento del pedúnculo o tallo sobre el que nace la flor, puesto que la floración resulta de una modificación del meristemo terminal (14).

3. 1. 2. 1 Control de la Floración

Según Ortos, citado por Viveros Valens *et al* (20) existen varios factores relacionados con la floración de la caña de azúcar. Los factores climáticos que controlan el mecanismo de floración en caña de azúcar son el fotoperíodo, la temperatura, la madurez y la humedad del suelo. Los mismos autores (20), citando a Chu, T. , Lee, S. y Paliatseas, E., indican que el fotoperíodo es el factor más importante en la floración de la caña de azúcar.

3. 1. 2. 1. 1 Control fotoperiódico de la floración

La hoja, es el sitio de percepción de las señales lumínicas que inducen la floración, lo cual implica que algo debe transportarse de la hoja al ápice en desarrollo en el que se formara la flor (20). Chailajyan, citado por Bidvel (2), ha puntualizado que la respuesta a la floración requiere cuatro pasos: 1) la percepción del estímulo; 2) la transformación del órgano receptor a un nuevo esquema metabólico; 3) el transporte del estímulo resultante, y 4) una respuesta del ápice en desarrollo que resulta en floración.

El efecto del fotoperíodo en la floración se realiza a través de la acción de un pigmento tetrapirrólico llamado fitocromo (6).

En experimentos realizados por Viveros Valens. *et al.* (20), en el Valle del Cauca, Colombia, fue necesario inicialmente el suministro de 13 horas luz, complementando el numero de horas luz con luz artificial. Posteriormente fue necesario disminuir dos minutos cada dos días hasta que se igualó el fotoperiodo natural del Valle del Cauca, de 12 horas 30 minutos para favorecer la floración. Las condiciones son favorables para que se de la inducción de la floración cuando el día se acorta mas o menos a 12 horas y 30 minutos, cuando la humedad del terreno es suficiente y el promedio de temperatura diurna y nocturna se mantiene sobre 18° C. Por lo que se supone que dentro de este rango de horas luz se da la estimulación de la floración.

3. 1. 2. 2 Efecto de la floración sobre el crecimiento de la caña de azúcar

Una vez que el punto de crecimiento del tallo es inducido a cambiar del estado vegetativo al estado reproductivo, no se forman más hojas ni entrenudos y se interrumpe el crecimiento adicional (10).

Si se inicia la floración, los entrenudos que se encuentran debajo forman tejidos medulosos que contienen poco o ningún jugo y por consiguiente poco o ningún azúcar. Dependiendo del tiempo que transcurra entre el periodo de inducción y la cosecha, este problema progresa hacia abajo del tallo, y ha habido 20% a 30% de perdida de azúcar.

La floración también induce el crecimiento de retoños sobre los entrenudos y esto también contribuye a la perdida en la calidad de la caña. La medulosidad que resulta debido al florecimiento creara problemas en el molino. Además de producir menos azúcar, los tejidos medulosos de la caña florecida pueden retrasar el proceso de decantación. Esto causa costosos retrasos durante los puntos máximos en la molienda (10).

Al reducirse las horas luz del día, por debajo de 12.5 horas, las variedades floríferas de caña de azúcar sufren la inducción de la floración. El florecimiento tiene un efecto perjudicial en la producción, lo cual se agrava progresivamente con el tiempo después de inducida la flor (3).

Los tallos de caña que tienen tres o cuatro entrenudos completamente desarrollados (caña de más de siete meses de edad), han alcanzado madurez suficiente y pueden ser inducidos a florecer, y si esto ocurre causara una gran pérdida en la producción de azúcar (3). Durante la floración también se inicia el desarrollo de los órganos reproductivos, bajando los contenidos de sacarosa por su alto requerimiento de energía. Energía acumulada durante la fase vegetativa (5).

Chávez Solera (7), enumera los siguientes efectos provocados por la floración:

- Reducción evidente de la absorción radical.
- Reducción en el abastecimiento de carbohidratos.
- Reducción en la velocidad de la actividad fotosintética.
- Muerte de las hojas inferiores.
- Distribución retardada de nutrientes.
- El desarrollo se detiene.
- Enriquecimiento en azúcares en la parte superior del tallo.
- Emisión de brotes laterales (lajas).
- Formación descendente de la medula del tallo.
- Deshidratación de los tejidos.
- Baja recuperación de azúcar en el ingenio.

3. 2 MARCO REFERENCIAL

3. 2. 1 Localización y descripción de la zona cañera guatemalteca

La zona cañera guatemalteca se encuentra ubicada a 14°10' y 14°25' Latitud Norte. Comprendida desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud e incluye los departamentos de Escuintla, Retalhuleu, Santa Rosa y Suchitepéquez.

Desde el punto de vista Edáfico, son los suelos del área derivados de cenizas volcánicas, producto de la marcada actividad histórica de la cadena de volcanes circundantes, que ha tenido papel protagónico en la formación y dinámica de estos suelos. Como características especiales de estos suelos son las texturas livianas en un gran porcentaje, aunque hay algunos suelos pesados, los cuales se distribuyen más que todo en las áreas ligeramente planas de los cuerpos de abanico. Las condiciones climáticas promedio son las siguientes:

Humedad relativa	70 %
Precipitación pluvial media anual	2,000 mm
Días de lluvia promedio anual	210
Temperatura promedio anual	28° C
Evaporación promedio anual a la intemperie	1,545 mm

3. 2. 2 Descripción de los materiales

Por ser la variedad CP-722086 la más difundida en el área cañera guatemalteca (70 % del área cultivada) y el ácido 2 cloroetilo fosfórico el inhibidor de floración mas frecuentemente utilizado a continuación haremos una breve descripción de los mismos.

3. 2. 2. 1 Variedad CP-722086

a) Características Agronómicas: Tiene un color amarillo verdoso (los hijuelos poseen un color rosado en la vaina de la hoja), y se caracteriza por su buen vigor y cierre rápido de calles. Su crecimiento es erecto y no posee afacte, es una variedad muy floreadora (hasta 90%) (19), de fácil corte y desbarejado regular. Tiene buen retorno y se adapta a todo tipo de suelo, aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos poco profundos y arenosos (11).

b) Patología: Es una variedad resistente al carbón y altamente resistente a la roya; es susceptible al mosaico, con un porcentaje de incidencia de este que oscila entre 10 y 50%; sin embargo no afecta su desarrollo y crecimiento (19).

c) Madurez: Esta variedad es de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha para los meses de noviembre a febrero ya que en caso de atrasarse sus actividades, debido a su alto porcentaje de floración se forma tejido corchoso, empezando por el tercio superior hacia abajo, lo que implica un despunte mas abajo y por consiguiente una reducción en la producción (11).

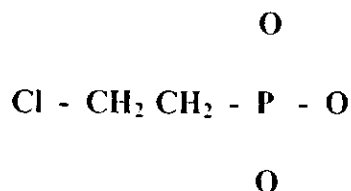
d) Rendimiento: Esta variedad tiene un buen tonelaje de caña por hectárea y un alto rendimiento en libras de azúcar por tonelada tanto a nivel experimental como a nivel comercial (11).

A nivel comercial se han obtenido resultados promedio de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 94.34 kg/TM (11).

e) **Fibra:** En estudios a nivel experimental se ha obtenido de 12.7 a 14% de fibra en plantilla, a los 12 meses de edad, lo cual es un parámetro considerado como adecuado (9).

3. 2. 2. 2 ÁCIDO 2-CLOROETILO FOSFÓRICO

a) Estructura química:



El ácido 2-cloroetilo fosfórico es un concentrado líquido transparente, soluble en agua, con una densidad de 1.2 g./cm³ a 20°C.

El producto no es inflamable, tiene un pH de 1 (13). El ácido 2-cloroetilo fosfórico, libera etileno dentro de los nudos de la planta al aplicársela a la caña de azúcar y a otras plantas (10). Contiene 480 g del ingrediente activo por litro, y tiene la característica de un ácido fuerte siendo completamente soluble en agua (3).

Es un regulador de crecimiento de las plantas y posee la propiedad de que es rápidamente absorbido por las plantas, liberando etileno en el tejido vegetal, induciendo una mayor síntesis del mismo (3).

El etileno se considera como un regulador de crecimiento que ocurre naturalmente, el cual afecta gran variedad de procesos de crecimiento (10). El etileno (C₂H₄), es una hormona que actúa en el proceso bastante complejo de la iniciación y regulación de la floración, y todos los procesos fisiológicos asociados con la maduración y envejecimiento(3).

El etileno detiene temporalmente el crecimiento de la planta en tamaño, principalmente a través de la influencia sobre la acción de las auxinas en la elongación celular. También ejerce una acción sobre la disposición de las microfibrinas en la pared celular, la cual es mediada por las auxinas. El resultado es que el crecimiento celular se orienta en el sentido radial. Esto da como resultado células que en vez de tener una forma rectangular sean isodiamétricas, lo que conlleva un desarrollo más grueso del tallo (3).

El efecto normal de la acción del etileno se traduce en un amarillamiento de las hojas 3-4 días posteriores a la aplicación y dura 7-8 días y luego desaparece. El entrenudo que en ese momento está en formación sufre una reducción de su tamaño, pero es más grueso, dando lugar a un entrenudo "tipo barrilito" que se observa al cabo de 3-2 semanas después de la aplicación (3).

Luego de que la planta se recupera del "estrés" que le produce la acción del producto (a partir de los 15 días), continuara su normal crecimiento y los entrenudos que se formen alcanzaran un tamaño normal (3).

El ácido 2-cloroetilo fosfórico, es estable si la concentración del ion oxidrilo (-OH) es baja, es decir si el pH es ácido. A penas sube el pH dentro de la planta, la molécula del ácido se descompone en etileno, cloruro y fosfato (3).

Al aplicársele un poco antes del periodo de inducción de la floración (ocurre cuando se da un periodo de 12.5 horas luz), el ácido 2-cloroetilo fosfórico interrumpe este proceso fisiológico. Parece que causa una dominancia en el punto de crecimiento durante un corto periodo, después del cual continuara su crecimiento vegetativo. Este producto no daña ni destruye el punto de crecimiento como lo hacen otros productos que están diseñados para

matar los nudos que están desarrollando, pero no permiten que continúe el crecimiento vegetativo (10).

Según las recomendaciones del fabricante (Rhone-Poulenc Agroquímica), la caña que ha sido tratada con ácido 2-cloroetilo fosfórico para inhibir la floración se puede dejar en el terreno el tiempo que sea necesario sin que perjudique su crecimiento (10).

3. 2. 2. 3 MOMENTO DE APLICACIÓN DE LOS INHIBIDORES DE FLORACIÓN

Este producto es más efectivo cuando se aplica 1-2 semanas antes de la inducción de la floración (3). Para las condiciones de Guatemala el periodo de inducción ocurre durante la última semana de agosto y la primera de septiembre (15). Una vez ocurrida la inducción es demasiado tarde y se pierde parte del beneficio del tratamiento (3).

Para poder aplicar el ácido 2-cloroetilo fosfórico es necesario determinar el periodo en que ocurre la inducción floral, y es cuando la duración del día baja más o menos 12 horas y 30 minutos (3).

En el momento de la aplicación, las plantaciones no deben estar sufriendo ningún tipo de estrés por falta de humedad, fertilización o excesiva temperatura ambiental (3).

3. 2. 2. 4 REQUISITOS DE LAS APLICACIONES

- a) En el momento de la aplicación la humedad relativa no deberá ser inferior al 70% para evitar pérdidas por evaporación.
- b) La velocidad del viento no podrá exceder de 10 km/hora.
- c) El sistema de aplicación no podrá tener ningún tipo de escape de la solución.

- d) Debido a la fisiología de la caña de azúcar y las propiedades del producto los mejores resultados de las aplicaciones se obtienen al aplicar el producto en las primeras horas de la mañana o bien últimas horas de la tarde.
- e) Se debe tener cuidado en prevenir que las lluvias no incidan antes de 4 horas después de la aplicación por que se perdería el efecto del producto (3).

3.2.3 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES USANDO ACIDO 2-CLOROETILO FOSFORICO COMO INHIBIDOR DE LA FLORACION EN CAÑA DE AZÚCAR

Según Bocanegra (3), para que se diera la inhibición de la floración (no indica en que porcentaje se da la inhibición), bajo las condiciones de Cuba, fue necesario aplicar el ácido 2-cloroetilo fosfórico entre la segunda y tercera semana de agosto.

De acuerdo con la duración del día de 12.5 horas luz, la inducción floral en Cuba ocurre entre la cuarta semana de agosto y tercera semana de septiembre. Para la realización de la investigación se programaron tres aplicaciones con sus respectivos testigos. La primera aplicación se realizó la tercera semana de agosto; segunda aplicación fue ejecutada la cuarta semana de agosto y la tercera aplicación fue la tercera semana de septiembre; aplicando 600 g del ácido 2-cloroetilo fosfórico. Para las aplicaciones se garantizó una solución final de 30 l/ha, empleando boquillas de cono hueco número D12 con difusor número 45 (3).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Recopilar información sobre la experiencia en el uso del ácido 2-cloroetilo fosfórico como inhibidor de la floración en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 4.2.1 Dar a conocer los resultados obtenidos en los primeros ensayos a nivel experimental realizados con ethrel y ácido 2-cloroetilo fosfórico como inhibidores de la floración en caña de azúcar en Guatemala.
- 4.2.2 Dar a conocer algunos resultados obtenidos en aplicaciones a escala comercial del ácido 2-cloroetilo fosfórico como inhibidor de floración en caña de azúcar.

5. METODOLOGIA

Para la realización del presente trabajo, la obtención de la información se recopiló durante las siguientes fases:

5.1 FASE DE GABINETE

Para esta fase, se recopiló información de los trabajos experimentales (tesis de grado, etc.) realizados con inhibidores de la floración en caña de azúcar. Principalmente los realizados en el Ingenio Pantalcón conjuntamente con el Centro Guatemalteco de investigación de la caña de azúcar (CENGICAÑA); por se estos los lugares donde se dieron inicio las investigaciones con inhibidores de la floración a principio de los años 90.

5.2 REVISIÓN DE PROGRAMAS DE APLICACION DE INHIBIDORES DE FLORACIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR

En esta fase se analizaron los programas de aplicaciones de inhibidores de floración realizadas en la agroindustria azucarera guatemalteca tomándose como base las aplicaciones hechas por el Ingenio Tierra Buena por contar estas con un registro mas completo a través de los años.

5.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con base a la información obtenida en la fase de gabinete y la revisión de programas de aplicación de inhibidores de la floración se procedió al análisis, interpretación y presentación de resultados que son la base para el desarrollo del presente trabajo.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 FASE EXPERIMENTAL

El primer ensayo con inhibidores de la floración del que se tiene registro en Guatemala, se realizó en el año de 1993 en la empresa Pantaleón S.A., Siquinalá, Escuintla. En este ensayo se evaluó el ácido 2-cloroetilto fosfórico (ethrel), en cuatro dosis y 6 épocas de aplicación en la variedad CP-722086 en el municipio de Siquinalá, Escuintla. La investigación se llevó a cabo en la Empresa Pantaleón S.A. ubicada a 14° 19' Latitud Norte y 90° 59' Longitud Oeste, a una altitud de 272 msnm (10). En base a los registros meteorológicos de la estación tipo "B" las condiciones climáticas promedio se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones climáticas promedio reportadas para el Ingenio Pantaleón.

Humedad relativa	70%
Precipitación pluvial media anual	3,766 mm
Días de lluvia promedio anual	210
Temperatura	27 ° C
Evaporación promedio anual a la intemperie	1,545 mm

En el año 1998 en el ingenio El Baúl, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, se evaluó el mismo producto (ácido 2-cloroetilto fosfórico) en tres dosis y seis épocas de aplicación. En la misma variedad de caña de azúcar. Esta empresa se encontraba localizado a 14° 21' Latitud Norte y 91° 09' Longitud Oeste. Las condiciones climáticas de dicho lugar se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones climáticas promedio reportadas para el Ingenio El Baúl.

Humedad relativa	80%
Precipitación pluvial media anual	3,150 mm
Días de lluvia promedio anual	210
Temperatura	27 ° C
Evaporación promedio anual a la intemperie	1.545 mm

6.1.1 Diseño experimental

Para la ejecución de ambos ensayos se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, tomando como factor principal la época de aplicación y ubicando las dosis en la parcela pequeña.

6. 1. 2 Descripción de los tratamientos evaluados

Los tratamientos utilizados en los ensayos anteriormente mencionados pueden observarse en el Cuadro 3.

Cuadro3. Descripción de los tratamientos utilizados en los ensayos

	Ingenio Pantaleón	Ingenio el Baúl
Dosificación del ácido 2-cloroetilo fosfórico	0.00 g de ia/ha 576.00 g de ia/ha 624.00 g de ia/ha 672.00 g de ia/ha 720.00 g de ia/ha	0.00 g de ia/ha 720.00 g de ia/ha 840.00 g de ia/ha 960.00 g de ia /ha
Épocas de aplicación	Tercera semana de julio Cuarta semana de julio Primera semana de agosto Segunda semana de agosto Tercera semana de agosto Cuarta semana de agosto	Tercera semana de julio Cuarta semana de julio Primera semana de agosto Segunda semana de agosto Tercera semana de agosto Cuarta semana de agosto

6. 1. 2 Variable de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas en ambos ensayos se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Variables de respuesta evaluadas en los ensayos

Ingenio Pantaleón	Ingenio el Baúl
Altura total	Crecimiento (altura total)
Diámetro de tallos	Porcentaje de corcho
Porcentaje de corcho	Porcentaje de lalas
Porcentaje de lalas	Porcentaje de floración
Porcentaje de floración	Toneladas de caña/ha
Toneladas de caña/ha	Kilos de azúcar/tonelada de caña
Kilos de azúcar/tonelada de caña	

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las investigaciones de acuerdo a cada una de las variables respuestas consideradas.

6. 1. 2. 1 Altura total

En el primer ensayo de inhibidores de la floración, realizado en el ingenio Pantaleón en el año de 1993, para el caso de la altura total la aplicación del ácido 2-cloroetilo fosfórico no tuvo ningún efecto sobre el crecimiento directo de la caña de azúcar, ya que como se puede observar en la figura 1 los resultados obtenidos en las diferentes épocas de aplicación y con las diferentes dosificaciones del ethrel estadísticamente no presentaron ninguna diferencia por lo cual se consideran iguales.

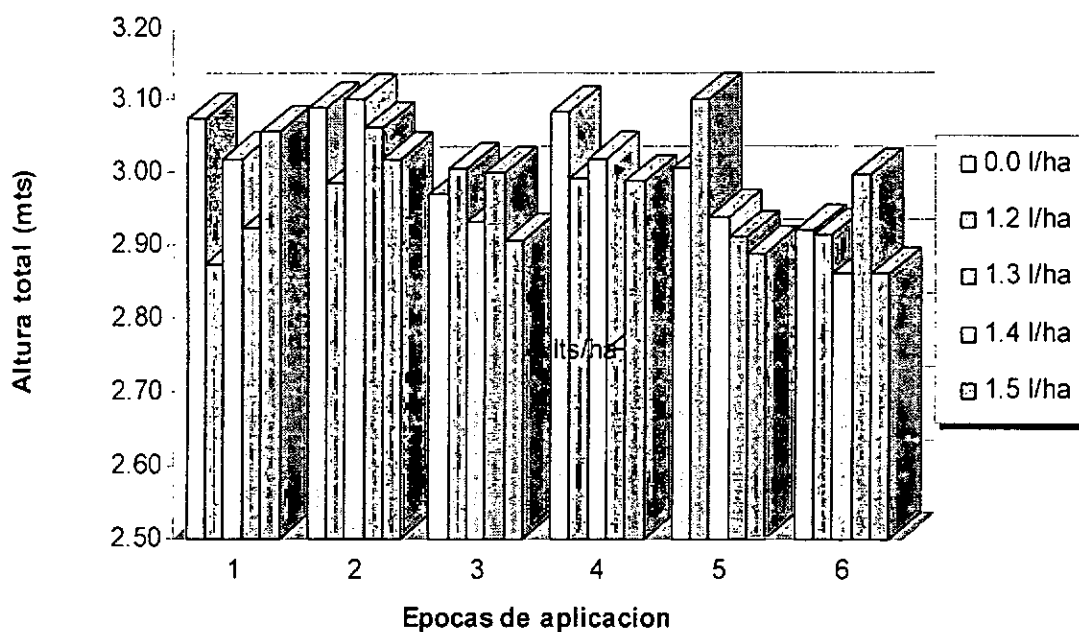


Figura 1. Altura total obtenida con aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94

Xia (21), reporta que el ethrel no tuvo efecto en el crecimiento ya que no se observa una diferencia significativa en cuanto a reportar alturas favorables. Así mismo en relación a las dosificaciones y épocas reporta que no existe una que reporte alturas significativas, ya que en algunos casos el testigo lograba alturas superiores a las tratadas con ethrel.

6. 1. 2. 2 Diámetro

Esta variable presenta una relación directa con el incremento o decremento en el tonelaje de la caña por lo que al igual que la altura total nos puede mostrar los efectos que pueda tener el ethrel en el crecimiento directo de la caña de azúcar. Como se puede observar en la figura 2 a pesar de que existen diferencias en cuanto al diámetro de la caña en las diferentes épocas de aplicación con las diferentes dosificaciones de ethrel estas diferencias no son constantes para todas las épocas y dosificaciones. Tomando como base estas consideraciones podemos establecer que en lo que respecta al diámetro de la caña el ethrel no tuvo ningún efecto en el mismo .

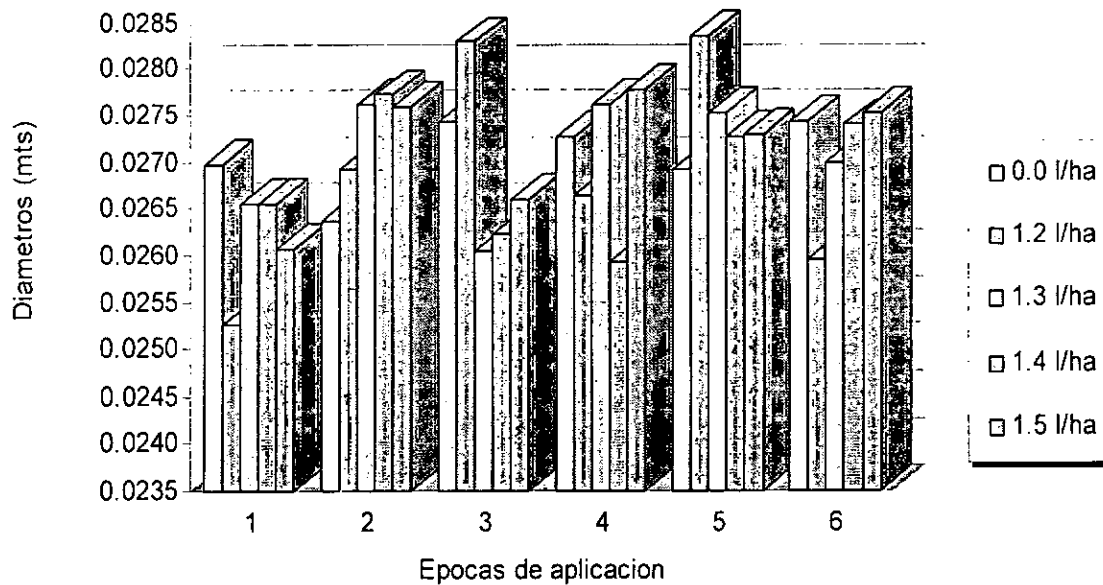


Figura 2. Diámetro obtenido con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94

6. 1. 2. 3 Porcentaje de brotes laterales (lalas)

Con los datos obtenidos de los muestreos del porcentaje de lalas se efectuó un análisis de varianza previo la transformación de los datos mediante la formula de arcoseno.

El análisis de varianza efectuado, nos demuestra que existen diferencias significativas entre épocas y diferencias altamente significativas entre dosificaciones; para el caso de la interacción no presento diferencias estadísticas (Figura 3).

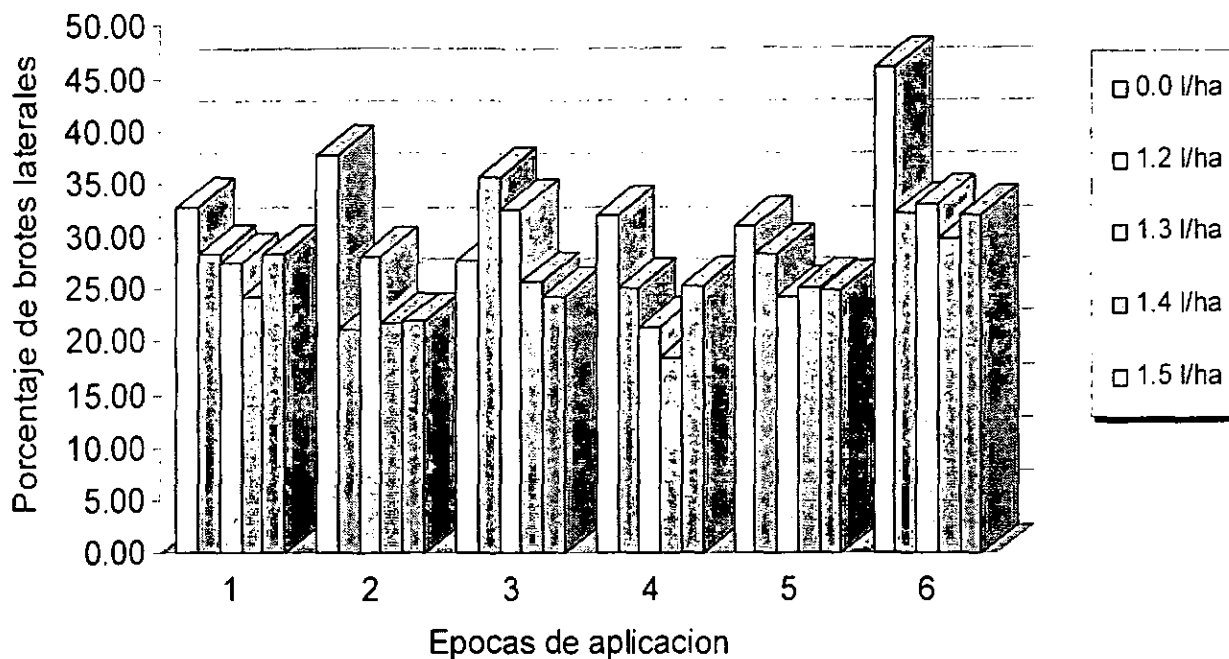


Figura 3. Porcentaje de brotes laterales obtenidos con la aplicación de ethrel.

Pantaleón S.A. zafra 93-94

Una vez establecidas la existencia de las diferencias entre tratamientos se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia tanto para las épocas como para las dosificaciones. En el primer caso se determinó que las aplicaciones efectuadas con el ácido 2-cloroetilo fosfórico en la época 6 presentaron un mayor porcentaje de lalas en comparación con las épocas 2 y 4 que estadísticamente son iguales y mejores que la anterior por presentar un porcentaje menor. Esto posiblemente se deba al efecto que tenga el producto utilizado sobre la edad de la caña. En los cuadros 5 y 6 puede observarse las pruebas de tukey al 5% realizadas a los factores época de aplicación y dosis de ácido cloroetilo fosfórico evaluadas.

Cuadro 5. Prueba de tukey al 5% para la variable porcentaje de brotes laterales (lalas) en las épocas de aplicación.

EPOCAS DE APLICACION	GRUPO TUKEY
EPOCA 6	A
EPOCA 3	AB
EPOCA 1	AB
EPOCA 5	AB
EPOCA 2	B
EPOCA4	B

Después de realizar la prueba de medias correspondiente para el caso de las dosificaciones (ver cuadro 6) se estableció que la dosificación de 0.0 l/hectárea (testigo) fue el tratamiento que presentó mayor porcentaje de lalas. Por lo que se puede considerar que la aplicación del ácido 2-cloroetil fosfórico en alguna medida tiene un efecto negativo en la formación de brotes laterales o lalas ya que todos los tratamientos a excepción del testigo presentaban menor porcentaje de lalas y estadísticamente se consideraban iguales.

Cuadro 6. Prueba de tukey al 5% para la variable porcentaje de brotes laterales (lalas) a diferentes dosificaciones:

DOSIFICACIONES	GRUPO TUKEY
0.00 g ia/ha (0.0 l)	A
576.00 g ia/ha (1.2 l)	B
624.00 g ia/ha (1.3 l)	B
720.00 g ia/ha (1.5 l)	B
672.00 g ia/ha (1.4 l)	B

La característica de brotes laterales o lalas es indeseable desde el punto de vista de producción ya que trae como consecuencia una disminución del rendimiento.

Caso contrario ocurrió en el ensayo realizado por Xia (Figura 4), ya que en el mismo se observa que el tratamiento con mayor número de brotes laterales es el que corresponde a la dosis de ethrel mas alta (2.0 l/ha) con una media de 4.15 brotes laterales por tallo, seguido de la dosis 1.75 l/ha con 2.69 brotes laterales por tallo; siendo la dosis 1.5 l/ha quien presento un valor menor en numero de brotes laterales por tallo. Esto sin tomar en cuenta al testigo el cual no presento ningún brote lateral por tallo (21).

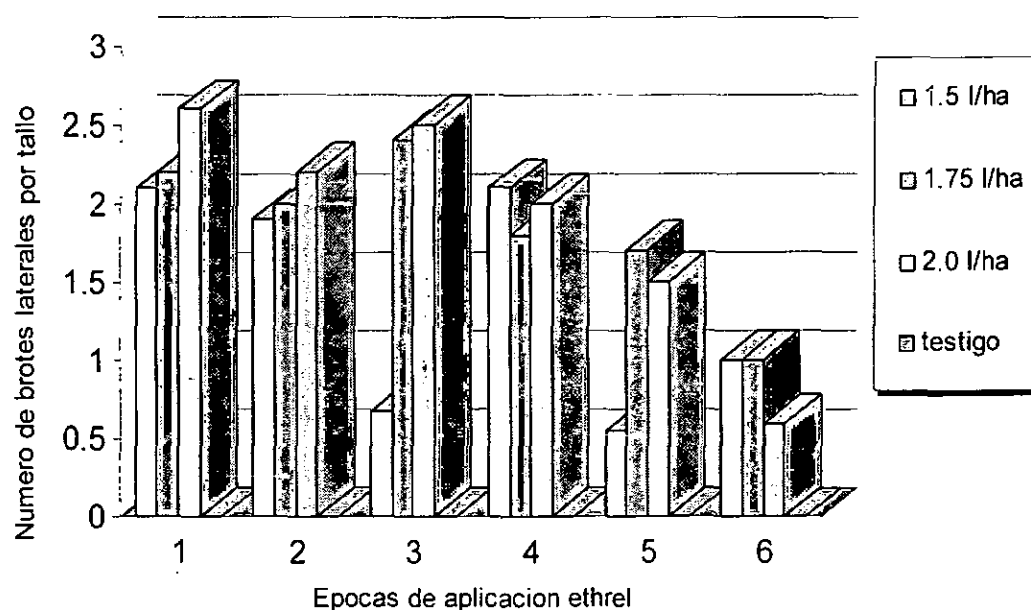


Figura 4. Número de brotes laterales obtenidos al aplicar ethrel. El Baúl S.A. zafra 98-99

6. 1. 2. 4 Porcentaje de corcho

En la figura 5 se observan los resultados obtenidos en la aplicación de ethrel en el ingenio Pantaleón, zafra 93-94. Estos demuestran que existe diferencia significativa entre épocas, dosificaciones y la interacción de las mismas por lo que se procedió a hacer la prueba de Tukey al 5% de significancia para las interacciones.

En dicha prueba se puede observar que los mayores porcentajes de corcho están relacionados directamente con la interacción de 0.0 l del ácido 2-cloroetilo fosfórico (0.00 g de ia/ha) en las épocas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 obteniéndose los mayores porcentajes a 0.0 l/hectárea (0.0 g de ia) aplicado en la época 2. Por lo que podríamos discutir que el ácido 2 cloroetilo fosfórico tiene un efecto negativo en la formación del corcho después de la floración esto bajo las dosificaciones y épocas evaluadas.

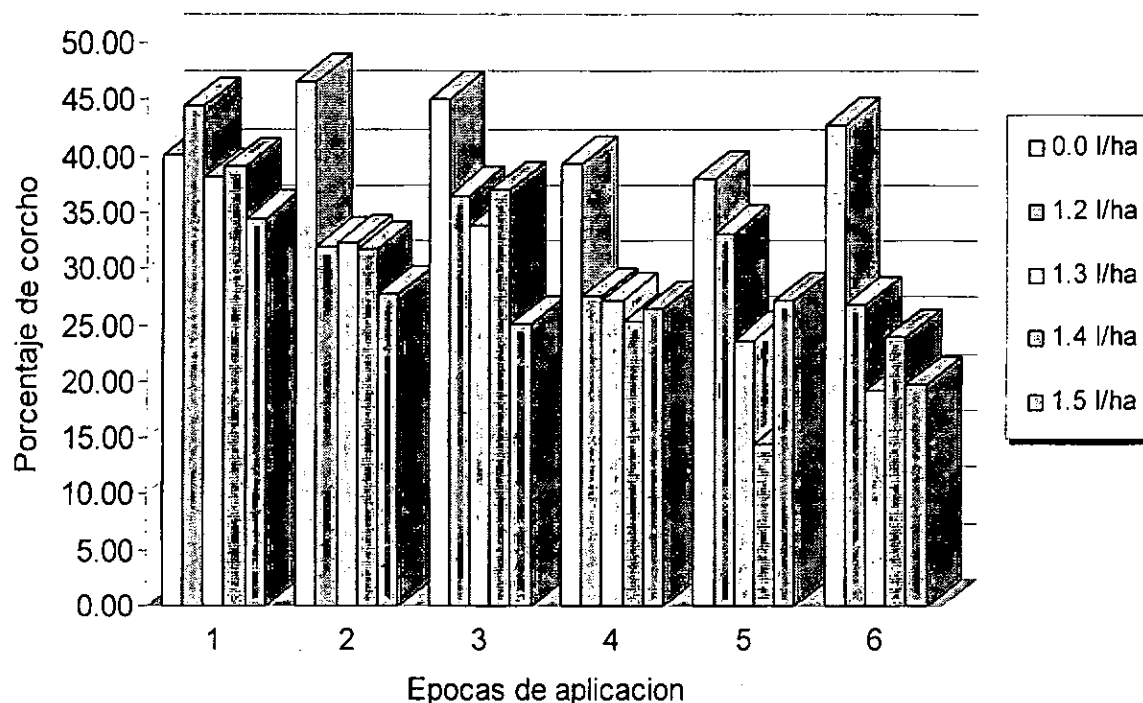


Figura 5. Porcentaje de corcho obtenido con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94

El corcho es una característica negativa de la caña que se presenta después de la formación de la flor y que trae como consecuencia una reducción en el tonelaje y además una reducción en los rendimientos de azúcar. Los menores porcentajes de corcho se obtuvieron en las últimas épocas de aplicación 6 y 5 en las dosificaciones de 1.3 (624.00 g de ia), 1.4 (672.00 g de ia) y 1.5 l/hectárea (720.00 g de ia).

Xia (21), reporta que en las parcelas donde no se aplicó ethrel (testigo) se obtuvieron los porcentajes de corcho más altos en los entrenudos, respecto a las parcelas que si se trataron con las dosis y épocas ya mencionadas, indicando diferencias significativas entre los mismos. Se presentó el caso que la dosis utilizada de 2.0 l/ha presentó los valores de porcentaje de corcho más bajos comparado con la dosis de 1.5 y 1.75 l/ha durante las seis épocas de aplicación evaluadas seguido de la dosis de 1.5 l/ha quien reporto valores promedio de 17.58% de entrenudos con corcho. Sin embargo al finalizar la lectura de corcho, se encontró que todas las parcelas presentaron formación de médula corchosa en el ensayo experimental (Figura 6).

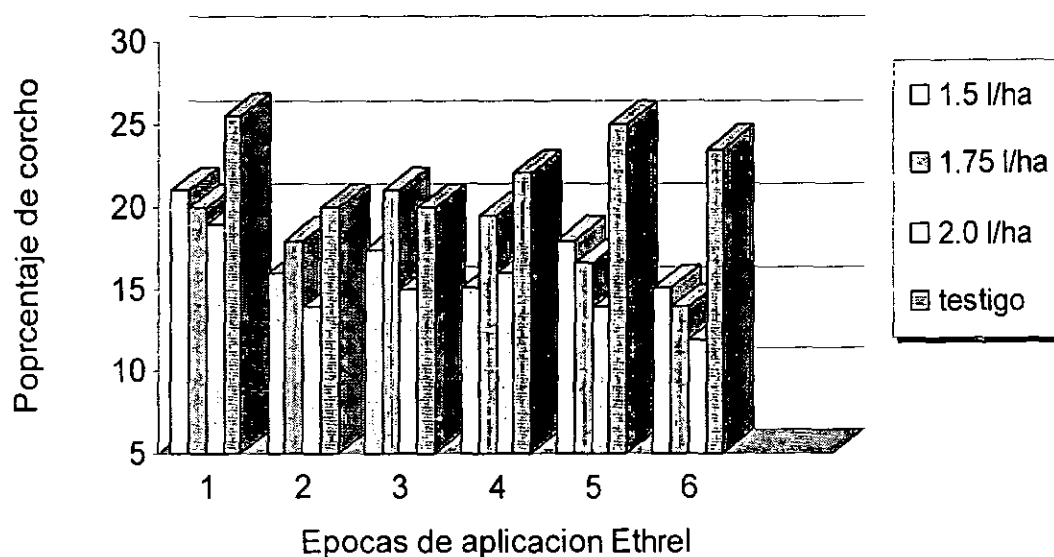


Figura 6. Porcentaje de corcho obtenido con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A. zafra 98-99.

6. 1. 2. 5 Porcentaje de floración

Como se puede observar en la Figura 7, el menor porcentaje de floración se obtuvo en la época de aplicación 4 y 5 que corresponde al mes de agosto que según INSIVUMEH (18), es el mes donde se dan las 12.45 a 12.5 horas luz. Esto fue confirmado con el análisis de varianza el cual nos dio diferencias significativas entre épocas y dosificaciones por lo que se hizo necesario realizar una prueba de Tukey al 5% de significancia. Además se pudo observar que los mayores porcentajes de floración se obtuvieron en el testigo absoluto.

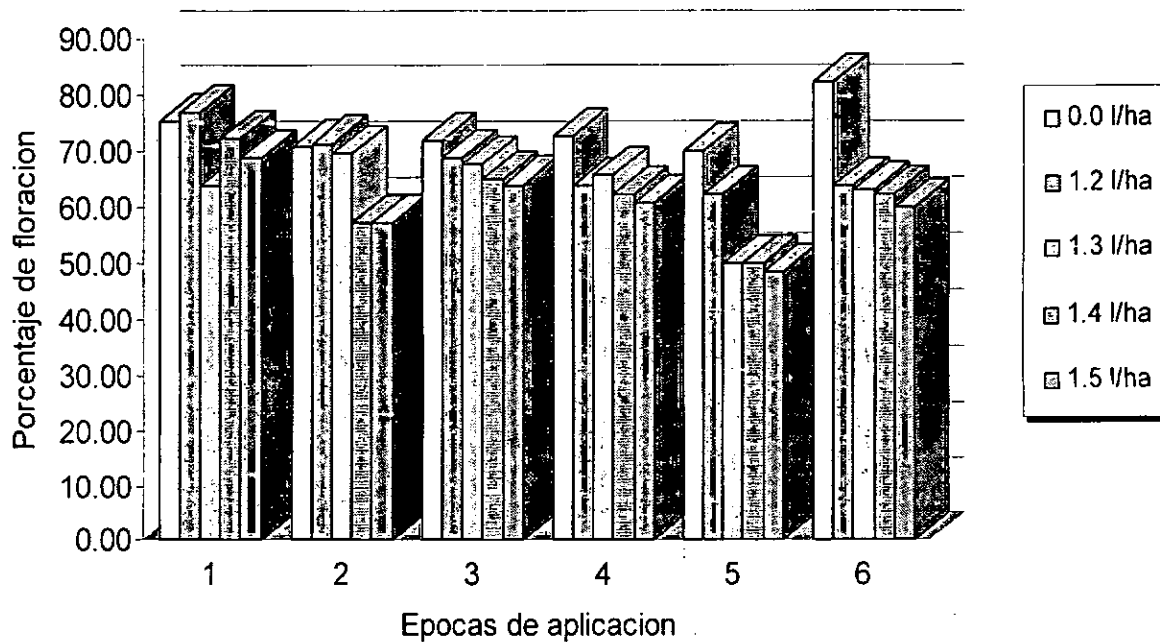


Figura 7. Porcentaje de floración obtenido con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94

Las pruebas de tukey al 5% realizadas a las distintas épocas de aplicación y dosis de ácido cloroetilo fosfórico evaluadas por Xia (21) se muestran en los cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Prueba de tukey al 5% para la variable porcentaje de floración en las épocas de aplicación.

EPOCAS DE APLICACION	GRUPO TUKEY
EPOCA 1	A
EPOCA 3	A
EPOCA 6	A
EPOCA 2	A
EPOCA 4	AB
EPOCA 5	B

Cuadro 8. Prueba de tukey al 5% para la variable porcentaje de floración a diferentes dosificaciones.

DOSIFICACIONES	GRUPO TUKEY
0.00 g ia/ha (0.0 l)	A
576.00 g ia/ha (1.2 l)	B
624.00 g ia/ha (1.3 l)	B
672.00 g ia/ha(1.4 l)	B
720.00 g ia/ha (1.5 l)	B

En los cuadros anteriores se pueden observar los resultados obtenidos de la prueba de medias para las diferentes dosificaciones en el mismo se puede notar que a diferencia del testigo todas las dosificaciones utilizadas presenta algún tipo de control sobre la floración en caña de azúcar. Considerándose todos a excepción del testigo estadísticamente iguales. Caso contrario ocurrió en el ensayo efectuado por Xia (ver figura 8), en el cual no hubo efecto del ethrel en la inhibición de la floración en las dosis y épocas de aplicación del producto.

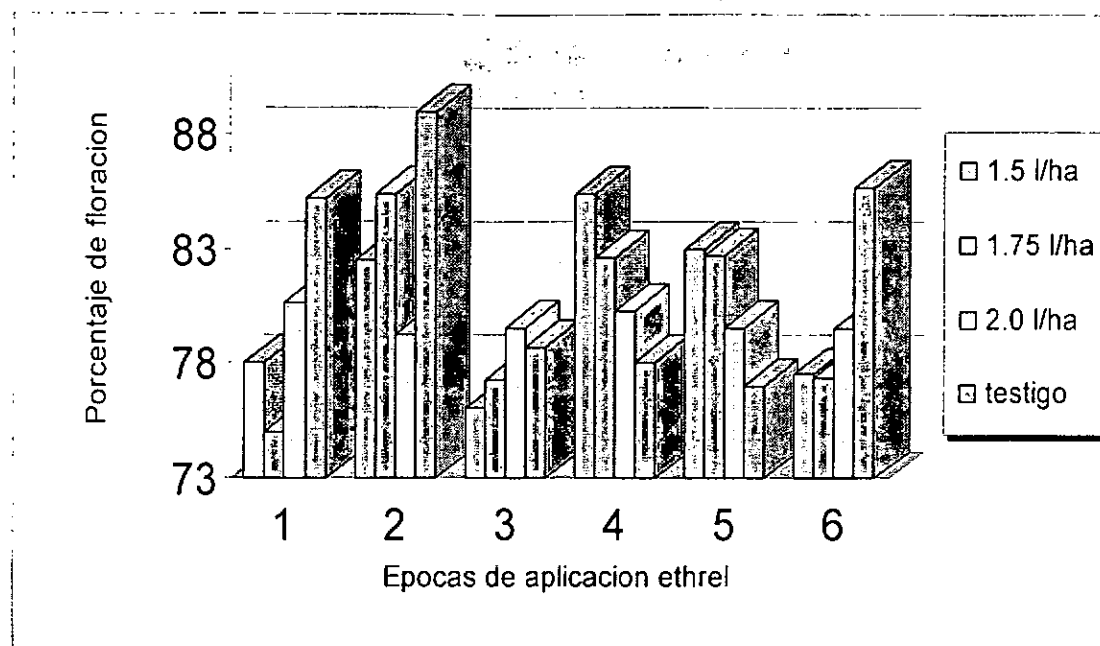


Figura 8. Porcentaje de floración obtenido con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A. zafra 98-99.

6. 1. 2. 6 Libras de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea

Haciendo una relación entre los datos analizados anteriormente con el rendimiento en la caña de azúcar (libras de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea), podemos discutir que las aplicaciones del ácido 2-cloroetilo fosfórico en alguna medida provocaron ciertos efectos agronómicos deseables en la morfología de la caña; como lo es la reducción en los porcentajes de corcho, porcentaje de lalas y porcentaje de flor. Pero dichos efectos no fueron suficientes como para mejorar en calidad y cantidad los contenidos de azúcares y los tonelajes en caña de azúcar, que son las variables más importantes desde el punto de vista económico, ya que estadísticamente tanto las libras de azúcar por tonelada de caña y las toneladas de caña por hectárea no presentaron diferencias significativas en las épocas, dosificaciones, variedad, condiciones ambientales y manejo al que fue sometido este ensayo (ver figuras 9 y 10).

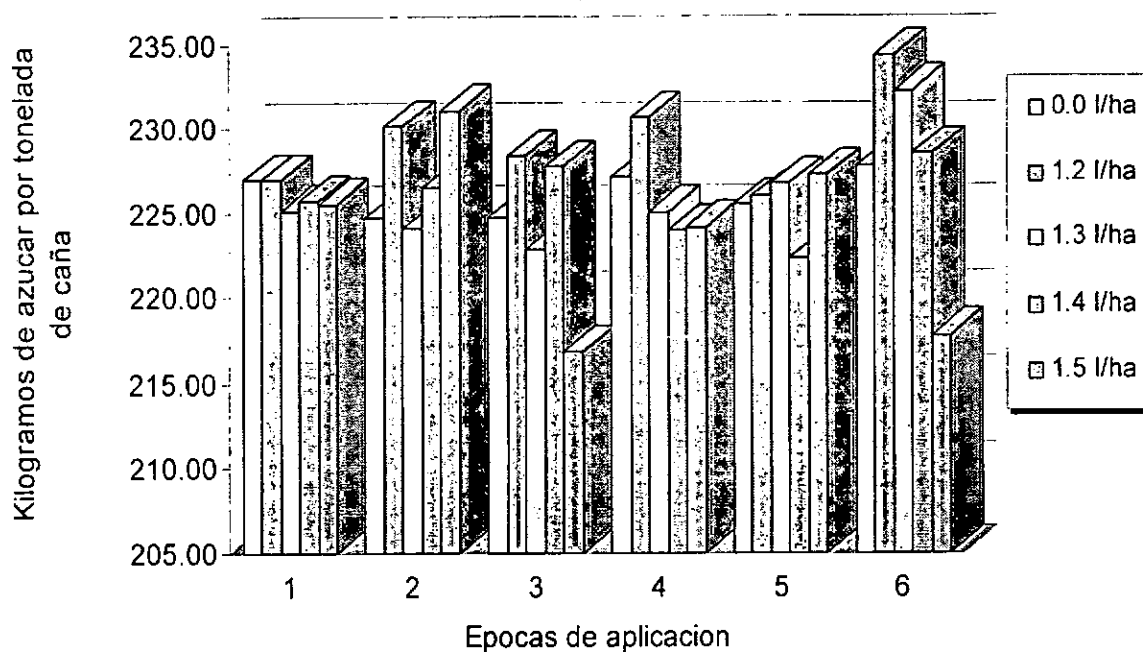


Figura 9. Kilogramos de azúcar por tonelada de caña obtenidos con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94.

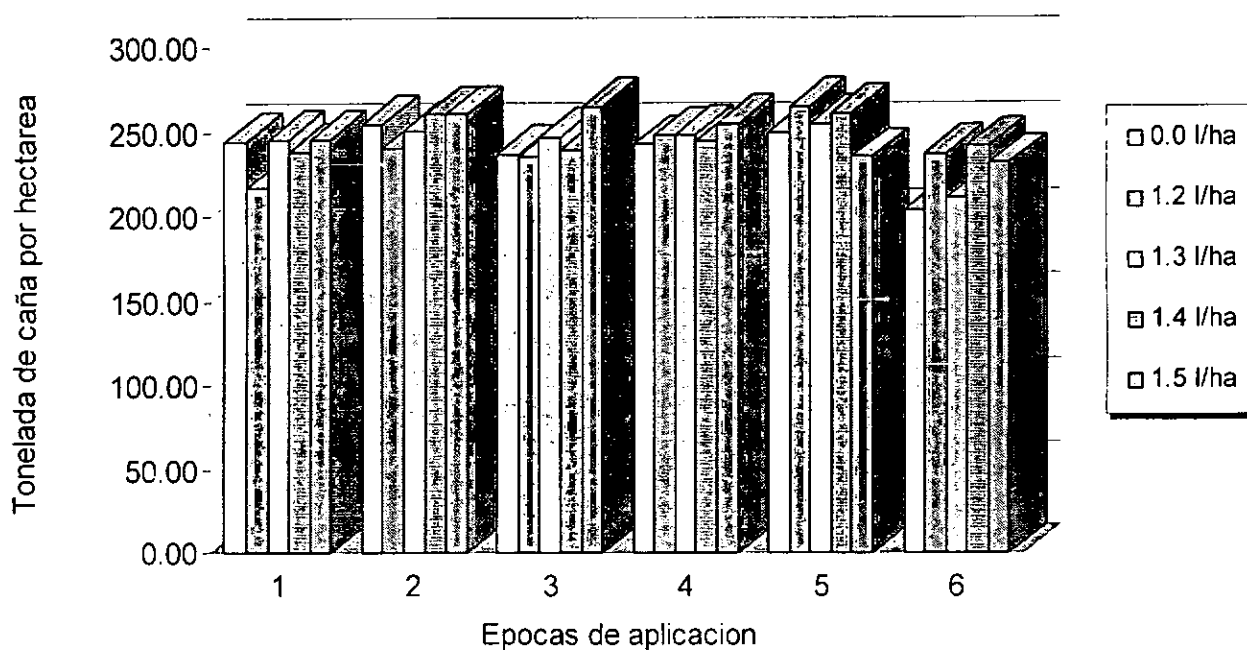


Figura 10. Toneladas de caña por hectárea obtenidas con la aplicación de ethrel. Pantaleón S.A. zafra 93-94.

Similares resultados se presentaron en el ensayo realizado en El Baúl S.A. en donde se puede observar que las aplicaciones de ethrel no tuvieron ningún efecto en los kilogramos de azúcar por tonelada de caña y toneladas de caña por hectárea ya que estadísticamente en cada una de estas variables de respuestas evaluadas todos los tratamientos fueron considerados iguales (21), esto puede observarse en las figuras 11 y 12.

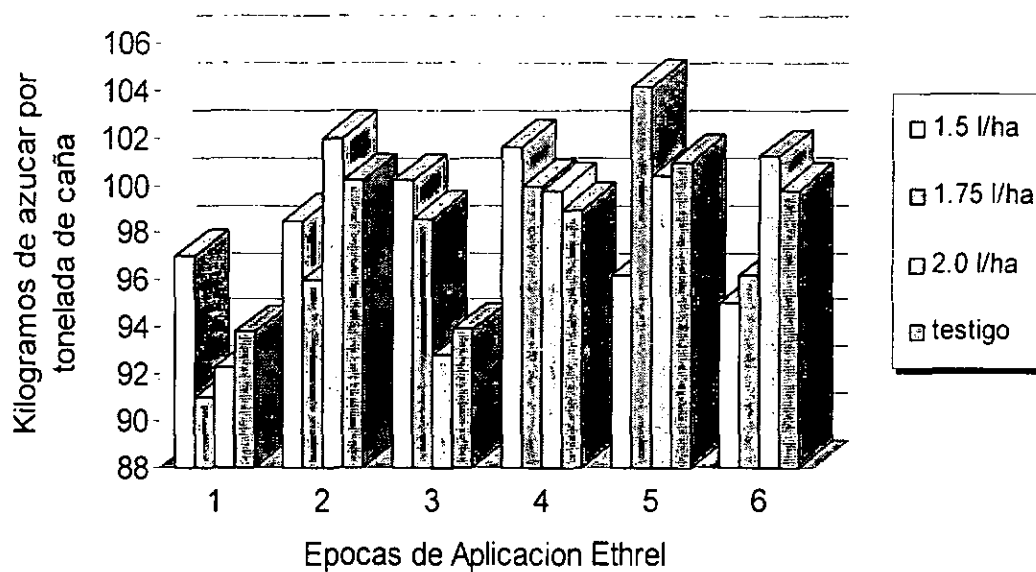


Figura 11. Kilogramos de azúcar por tonelada de caña obtenidos con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A. zafra 98-99.

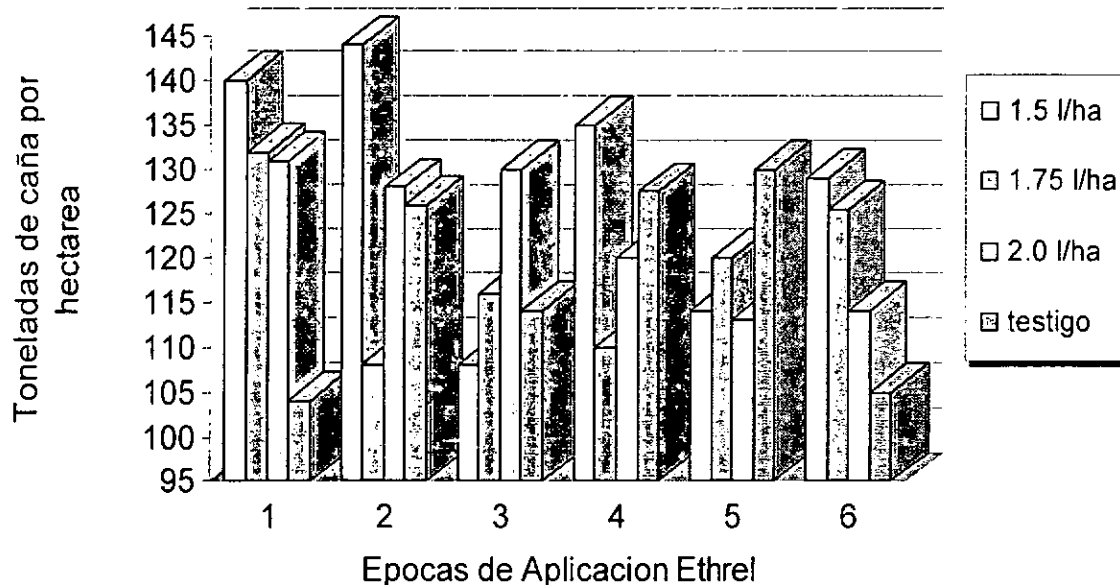


Figura 12. Toneladas de caña por hectárea obtenidas con la aplicación de ethrel. El Baúl S.A. zafra 98-99.

6.2 EXPERIENCIA EN APLICACIONES COMERCIALES

A partir de los primeros ensayos que se realizaron con el uso de inhibidores de la floración (aunque con resultados no muy satisfactorios), se inicio una etapa de aplicaciones a nivel semicomercial y comercial. A continuación se describen los resultados obtenidos en estas pruebas, tomando como base el Ingenio Tierra Buena por ser este ingenio el que más utilizo a nivel comercial y semicomercial inhibidores de la floración.

Durante la zafra 96-97 se utilizó ethrel 480 como inhibidor de la floración en los lotes que se iban a cortar en el primer tercio sin aplicación de madurantes. Las dosificaciones utilizadas fueron de 1.25 y 1.50 l/ha, y se hicieron 8 aplicaciones; desde finales de junio hasta inicios de septiembre. Los mejores resultados de inhibición de la

floración se obtuvieron con la dosis de 1.5 litros/ha aplicada en las épocas del 7 al 21 de agosto (17). En este reporte no describen cual fue el porcentaje de floración que se logro inhibir ni que otros beneficios se obtuvieron .

Para el periodo 97-98 se aplicaron 437 has (16% del área total), de la variedad CP-722086, con ethrel 480 a una dosificación de 1.5 l/ha, aplicados en la segunda semana de agosto. Esto fue solo para los pantes que se iban a cortar en el segundo tercio de la zafra sin aplicación de madurantes (17).

Dentro de los resultados mas importantes obtenidos con estas aplicaciones podemos mencionar que hubo inhibiciones de la floración que van desde los 50% hasta el 80% y con un incremento promedio de 8 toneladas de caña por hectárea. En cuanto al rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña no hubo ningún incremento significativo (17).

Al año siguiente (zafra 98-99) se aplicaron 490 has en los pantes que se iban a cosechar en el segundo tercio de la zafra. Las variedades aplicadas fueron la CP-722086, CP-731547 y MZ-74-275. El producto utilizado fue ethrel 480 a una dosis de 1.5 l/ha y la época de aplicación fue la segunda semana de agosto (17).

Los resultados obtenidos durante este periodo fueron los siguientes: no hubo inhibición de la floración en el área aplicada. Hubo un 66 % de floración en las áreas aplicadas con inhibidores de la floración y 67% de floración en las áreas no aplicadas con inhibidores. En las áreas aplicadas con inhibidores hubo un incremento de 7.22 toneladas por hectárea promedio y 0.93 libras de azúcar por tonelada de caña (17).

Para la zafra 1999-2000 no hubo aplicación de inhibidores de la floración. Para la zafra 2000-2001 se hicieron aplicaciones en los lotes que iban a ser cortados durante toda la zafra y que estuviesen o no aplicados con madurante. Los productos utilizados fueron: Optilux 480 y Súper Boll (ambos ácido 2-cloroetilo fosfórico: 480 g de ia/l), con una dosis de 1.5 l/ha en las variedades CP-722086, CP-731547 y CP-721210. La época de aplicación fue la segunda y tercera semana de agosto y el área de aplicación fue de 2197 hectáreas.

Para la interpretación de los resultados obtenidos en estas aplicaciones se diferenciaron dos zonas altitudinales las cuales eran las predominantes en esta empresa: En la zona baja (ver figura 13) que va desde los 0 a los 100 msnm se obtuvieron inhibiciones de la floración que van desde los 66 a los 27%; mientras que en la zona media (ver figura 14) que va desde 101 a 200 msnm los resultados de inhibición fueron desde un 52% hasta situaciones en las que las áreas aplicadas tuvieron un porcentaje de floración por encima de las áreas no aplicadas (46% de floración en áreas aplicadas con inhibidores y 37% de floración en áreas no aplicadas) (18).

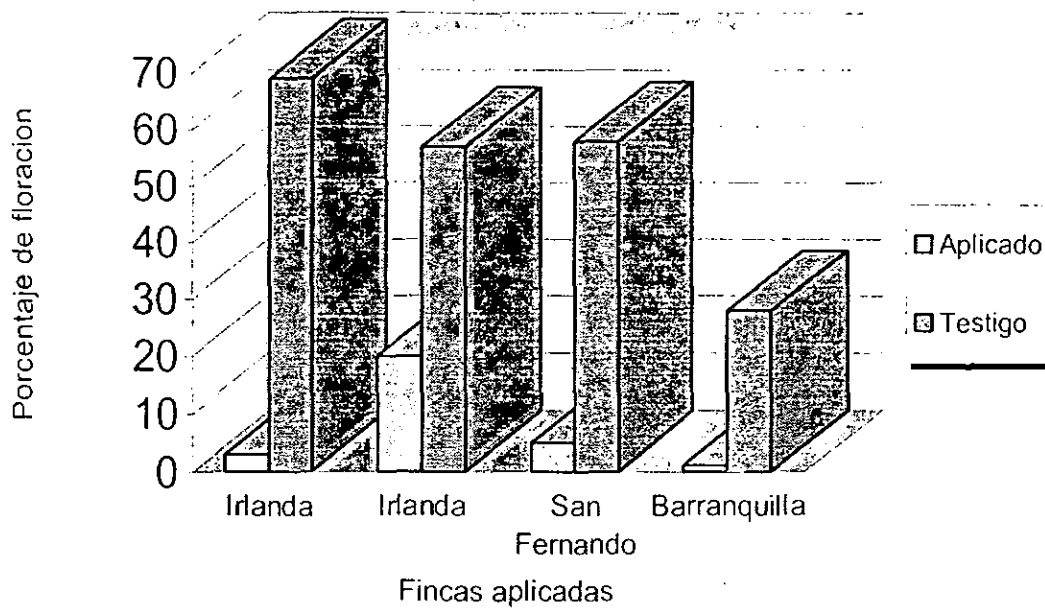


Figura 13. Porcentaje de floración en la zona baja (0 a 100 msnm). Ingenio Tierra Buena Zafra 2000-2001.

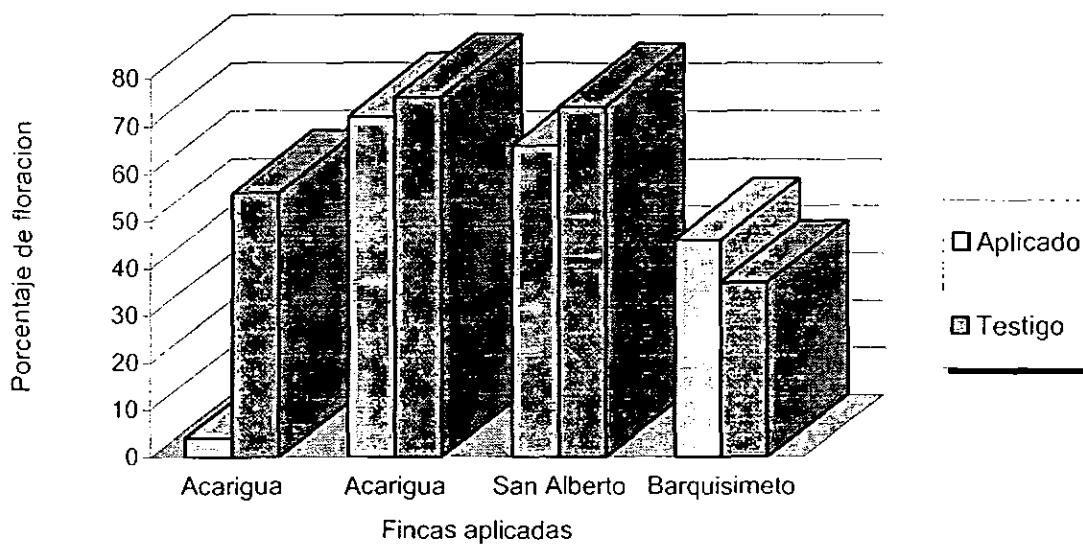


Figura 14. Porcentaje de floración zona media (101 a 200 msnm) Ingenio Tierra Buena zafra 2000-2001.

Los resultados obtenidos en toneladas de caña por hectárea y libras de azúcar por tonelada de caña son muy variados y presentan inconsistencia en su comportamiento. El último período del que se tiene registro de aplicaciones con inhibidores de floración en esta empresa es la zafra 2002-2003 (ver figuras 15 y 16), en la cual se aplicaron 3,012 hectáreas en las variedades CP-722086, CP-731547 y CP-721210. El producto utilizado fue ethrel aplicado durante la segunda y tercera semana de agosto en dosis de 1.5 l/ha (18).

Dentro de los resultados obtenidos en este periodo podemos mencionar que el porcentaje de inhibición de la floración de las áreas aplicadas va desde un 56% hasta un 33% en la zona baja (0-100 msnm) y 40% en la zona media (101-200 msnm); esto puede observarse en las figuras 15 y 16.

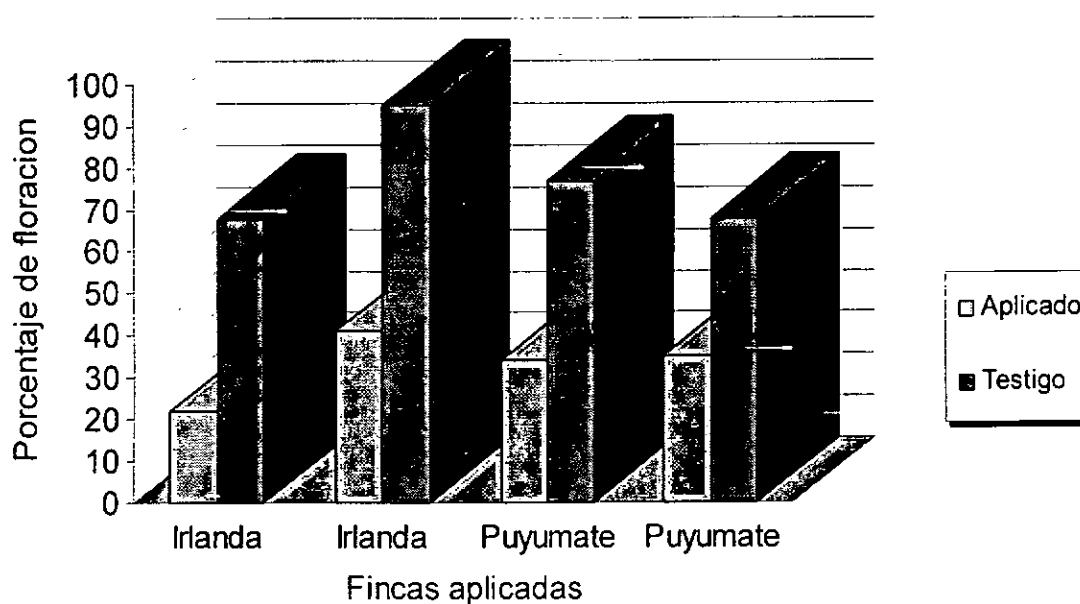


Figura 15. Porcentaje de floración en la zona baja (0 a 100 msnm) Ingenio Tierra Buena zafra 2002-2003.

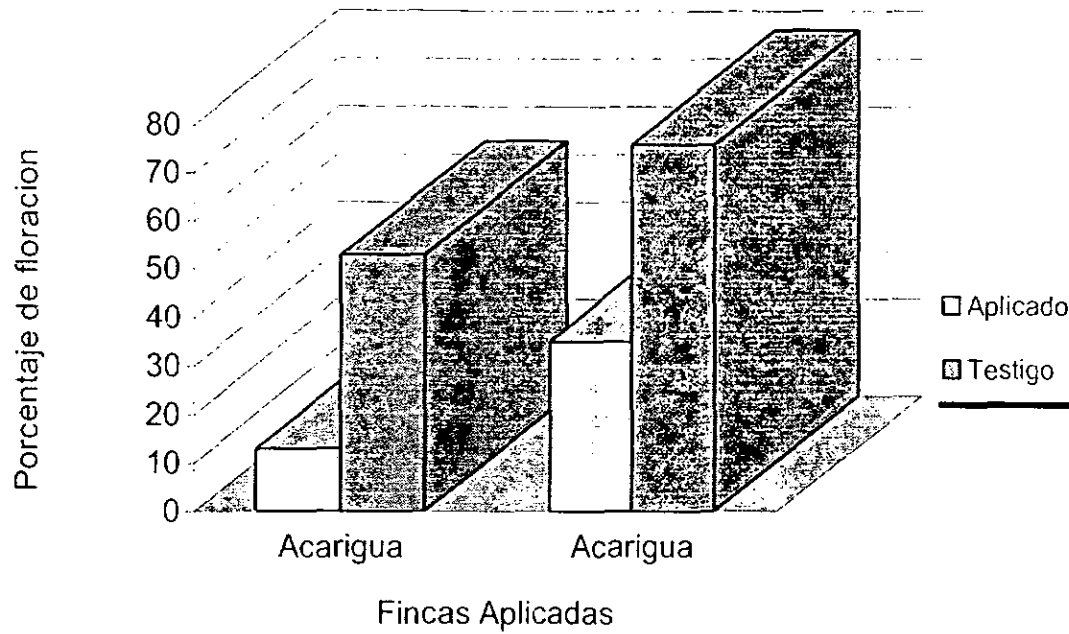


Figura 16. Porcentaje de floración en la zona alta (101 a 200 msnm) Ingenio Tierra Buena zafra 2002-2003.

En cuanto a las toneladas de caña por hectárea se obtuvo incrementos en las áreas aplicadas con inhibidores de la floración que van desde 4.62 hasta 10.75 toneladas de caña por hectárea. En lo que respecta a libras de azúcar por tonelada de caña no existen referencias.

7. CONCLUSIONES

1. En la fase experimental los inhibidores de floración aunque mejoraron ciertas características como la reducción en el porcentaje de corcho y en el porcentaje de floración; las toneladas de caña por hectárea y libras de azúcar por tonelada de caña estadísticamente no presentaron ninguna diferencia significativa con respecto al testigo.
2. En las aplicaciones comerciales a pesar de inhibir en cierto grado la floración en la caña de azúcar e incrementar los rendimientos tanto en toneladas de caña por hectárea y libras de azúcar por tonelada de caña; estos resultados no fueron consistentes a través de los años.
3. En las aplicaciones comerciales aunque los resultados no fueron del todo satisfactorios los mejores resultados se dieron con dosificaciones del 1.5 l/ha en la segunda y tercera semana de agosto.
4. Como conclusión general podemos mencionar que a pesar de que en algunas ocasiones se logran ciertos resultados interesantes como lo es la reducción en el porcentaje de floración, incremento de toneladas de caña por hectárea e incremento en libras de azúcar por tonelada de caña los inhibidores de la floración no presentan resultados consistentes a través de los años. Esto seguramente debido a que la floración en la caña de azúcar está afectada por una serie de factores climáticos que afectan a la misma y que están prácticamente fuera de nuestro control.

8. RECOMENDACIONES

1. Continuar las investigaciones con inhibidores de la floración en las épocas y dosificaciones que presentaron mejores resultados tratando de correlacionarlas con las condiciones climáticas predominantes en los diferentes estratos de la zona cañera para establecer nichos de aplicación que nos aseguren cierta consistencia en los resultados.

9 BIBLIOGRAFIA

1. Amaya Estevez, A. 1986. Morfología de la caña de azúcar. *In* El cultivo de la caña de azúcar, memorias. Ed. por Carlos Buenaventura. Cali, Colombia, TECNICAÑA. 24 p.
2. Bidwell, RGS. 1987. Fisiología vegetal. México, AGT. 892 p.
3. Bocanegra, JC. 1983. Ethrel y prep. en el control de la floración en caña de azúcar. Guatemala, Rhone-Poulec. 52 p.
4. Buenaventura, CE. 1992. Estudio para la conformación del centro de investigación y capacitación de la caña de azúcar de Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 26 p. (Documento Técnico no.1).
5. Climaco, CD. 1997. Estudios de floración para la obtención de variedades de caña de azúcar en el valle del Cauca. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1997, Cali, Colombia). Memorias. Colombia, s.e. tomo I.
6. Cronquist, A. 1986. Introducción a la botánica. 2 ed. México, CECSA. 642 p.
7. Chávez Solera, MA. s.f. La maduración su control y la cosecha de la caña de azúcar. Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. 32 p.
8. García Sánchez, A; Martínez Astudillo, F; Ruiz Beltran, E; Rodríguez Suezcun, I; Varela MENA, J. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación de Capacitación de la Caña de Azúcar. 216 p.
9. Góngora Góngora, R. 1987. El empleo del ácido 2-cloroetilo fosfórico en la maduración de los frutos del tomate. Habana, Cuba, Centro de Información y Documentación Agropecuaria. 42 p.
10. Ingenio Pantaleón, Departamento de Investigación, GT. s.f. Áreas estimadas por variedad, datos de rendimiento y áreas aplicadas con madurantes. Escuintla, Guatemala. 16 p.
11. Ingenio Pantaleón, Departamento de Planificación y Control, GT. 1991. Visita de campo. Escuintla, Guatemala. 32 p.
12. _____. s.f. Descripción de variedades. Escuintla, Guatemala. 82 p.
13. _____. s.f. Informe de porcentaje y clasificación de variedades existentes en Pantaleón S.A.: zafra 91-92. Guatemala. 64 p.
14. _____. s.f. Reporte de floración. Escuintla, Guatemala. 18 p.
15. _____. s.f. Variedades reproductivas. Escuintla, Guatemala. 30 p.

16. Ingenio Tierra Buena, GT. 2000. Reporte de floración. Guatemala, Ingenio Tierra Buena, Departamento de Investigación. 21 p.
17. _____. 2002. Reporte de floración. Guatemala, Ingenio Tierra Buena, Departamento de Investigación. 9 p.
18. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología, e Hidrología, GT). 1993. Efemérides 1993. Guatemala. 26 p.
19. Union Carbide, US. s.f. Ethrel regulador de plantas. US. 123 p.
20. Viveros Valens, CA; Luna, CA. 1990. Introducción y sincronización de la floración en variedades de caña de azúcar. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (3., 1990, CO) / Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de América Latina y el Caribe (1., 1990, CO). Memorias. Cali Colombia. 640 p.
21. Xia Umul, MA. 2000. Evaluación de tres dosis y seis épocas de aplicación de ethrel, utilizado como inhibidor de la floración de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el estrato alto del ingenio El Baúl, S.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p.



No. Bo. Rolando Barrios

10. ANEXO

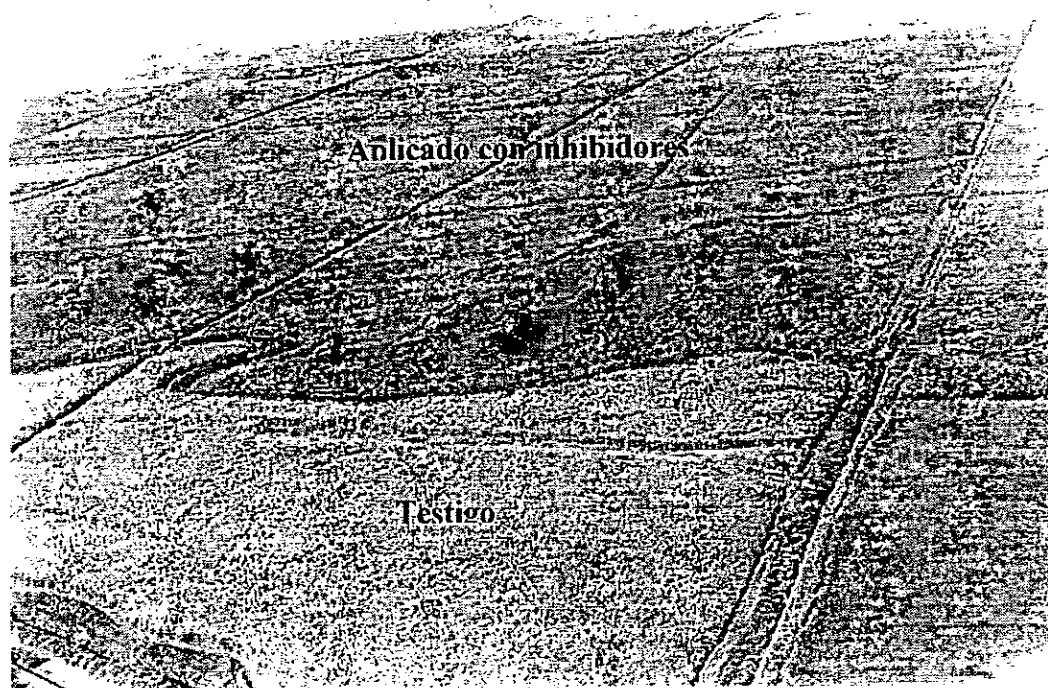


Figura 17. Comparación de áreas aplicadas con inhibidores de floración y áreas testigo sin aplicación. Ingenio Tierra Buena S.A. zafra 2000-2001.

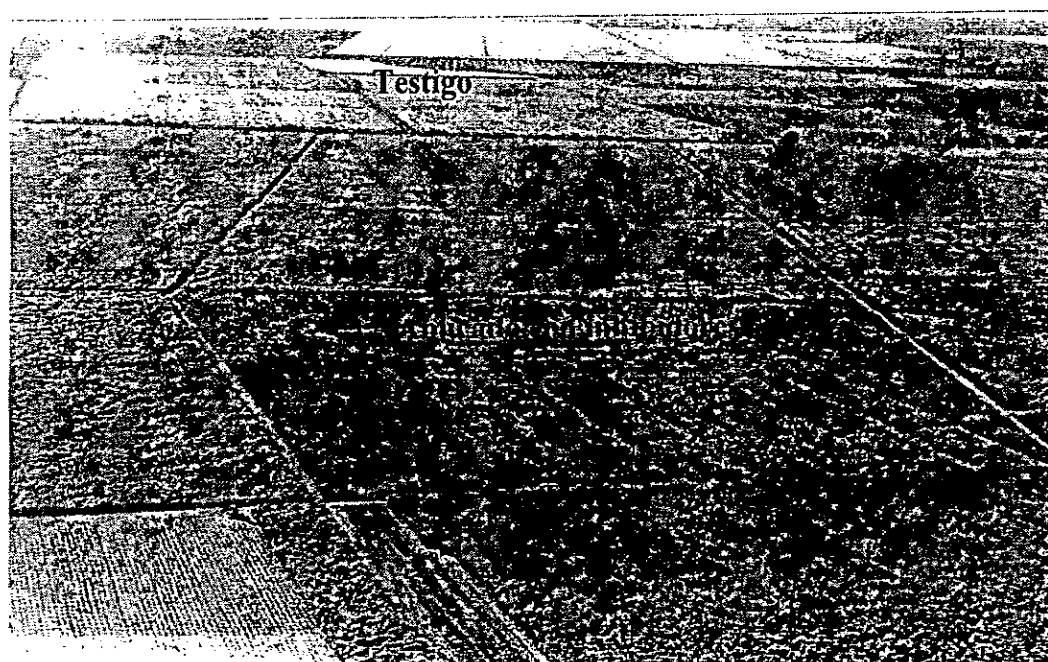


Figura 18. Comparación de áreas aplicadas con inhibidores de floración y áreas testigo. Ingenio Tierra Buena S.A. zafra 2002-2003.



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS
DOCUMENTO DE GRADUACION:

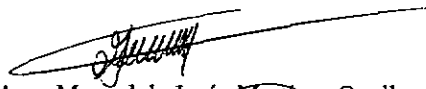
"EXPERIENCIAS EN LA APLICACION DEL ACIDO 2-
CLOROETILO FOSFORICO COMO INHIBIDOR DE LA
FLORACION EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.)"


DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: BYRON GEOVANI NAJERA ESTRADA

CARNE: 8813224

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. Eduardo Aníbal Toledo Meneses

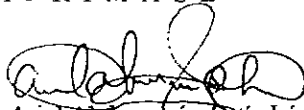
Los asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcado en el "PROGRAMA EXTRAORDINARIO PARA LA REALIZACIÓN DE TESIS DE GRADO PARA LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO", Aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Agronomía, según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de sesión celebrada el 17 de septiembre de 1,998.


Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle


Ing. Agr. Eduardo Aníbal Toledo Meneses
ASESOR



IMPRIMASE


Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
DECANO



cc. Control Académico
Archivo
DM/prr.

CUARTADO POSTAL 1545 § 01091, GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: iusac.edu.gt & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>