

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

**EVALUACION DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y CUATRO
CONCENTRACIONES DE ETHEPHION SOBRE LA BROTAÇÃO, POBLACION Y
PRODUCCIÓN DE CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum
officinarum* L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CAMANTULUL, SANTA
LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

TESIS

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

POR

MIGUEL ANTONIO LOPEZ VALENZUELA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

en

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, MARZO DE 1999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**RECTOR****Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA****DECANO****VOCAL PRIMERO****VOCAL SEGUNDO****VOCAL TERCERO****VOCAL CUARTO****VOCAL QUINTO****SECRETARIO****Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio****Ing. Agr. Juan José Castillo Mont****Ing. Agr. William Roberto Escobar López****Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa****Br. Oscar Javier Guevara Pineda****Br. José Domingo Mendoza Cipriano****Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta**

Guatemala Febrero de 1999

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

Señores Representantes:

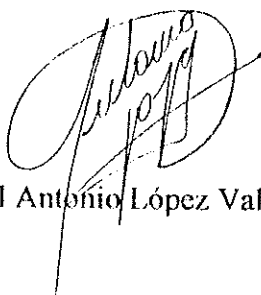
En cumplimiento a las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y CUATRO CONCENTRACIONES DE ETHEPHON SOBRE LA BROTAÇÃO, POBLACION Y PRODUCCIÓN DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CAMANTULUL, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.

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,



Miguel Antonio López Valenzuela

TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

COLEGIO SALESIANO "DON BOSCO"

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON A MI FORMACIÓN

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
 Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera

Por la asesoría, apoyo y esfuerzo brindado en la elaboración del presente trabajo

CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR (CENGICAÑA)

Por el apoyo y recursos invertidos en el desarrollo de la investigación

RHONE POULENC DE GUATEMALA

Por los insumos y asesoría técnica otorgada

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

Especialmente a Ezequiel López, Benancio Catalán, Byron Gonzalez, Marco Antonio Yon, y personal de campo de la estación experimental Camantulúl.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION	1
II. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco Conceptual	3
3.1.1 Importancia socioeconómica del cultivo en Guatemala	3
3.1.2 Origen, morfología y desarrollo vegetativo	3
3.1.2.1 Origen	3
3.1.2.2 Morfología	3
3.1.2.3 Desarrollo vegetativo	4
3.1.2.3.1 Periodo de brotación	4
3.1.2.3.2 Periodo de amacollamiento	4
3.1.3 Condiciones climáticas y edáficas	4
3.1.3.1 Generalidades	4
3.1.3.2 Efecto de la humedad del suelo sobre la brotación	5
3.1.3.3 Efectos de la temperatura sobre la brotación	6
3.1.4 Métodos de cultivo para promover la brotación	6
3.1.5 Establecimiento de plantaciones	6
3.1.5.1 Adecuación y preparación del terreno	6
3.1.5.2 Siembra y labores de cultivo	7
3.1.5.2.1 Material vegetativo para la siembra	7
3.1.5.2.2 Epoca de siembra	8
3.1.5.2.3 Métodos de siembra	8
3.1.5.2.4 Distanciamiento y densidad	8
3.1.5.2.5 Labores culturales	8
3.1.6 Control de malezas	9
3.1.7 Riego y drenaje	9
3.1.8 Reguladores de crecimiento en caña	9
3.1.8.1 Etileno	9
3.1.8.1.1 Efectos del etileno	10
3.1.8.1.2 Mecanismos de acción del etileno	10
3.2 Marco Referencial	11
3.2.1 Descripción del área experimental	11
3.2.1.1 Localización	11
3.2.1.2 Condiciones climáticas	11
3.2.1.3 Condiciones edáficas	11
3.2.2 Uso de ethephon en la propagación vegetativa de caña de azúcar	11
3.2.2.1 Experimentos realizados en Cuba	11
3.2.2.1.1 Experimento estación experimental San Nicolás, 1991	11

3.2.2.1.2 Experimento estación experimental Jovellanos, 1992	12
3.2.2.1.3 Experimento estación experimental Villa Clara, 1993	12
3.2.2.2 Experimentos realizados en Brasil	13
3.2.2.2.1 Experimento Fazenda Itauna, 1993	13
3.2.2.2.2 Experimento Fazenda Río da Onça, 1994	13
3.2.3 Características generales de cada variedad evaluada	14
3.2.3.1 CP-722086	14
3.2.3.2 CP-721210	14
3.2.3.3 CP-721312	15
3.2.3.4 CP-731547	15
3.2.3.5 MEX-68P23	16
IV. OBJETIVOS	17
4.1 General	17
4.2 Específicos	17
V. HIPOTESIS	18
VI. MATERIALES Y METODOS	19
6.1 Factores y niveles estudiados	19
6.1.1 Factores	19
6.1.1.1 Variedades	19
6.1.1.2 Concentración de Ethephon	19
6.1.1.3 Densidad de siembra	19
6.1.2 Tratamientos	20
6.2 Técnicas experimentales	20
6.2.1 Diseño experimental	20
6.2.2 Material experimental	20
6.3 Manejo del experimento	20
6.3.1 Preparación del terreno	20
6.3.2 Selección de los esquejes	20
6.3.3 Siembra	21
6.3.4 Manejo cultural	21
6.4 Medición de las variables respuesta	21
6.5 Análisis de la información	22
6.5.1 Prueba de normalidad	22
6.5.2 Análisis de varianza	23
6.5.2.1 Modelo estadístico	23
6.5.3 Pruebas de medias	24

VII. RESULTADOS	25
7.1 Porcentaje de brotación de yemas	25
7.1.1 Brotación de yemas según la densidad de siembra	25
7.1.2 Brotación de yemas según la concentración de Ethephon	26
7.1.3 Brotación de yemas según la variedad de caña	27
7.2 Población de tallos	28
7.2.1 Población de tallos según la densidad de siembra	28
7.2.2 Población de tallos según la concentración de Ethephon	28
7.2.3 Población de tallos según la variedad de caña	30
7.3 Diámetro de tallo	31
7.3.1 Diámetro de tallo según la variedad de caña	31
7.4 Altura de planta	31
7.4.1 Altura de planta según la densidad de siembra	31
7.4.2 Altura de planta según la concentración de Ethephon	32
7.4.3 Altura de planta según la interacción densidad-dosis	32
7.4.4 Altura de planta según la variedad de caña	33
7.5 Variables de cosecha	35
7.5.1 Yemas por tallo	35
7.5.1.1 Yemas por tallo según la densidad de siembra	35
7.5.1.2 Yemas por tallo según la concentración de Ethephon	35
7.5.1.3 Yemas por tallo según la variedad de caña	36
7.5.2 Macollas por hectárea	36
7.5.2.1 Número de macollas según la densidad de siembra	36
7.5.2.2 Número de macollas según la concentración de Ethephon	37
7.5.2.3 Número de macollas según la variedad de caña	38
7.5.3 Rendimiento de azúcar	38
7.5.3.1 Rendimiento de azúcar según la densidad de siembra	38
7.5.3.2 Rendimiento de azúcar según la concentración de Ethephon	39
7.5.3.3 Rendimiento de azúcar según la variedad de caña	39
7.5.4 Producción de caña	40
7.5.4.1 Producción de caña según la densidad de siembra	40
7.5.4.2 Producción de caña según la concentración de Ethephon	41
7.5.4.3 Producción de caña según la variedad	41
VIII. CONCLUSIONES	42
8.1 Porcentaje de brotación de yemas	42
8.2 Población de tallos	42
8.3 Diámetro de tallo	42
8.4 Altura de planta	42
8.5 Yemas por tallo	43
8.6 Número de macollas	43
8.7 Rendimiento de azúcar por tonelada de caña	43
8.8 Producción de caña	43
IX. RECOMENDACIONES	44
X. BIBLIOGRAFIA	45
XI. APENDICE	47

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Medias del porcentaje de brotación de yemas contra niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad	25
CUADRO 2. Medias de población de tallos contra niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad	29
CUADRO 3. Medias de diámetro de tallo contra niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad	32
CUADRO 4. Medias de altura de planta contra niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad	33
CUADRO 5. Medias de variables de cosecha contra niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad	35
CUADRO 6A. Resumen del análisis de varianza de las variables respuesta porcentaje de brotación, población y diámetro de tallo	49
CUADRO 7A. Resumen del análisis de varianza de las variables respuesta altura de planta, número de yemas por tallo, número de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña	50
CUADRO 8A. Resumen de ANDEVA lectura de brotación de yemas 30 días después de la siembra	51
CUADRO 9A. Resumen de ANDEVA lectura de población de tallos 300 días después de la siembra	51
CUADRO 10A. Resumen de ANDEVA lectura de diámetro de tallo 300 días después de la siembra	52
CUADRO 11A. Resumen de ANDEVA lectura de altura de planta 300 días después de la siembra	52
CUADRO 12A. Resumen de ANDEVA lectura de yemas por tallo 300 días después de la siembra	53
CUADRO 13A. Resumen de ANDEVA lectura de número de macollas 300 días después de la siembra	53
CUADRO 14A. Resumen de ANDEVA lectura de rendimiento de azúcar 300 días después de la siembra	54
CUADRO 15A. Resumen de ANDEVA lectura de producción de caña 300 días después de la siembra	54

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Comportamiento de la brotación respecto a la densidad de siembra	26
FIGURA 2. Comportamiento de la brotación respecto a la concentración de Ethephon	26
FIGURA 3. Comportamiento de la brotación respecto a la variedad de caña	27
FIGURA 4. Comportamiento de población de planta respecto a la densidad de siembra	28
FIGURA 5. Comportamiento de población de planta respecto a la concentración de Ethephon	29
FIGURA 6. Comportamiento de población de planta respecto a la variedad	30
FIGURA 7. Comportamiento del diámetro de tallo de 150 a 300 días después de la siembra por variedad de caña	31
FIGURA 8.1 Comportamiento de altura de planta de 0 a 120 días después de la siembra por variedad de caña	34
FIGURA 8.2 Comportamiento de altura de planta de 150 a 300 días después de la siembra por variedad de caña	34
FIGURA 9. Comportamiento de número de yemas por tallo según variedad de caña	36
FIGURA 10. Comportamiento de macollas por hectárea por densidad de siembra	37
FIGURA 11. Comportamiento de macollas por hectárea por concentración de Ethephon	37
FIGURA 12. Comportamiento de macollas por hectárea por variedad de caña	38
FIGURA 13. Comportamiento del rendimiento de azúcar por concentración de Ethephon	39
FIGURA 14. Comportamiento del rendimiento de azúcar por variedad de caña	40
FIGURA 15. Comportamiento de la producción de caña por densidad de siembra	40
FIGURA 16. Comportamiento de la producción de caña por concentración de Ethephon	41
FIGURA 17A. Croquis de distribución de tratamientos experimento de Ethephon aplicado a esquejes de caña de azúcar	48

EVALUACION DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y CUATRO CONCENTRACIONES DE ETHEPHON SOBRE LA BROTAÇÃO, POBLACION Y PRODUCCIÓN DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CAMANTULUL, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.

EVALUATION OF TWO CROP DENSITIES AND FOUR CONCENTRATIONS OF ETHEPHON IN THE BROTAÇÃO, POPULATION AND YIELD OF FIVE VARIETIES OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.) IN THE CAMANTULUL EXPERIMENTAL STATION, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.

RESUMEN

En Guatemala, anualmente se renueva entre el 15 y el 20% del área sembrada con caña de azúcar. Esta actividad y prácticamente todos los incrementos en área sembrada son realizados con dos variedades, la CP-722086 y la CP-721210. En este entorno, la actividad de siembra es poco eficiente, pues en la mayoría de los casos no existe homogeneidad en la brotación de los esquejes, debido a factores como la mala profundidad de siembra, baja calidad de la semilla, condiciones extremas de temperatura y humedad del suelo, entre otros; lo anterior trae como consecuencia el problema de baja población de tallos en el campo, y consiguientemente problemas fitosanitarios, de competencia de malezas, y bajos rendimientos económicos, pues se incrementan los costos por la actividad de resiembra, y disminuyen los ingresos al disminuir la producción.

El tomar en cuenta todos los factores anteriores y llevarlos a cabo de forma eficiente en la práctica, requiere de una atención especial y un gran esfuerzo de parte del cultivador, por lo que una labor alterna, que haga eficiente el uso de la semilla asexual, sin profundizar demasiado en la plena ejecución de las labores anteriores, redundaría en un ahorro significativo de esfuerzos y costos. Una alternativa ampliamente usada en otros países es el empleo de productos químicos para estimular la brotación y consecuentemente la producción, y entre estos, la sustancia de uso más frecuente con este propósito es el Ethephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico), que dentro del esqueje se convierte en Etileno teniendo un efecto directo sobre la estimulación a la brotación y procesos iniciales de crecimiento de la plántula a partir de la yema.

El estudio realizado tuvo como objetivo el evaluar el efecto de cuatro concentraciones de Ethephon aplicado a los esquejes y de dos densidades de siembra, sobre la brotación, población y producción de cinco variedades de caña de azúcar; para ello se montó el experimento usando un diseño en bloques al azar bajo un arreglo en parcelas divididas con arreglo combinatorio en la parcela pequeña y cuatro repeticiones. Los factores evaluados fueron dos densidades de siembra, cuatro concentraciones de Ethephon y cinco variedades de caña de azúcar, y las variables respuesta medidas fueron porcentaje de brotación de yemas, diámetro de tallo, población de tallos, altura de planta, número de yemas por tallo, número de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

Las principales conclusiones fueron que el porcentaje de brotación puede ser incrementado por la aplicación de Ethephon en cualquiera de las dosis evaluadas. La población de tallos se ve afectada por la aplicación de Ethephon siendo la concentración de 120 ppm de ingrediente activo suficiente para producir un incremento, además las variedades con mayor población fueron la CP-721312 y la MEX-68P23. Las variables diámetro de tallo, altura de planta y yemas por tallo se ven afectadas únicamente por la variedad de caña, siendo la que mayor valor de diámetro y altura presentó la CP-731547, y en el caso de yemas por tallo la variedad CP-721213. La variable de número de macollas, la densidad de siembra de 10 yemas por metro lineal generó la mayor densidad de macollas; en el caso del factor concentración de Ethephon, todas las concentraciones evaluadas incrementan el número de macollas por unidad de área respecto al testigo, y la variedad con mayor número de macollas fue la CP-731547. En cuanto al rendimiento de azúcar por tonelada de caña, las concentraciones de Ethephon de 1600 ppm y 120 ppm incrementaron el rendimiento de azúcar en al menos 13 libras por tonelada de caña respecto al testigo absoluto; las variedades que producen los mayores rendimientos de azúcar bajo las condiciones y época en que se manejó el experimento fueron la CP-721210 y CP-722086. En cuanto a la variable producción de caña el factor densidad de siembra afectó a la producción de caña por hectárea, siendo la densidad de siembra alta la que generó la mayor producción; y respecto a la aplicación de Ethephon, las concentraciones de 120 ppm y 800 ppm incrementaron la producción de caña respecto al testigo absoluto.

El estudio realizado se llevó a cabo a escala experimental, por lo que la recomendación generada indica que deben confirmarse los resultados del mismo a escala semicomercial, es decir, haciendo evaluaciones con unidades experimentales de un tamaño que permita cumplir con tal requerimiento, debiendo estudiar los factores evaluados en el presente estudio, y tomando en cuenta las variables respuesta que hayan presentado significancia estadística y que sean de mayor interés para el investigador.

I. INTRODUCCION

En Guatemala, anualmente se renueva entre el 15 y el 20 por ciento del área sembrada con caña de azúcar. Esta actividad y prácticamente todos los incrementos en área sembrada son realizados con dos variedades, la CP-722086 y la CP-721210. (7)

Humbert, citado por Buenaventura (5), dice que una siembra satisfactoria predispone a los esquejes a producir un porcentaje de brotación alto y consecuentemente una mayor densidad de población, esto hace que la planta de caña compita de forma más eficiente por luz, nutrientes y espacio con las malezas; y, además, le permite elevar los rendimientos.

Según Buenaventura (6) son varios los factores a tomar en cuenta para obtener una brotación satisfactoria, entre ellos están: Calidad fisiológica y edad apropiada de esquejes, tiempo transcurrido entre el corte y la siembra, preparación del suelo, tapado de esquejes y sanidad de éstos, entre otras. El tomar en cuenta todos los factores anteriores y llevarlos a cabo de forma eficiente en la práctica, requiere de una atención especial y un gran esfuerzo de parte del cultivador, por lo que una labor alterna, que haga eficiente el uso de la semilla asexual, sin profundizar demasiado en la plena ejecución de las labores anteriores, redundaría en un ahorro significativo de esfuerzos y costos, todo esto, tomando en cuenta que el incremento en la cantidad de esquejes con el fin de aumentar la densidad de población es generalmente de altos costos económicos.

Muchos productos químicos han sido usados para estimular la brotación y consecuentemente la producción (Nickel, 1984) (17). Una de las sustancias utilizadas con este propósito es el Ethephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico), que dentro de la planta se convierte en Etileno, el cual tiene un efecto directo sobre la estimulación a la brotación y procesos iniciales de crecimiento de la plántula. En Hawaii, Brasil e India, se han encontrado efectos significativos sobre la brotación de esquejes de caña en aplicaciones con Ethephon (Anon 1983) (1). En variedades de baja brotación o de poca respuesta de plantilla se ha encontrado que es posible aumentar la producción de plántulas en un 25 por ciento.

En el estudio realizado se evaluó el efecto del Ethephon sobre la brotación de la caña de azúcar, en las cinco variedades más sembradas del cultivo en Guatemala: CP-722086, CP-721210, CP-721312, CP-731547 y MEX-68P23, las cuales en conjunto ocupan el 88.37% del área sembrada en el país; se pretende contribuir al aumento en la eficiencia del uso de los esquejes destinadas a siembra, principalmente para reducir los efectos negativos de la baja brotación sobre la producción, y los incrementos en el costo de producción que implica la actividad de resiembra; todo destinado a mantener el nivel de producción adecuado aún y cuando no existan las condiciones adecuadas al momento de la siembra.

II. DEFINICION DEL PROBLEMA

La labor de siembra de la caña de azúcar es de enorme importancia pues de ella depende el desarrollo futuro de la plantación. Esta actividad debe tomar en cuenta un gran número de factores interrelacionados, de cuya conjunción depende un resultado satisfactorio de la labor.

Según Buenaventura (7), actualmente la actividad de siembra es poco eficiente, pues en la mayoría de los casos no existe homogeneidad en la brotación de los esquejes, debido a factores como la mala profundidad de siembra, baja calidad de la semilla, condiciones extremas de temperatura y humedad del suelo, entre otros; lo anterior trae como consecuencia el problema de baja población de tallos en el campo, y consiguientemente problemas fitosanitarios, de competencia de malezas, y bajos rendimientos económicos, pues se incrementan los costos por la actividad de resiembra, y disminuyen los ingresos por la disminución en la producción.

III. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Importancia socioeconómica del cultivo para Guatemala:

El auge en el sector azucarero guatemalteco se inició en 1960, cuando el bloqueo impuesto por los Estados Unidos a la Isla de Cuba, llevó a los demás países latinoamericanos a incrementar sus producciones para suplir este mercado. (8)

En la actualidad, Guatemala exporta aproximadamente el 71% de su producción y el 29% restante lo destina al mercado interno. Está ubicada entre los 10 países exportadores más importantes del mundo. En el ámbito nacional, el azúcar ocupa el segundo renglón en la economía del país por concepto de exportaciones precedida por el Café. (8)

En el año azucarero 92-93 se produjeron 11.434,157 toneladas métricas de Caña Molida, 1150067 toneladas métricas (23.081,346 qq) de Azúcar, con un rendimiento de 91.8 kg (202 lb) de azúcar por tonelada de caña producida. (8)

De los 17 Ingenios Azucareros en Guatemala, Pantaleón es el mayor productor de azúcar con poco más de 175000 toneladas métricas (3.5 millones de quintales) y el ingenio Los Tarros tiene el máximo rendimiento de 97.7 kg (215 lbs) por Ton. El promedio de producción en Guatemala es de 80 toneladas métricas de caña por hectárea. (8)

3.1.2 Origen, morfología y desarrollo vegetativo:

3.1.2.1 Origen:

La caña de azúcar es originaria de la India. En China apareció 800 años AC, utilizándose como pago de tributos. Alejandro el grande, la llevó a Europa 300 años AC, los Árabes la propagaron por sus tierras. Cristóbal Colón, en 1493 la introdujo al continente americano, siendo en República Dominicana donde se cultivó por primera vez en 1509. A Pedro de Alvarado se le atribuye su introducción a Guatemala. (14)

3.1.2.2 Morfología:

Sistema radicular: Presenta dos tipos de raíces:

- Primordios Radiculares, que son las que nacen en el anillo de crecimiento, ubicado en cada uno de los nudos del tallo, tienen un periodo de vida de 30-40 días.

- Raíces Permanentes, que son las que brotan de los tallos o macollos que se forman a partir de los esquejes. (9)

Tallo: Es la parte aprovechable de la planta, pues en el se produce y almacena la sacarosa. Generalmente, el número de tallos que se desarrolla por metro lineal fluctúa entre 10 y 15, lo cual da una población de 60 a 70 mil tallos/ha. (9)

Hoja: Se originan de cada nudo, y están distribuidas en forma alterna en el tallo. Esta formada por la lamina foliar y por la vaina o yagua, ambas unidas por el cuello en el cual se ubica la lígula. Cuando la vaina tiene buen deshoje, se facilita la cosecha de la caña y se lleva menos impurezas a su proceso. (9)

Flor: La floración ocurre cuando las condiciones ambientales tales como fotoperíodo, temperatura, humedad y nivel de nutrientes en el suelo son favorables. La inflorescencia es una panícula sedosa o espiga, constituida por un eje principal donde se insertan las espiguillas, dispuestas en pares en cada articulación. La flor es hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas. (9)

3.1.2.3 Desarrollo vegetativo:

Según Flores (14), el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar se lleva a cabo de la siguiente forma:

3.1.2.3.1 Periodo de brotación:

La brotación es un proceso mediante el cual el estado latente de crecimiento se transforma en estado activo y los órganos de las yemas se desarrollan formando paulatinamente una planta. El hecho por el cual las yemas no entran en actividad mientras la planta se encuentra enraizada al suelo, es que en ese momento, el meristemo apical ejerce una dominancia en la cual produce una hormona que hace que se inhiba la brotación lateral (la hormona se produce en la raíz y se trasloca hacia el meristemo, a esto se le llama dominancia apical). Al cortarse los esquejes o eliminar el cogollo se rompe la dominancia apical, y las yemas laterales pueden brotar. (14)

3.1.2.3.2 Periodo de amacollamiento:

Por amacollamiento se conoce al periodo de brotación de los nuevos retoños que posteriormente formarán la cepa o macolla, todos ellos provenientes de una sola yema. La plantita nacida de la yema original va formando sus nudos y entrenudos, los cuales a su vez tienen yemas y primordios de raíces, dichas yemas dan lugar a nuevos tallos, y así sucesivamente hasta integrar la cepa. Las raíces que brotan del nudo son temporales, y mueren después de 70 a 90 días de la fecha en que se hizo la siembra. El número de retoños puede llegar a ser de 15 a 25 por macolla, aún cuando después pueden morir, ya sea por competencia, por falta de espacio en el suelo, por daños de plagas, entre otros. (14)

3.1.3 Condiciones climáticas y edáficas:

3.1.3.1 Generalidades:

Los índices de temperatura para el mejor desarrollo de la caña son:

Optima brotación de yemas ----- 32 a 38°C.

Crecimiento y absorción de nutrientes -- 27°C.

Desarrollo normal ----- 21 a 38°C.

Las plantas retardan su crecimiento entre 10 y 21°C; sus funciones fisiológicas se paralizan a menos de 10°C y daños irreversibles ocurren a menos de 2°C. (14)

Los requerimientos de agua varían según el lugar, en climas templados cálidos necesita 3.8 a 8.6 mm/día y de 4.8 a 8.9 mm/día en climas cálidos. (14) Los vientos deben ser de moderados a lentos, especialmente en cañas de porte alto. La Caña se produce idealmente en suelos francos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica, el pH ideal es de 6.5-7. Suelos arenosos facilitan el acame. (16.)

Según Barnes y Humbert (2)(15), la temperatura óptima para la brotación de la caña de azúcar es de 32 a 38°C. Las bajas temperaturas reducen el porcentaje de brotación y crea condiciones ideales para el ataque de organismos patógenos, resultando en gran mortandad de las plántulas. (2)

3.1.3.2 Efecto de la Humedad del suelo sobre la brotación:

Según Yang (28), la humedad óptima del suelo y temperatura para brotación es de -0.3 bares y 30 grados centígrados respectivamente. La tasa y total de brotación de todos los cultivares disminuye a medida que baja el potencial de humedad, debido a sus efectos sobre la disponibilidad de agua y la rapidez con que esta se mueve. La tasa de brotación también disminuye en la medida que baja la temperatura, haciendo falta por lo menos 36 días para lograr una brotación de 50% a 18°C en comparación con 8 días a 30°C. La brotación total es menos afectada que la tasa de brotación por bajas temperaturas.

Además, Yang (28) indica que el rango ideal para la brotación de la caña es a capacidad de campo, es decir, a -0.3 bares, en el cual se produce alrededor de un 80% de brotación de yemas. La cantidad y dinámica de movimiento del agua desde el suelo hacia las yemas puede incrementarse de acuerdo al requerimiento progresivo de las yemas. Bajo condiciones de saturación de humedad, la caña no presenta brotación alguna debido a la escasez de oxígeno, pues es bien sabido que durante el periodo de brotación, los esquejes tienen una alta actividad respiratoria, y el oxígeno puede consumirse en un tiempo relativamente corto (5). La cantidad de oxígeno disponible en el suelo afecta a la brotación más seriamente que el estrés por humedad (28).

Las diferencias en brotación entre variedades o cultivares bajo las mismas condiciones de humedad del suelo, según Yang (28) pueden ser atribuidas a:

a) Diferente conductividad hidráulica epidérmica, lo que causa diferencias en el ingreso de agua dentro de los esquejes.

b) Diferente cantidad de agua requerida para activar las enzimas responsables de invertir la sucrosa en azúcares

aprovechables.

c) Diferentes concentraciones de sucrosa y de azúcares reductores en los esquejes diferentes potenciales osmóticos.

3.1.3.3 Efectos de la temperatura sobre la brotación:

Victoria (24) indica que la brotación decrece en porcentaje en relación directa a la disminución de la temperatura, y que se necesitan alrededor de 8 días para obtener un 50% de brotación a 30°C, de 8 a 25 días a 26°C y 36 días a 18°C en la mayoría de cultivares. Además, concluye que el porcentaje final de brotación no es tan dependiente de la temperatura, como la aceleración en producir la misma y que cuando la temperatura decrece hasta cierto nivel, no sólo la absorción de agua por los esquejes decrece debido al incremento en la resistencia al flujo del agua, sino también a que la actividad de las enzimas involucradas en el proceso de brotación decrece.

3.1.4 Métodos de cultivo para promover la brotación:

Según Buenaventura (6), los factores a tener en cuenta para una buena brotación son:

- a. Siembra de semilla de buena calidad y proveniente de semilleros con edad entre 7 y 12 meses, según la variedad.
- b. Tiempo transcurrido entre el corte y la siembra. La mayor brotación se obtiene cuando se siembran los esquejes entre el segundo y el quinto día después del corte de ésta. Del sexto día en adelante la brotación baja drásticamente.
- c. Preparación del suelo. La caña de azúcar requiere de una adecuada preparación del suelo que permita a las raíces desarrollarse eficientemente y evitar problemas de drenaje.
- d. Humedad del suelo. Durante el periodo de brotación, se debe asegurar un nivel alto de humedad en los primeros 25 a 30 cm. de suelo, aplicando riegos necesarios para mantener el balance hídrico.
- e. Tapado de los esquejes. En suelos con buen drenaje el tapado puede hacerse con una capa de 5 a 10 cm. de suelo. En suelos húmedos y con mal drenaje el tapado de los esquejes debe ser lo más delgado posible (máximo 5 cm.) y los surcos deben ser poco profundos para evitar pérdidas en la brotación.
- f. Sanidad de los esquejes. Debe estar libre de plagas y enfermedades.

3.1.5 Establecimiento de plantaciones:

3.1.5.1 Adecuación y preparación del terreno:

Las labores que se realizan están directamente relacionadas con el estudio del terreno que se va a preparar, su uso anterior, su topografía, características físicas del suelo, humedad, drenaje etc.. Según Buenaventura (10) las labores van a

depender del estado inicial del suelo incluyéndose las siguientes fases:

- a. Limpieza o descepada: Consiste en eliminar todos los residuos de cultivos anteriores, o destrucción de las cepas en caso de renovación. Se pueden utilizar rastras, haciendo dos pases perpendiculares entre ellos, y así desterronar y destruir las cepas anteriores.
- b. Levantamiento topográfico: Tiene el objeto de delimitar todos los accidentes naturales o artificiales del campo a tomar en cuenta en el diseño de campo.
- c. Diseño de campo: Aquí se define la ubicación de los lotes, tomando en cuenta las curvas a nivel, el trazo de quineles o canales de riego y drenaje, la pendiente deseable de los surcos para un riego por gravedad eficiente y los callejones de transporte de la caña y maquinaria.
- d. Nivelación: Es recomendable únicamente cuando se va a realizar riego por gravedad, la pendiente deseable en este caso es de 2 por mil.
- e. Subsulado: Es necesario para fragmentar las capas impermeables formadas por la compactación durante las labores de cultivo y cosecha, se utiliza más el equipo parabólico, haciendo dos pases, formando el segundo 15 grados con respecto al primero.
- f. Arado y rastreado: Únicamente en suelos pesados, se realiza perpendicularmente a la dirección del surco.
- g. Cincelada: Llamados escarificadores, tienen la función de romper los terrones formados en el subsuelo.
- h. Surcado: Se hacen los surcos generalmente distanciados 1.5 m, su profundidad varía de 20-30 cm dependiendo del suelo y la textura del mismo.

3.1.5.2 Siembra y labores de cultivo:

3.1.5.2.1 Material vegetativo para la siembra:

Zamora (29) indica que del cuidado que se tenga en la selección del material vegetativo a sembrar (semilla asexual) y de las labores de siembra dependerá en gran parte el futuro de la plantación. Si estas labores se hacen de forma adecuada se evitarán gastos de resiembra o pérdidas, y consecuentemente la plantilla y posteriores ciclos de soca y resoca rendirán mejor.

Según Viveros (25), el material a utilizar para el establecimiento de plantaciones comerciales deberá consistir de esquejes o trozos de tallo de 60 cm. de longitud aproximadamente, con 3 a 4 yemas (denominadas semilla), los cuales se agrupan en paquetes de 30 unidades. Según Buenaventura (4), los esquejes deben pasar cuatro días en el campo y tener 4 yemas para obtener óptimos resultados en la brotación.

Zamora (29) también indica que en la selección, corte y picado del material vegetativo, los tallos cortados deben despuntarse pero no se deshojarse, para impedir que las yemas se lastimen. Los canutos superiores y tiernos germinan mejor que los inferiores. Antes de la siembra se debe proceder a la eliminación de la vaina de la hoja (despaje) de la superficie de las estacas, aplicando un fertilizante rico en fósforo al fondo del surco antes de distribuir esquejes con 3 a 4 yemas, luego se debe

aplicar una solución desinfectante y tapar inmediatamente después con suelo.

3.1.5.2.2 Época de siembra:

Según Flores (14), lo ideal sería establecer el periodo de siembra al término de la temporada de lluvias, entre octubre y noviembre, de tal forma que la plántula brotada aproveche la humedad y alcance a desarrollar su sistema radicular antes de que se acentúe la temporada seca, entre marzo y abril. En cambio, en las fincas donde se dispone de agua de riego, el periodo de siembra puede ser de principios de noviembre hasta fines de abril.

3.1.5.2.3 Métodos de Siembra:

- Cadena Sencilla: Los tallos se distribuyen en una sola hilera en el fondo del surco, con los extremos sobrepuestos, se recomienda en variedades de tallo grueso y mediano. (14)
- Cadena Doble: Se hacen dos hileras de semilla, con los tallos totalmente sobrepuestos, se recomienda cuando se quieran densidades altas, cuando los esquejes sean delgados o de mala calidad. (14)
- Siembra Mecanizada: Aquí la máquina ejecuta todas las labores mencionadas anteriormente, ahorrando tiempo y mano de obra. Todas las variaciones de la siembra mecanizada son más eficientes y más económicas que la siembra manual. (14)

3.1.5.2.4 Distanciamiento y densidad:

Viveros (25), indica que el distanciamiento predominante es de 1.5 m entre surcos, aunque de acuerdo a la textura y fertilidad del suelo podría variar en algunos casos hasta valores de 1.75 m en suelos poco fértiles y arcillosos, y hasta 1.35 m en suelos de textura media y alta fertilidad.

La densidad de siembra puede ser diferente de acuerdo a la distancia a que se coloquen las marcas de siembra de un paquete de 30 estacas (longitud de bandereo), normalmente se colocan banderolas separadas 10 a 12 m, sin embargo, se obtiene un ahorro de hasta el 33% en cantidad de semilla si se hace de 12 a 18 m (25) La densidad de siembra empleada en la actualidad varía entre 9 y 12 yemas por metro lineal de surco (25). Según Buenaventura (4), se debe sembrar entre 14 y 16 yemas por metro lineal en semillas de baja calidad y con semillas de buena calidad alrededor de 10 yemas.

3.1.5.2.5 Labores culturales:

Según Viveros (25), una vez terminada la siembra, se inician las labores culturales con el riego de brotación, posteriormente se controlan las malezas en pre y postemergencia temprana, y se hace la resiembra cuando existen espacios libres mayores de un metro; otras labores complementarias son el riego y la fertilización. Todo lo anterior se lleva a cabo en

los 2 meses posteriores a la siembra.

Zamora (29) indica que el riego possiembra se hace para asentar el suelo y para proporcionar la humedad suficiente para que se dé la brotación de yemas, se recomienda aplicar una lámina de riego suficiente para llevar la humedad del suelo a capacidad de campo. Una semana después se revisan los esquejes descubiertos y se cubren con suelo, a las 3 semanas se procede a la resiembra. Además, indica que la actividad de resiembra consiste en reponer las plantas que se pierden debido a las fallas de brotación, para lo cual se usan trozos de tallo, plántulas cultivadas en bolsa y macollos o porciones de cepas. La resiembra se debe realizar en sitios sin plantas germinadas dentro del surco iguales o mayores a un metro de distancia, durante los primeros cuarenta días siguientes a la siembra.

3.1.6 Control de malezas:

El rendimiento de la caña de azúcar es afectado en gran medida por la competencia que las malezas ejercen con el cultivo. Según Martínez (16) la competencia de las malezas tiene un efecto muy marcado sobre el número de tallos, el diámetro, la altura y la producción, lo cual sucede durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo principalmente.

En Guatemala el control se hace con aplicación de herbicidas, el cultivo mecanizado y aún limpiezas manuales (21). La práctica nos indica que la planta de Caña de Azúcar, en la mayoría de nuestras variedades comerciales necesita de 75 a 90 días para cerrar, momento en el cual la presencia de malezas ya no le es perjudicial; en plantilla este periodo se reduce de 42 a 70 días. (20)

3.1.7 Riego y Drenaje:

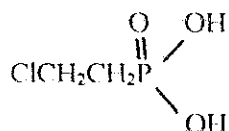
Según Flores (14), los rendimientos más altos en caña y azúcar se obtienen de aquellas plantas sin limitaciones de agua durante su ciclo de cultivo. La caña es tolerante a la sequía, pero no la productividad sostenida de la misma. La deficiencia en la precipitación en la época seca, favorece en gran medida la maduración de la caña, pero es negativa en cuanto al desarrollo vegetativo posterior al corte.

3.1.8 Reguladores de crecimiento en caña:

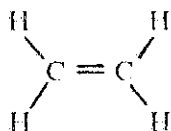
3.1.8.1 Etileno:

La estructura química del etileno es producto normal del metabolismo vegetal, es la hormona de crecimiento vegetal más simple, y es también el único producto del grupo de compuestos volátiles que se producen en cantidades apreciables en los tejidos vegetales. Según Page (18), el Ethephon se ha considerado un agente que aparentemente se descompone en los tejidos vegetales, liberando etileno cerca de los sitios de acción:

a. ethephon



b. etileno



3.1.8.1.1 Efectos del Etileno:

Según Bidwell (3), un gran problema en el estudio del etileno es el de separar sus efectos de los de las auxinas. Ahora está claro que el Acido Indolacético (IAA) causa producción de etileno en los tejidos, y que muchos de los efectos atribuidos al IAA son realmente efectos secundarios causados por el etileno que se produce como resultado de la estimulación de éste. El etileno tiene un amplio rango de efectos, desde fuertemente estimulantes hasta inhibitorios. Generalmente se le clasifica como una hormona inhibitoria, pero aunque aún no se conoce totalmente su rango de acción, sus actividades de regulación conocidas son tan variadas que desafía una clasificación superficial. Sus efectos inhibitorios pueden deberse en gran parte a un real efecto estimulante, operado sobre procesos de degradación. La inhibición de su efecto, por ejemplo por el dióxido de carbono, parece hacer más lenta la producción de enzimas degradativas. Según Weaver (26) uno de los primeros efectos observados del etileno fue el de estimular la brotación y el crecimiento de brotes. La brotación de los tubérculos de papa se ve estimulada cuando les es aplicado etileno en intervalos breves, sin embargo, tratamientos muy largos inhiben este efecto.

3.1.8.1.2 Mecanismo de acción del Etileno:

Varios efectos conocidos del etileno tienen niveles de saturación similares, y se requiere la misma concentración (0.1 a 0.2 ppm) para una respuesta de un medio de la máxima. Esto ha sugerido a los fisiólogos estadounidenses S.P. Burg y A.E. Burg que hay un sitio de reacción común para varios efectos importantes del etileno. El dióxido de carbono inhibe su acción en forma competitiva en muchas de sus respuestas, incluyendo las que siguen a la aplicación del IAA (por ejemplo el fototropismo de la raíz). Parece probable que el dióxido de carbono y el etileno reaccionen en un sitio de enlace común, la cual se supone que sea una reacción enzimática. Yang (27) indica que no se conoce el lugar de reacción primaria del etileno. Este es muy soluble en lípidos, así que podría asociarse con la porción de lípido de las membranas celulares. Se ha encontrado que estimula la excreción de α -amilasa en las células de aleurona de las semillas de cebada, pero no estimula su producción. No parece tener un efecto muy pronunciado sobre ninguna reacción bioquímica, pero puede afectar la permeabilidad de la membrana o posiblemente estimular la actividad de los sistemas de la permeasa. Según Weaver (26), hay varios mecanismos posibles mediante los cuales el etileno puede estimular la brotación, entre las cuales la más común es el de estimular el desplazamiento de las enzimas hidrolíticas en los tejidos de almacenamiento.

3.2 MARCO REFERENCIAL:

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL:

3.2.1.1 Localización:

El ensayo se realizó en la estación experimental Camantulúl del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANÑA), Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, a una altitud de 280 msnm. Geográficamente se localiza a una Latitud de 14°09' Norte y a una Longitud de 91°03' Oeste. (12)

3.2.1.2 Condiciones climáticas:

Presenta una temperatura máxima promedio anual de 32.24°C una temperatura mínima promedio anual de 19.5°C. La precipitación promedio anual es de 3614 mm. (12)

3.2.1.3 Condiciones edáficas:

Según Simmons (22), la finca se encuentra ubicada sobre los suelos de la serie Camantulúl (C1), los cuales son originarios de ceniza volcánica cementada de color claro, el relieve es fuertemente ondulado, drenaje interno moderado, color café oscuro a muy oscuro, de textura franco arcillosa, consistencia friable y espesor de 25 cm aproximadamente.

3.2.2 USO DE ETHEPHON EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAÑA DE AZÚCAR:

3.2.2.1 Experimentos realizados en Cuba:

Díaz y colaboradores (13) llevaron a cabo tres experimentos para evaluar diferentes métodos y dosis del tratamiento de semilla de caña con ethephon, sobre la brotación, y consecuentemente la población y producción, en variedades y épocas de aplicación en diferentes épocas de siembra. Los resultados obtenidos en cada experimento fueron:

3.2.2.1.1 Experimento Estación experimental San Nicolás. 1991:

En los resultados fue evidente que todas las concentraciones incrementaron significativamente la brotación. La concentración más baja en evaluación (inmersión 120 ppm) presentó porcentajes de brotación inferiores a los otros tratamientos cuando la lectura se realizó a los 35 Días después de la siembra (DDS), sin embargo, cuando se realizó a los 60

DDS, los resultados de todas las aplicaciones no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí sobre el testigo. No se detectaron diferencias de respuesta a la aplicación de Ethephon dentro de las variedades, pues todas respondieron de la misma forma a las distintas dosis. (13)

3.2.2.1.2 Experimento Estación experimental Jovellanos, 1992:

Los resultados demostraron que ambas concentraciones (120 ppm y 480 ppm) aplicadas con los métodos asperjado y sumergido, mostraron incrementos significativos en porcentaje de brotación, población de tallos, altura de planta y producción (ton/ha) respecto al testigo. Ambas concentraciones mostraron resultados similares, aunque la dosis de 120 ppm se considera superior por el análisis de costos. No se detectaron interacciones entre variedad y tratamiento. (13)

3.2.2.1.3 Experimento Estación experimental Villa Clara, 1993:

Los resultados de porcentaje de brotación, población de tallos y producción de caña mostraron diferencias significativas respecto al testigo y entre ellas, siendo superior la dosis más alta (dosis empleadas: 0.48 y 1.44 kg./ha), esto, en la aplicación foliar al semillero 20 días antes de la siembra. La dosis más alta incrementó el porcentaje de brotación en un 20%, la población de tallos en un 30% (13000 tallos/ha mayor que el testigo) y la producción de caña en un 23% (11 ton/ha mayor que el testigo). Lo anterior concuerda con los informes de experimentos similares realizados en la India (Hunsigi y Bhale) y en Brasil (Anon 1982 y 1983) (1). De los otros métodos y tratamientos evaluados, solo la dosis de 120 ppm de ingrediente activo (i.a.) en agua caliente (50° por 2 hr) mostró incrementos significativos en la población de tallos y en la producción por ha., aún así, el incremento fue menos marcado que el del método de aplicación foliar. (13)

Los experimentos llevados a cabo por Díaz y colaboradores (13), llegaron a la siguiente conclusión general:

Tratamientos con Ethephon, sumergiendo los esquejes de caña, pueden incrementar el porcentaje de brotación de las yemas sin importar variedad. Una concentración de 120 ppm de i.a. es suficiente para producir incrementos en la brotación. Bajo las condiciones de los meses fríos y secos, el último tratamiento es tan bueno como rociar los tallos en el surco con la misma concentración, pues incrementa el porcentaje de brotación, la población, el crecimiento, y como consecuencia altos rendimientos de caña y azúcar. Durante la temporada de lluvia (mayo-junio), las aplicaciones por inmersión de las cañas en una solución son menos efectivas que las aplicaciones foliares con Ethephon al semillero 20 días antes de la siembra, y los resultados obtenidos tienen relación directa con la dosis, desde 0.48 a 1.44 kg./ha i.a.. Se obtiene mayor respuesta del cultivo y mayores índices de crecimiento, conforme se aumenta la dosis. Bajo estas condiciones, al sumergir los esquejes por tres minutos o por 2 hr a 50°C en una solución a 120 ppm, se incrementa la población de cañas y la producción aunque en menor medida que el anterior. (13)

3.2.2.2 Experimentos realizados en Brasil:

3.2.2.2.1 Experimento Fazenda Itaúna, 1993:

Manin Paggiaro y colaboradores (19) en 1993 evaluaron aplicaciones de Ethephon obteniendo los siguientes resultados:

Las densidad de siembra mayor (15 yemas por metro lineal) siempre presentó el mayor número de brotes respecto a el tratamiento de 9 yemas. Los mejores tratamientos en cuanto a población de tallos hasta los seis meses después de la siembra fueron las dosis de 1500 y 2000 cc de Ethrel por hectárea, esos resultados fueron siempre superiores a los obtenidos por la dosis de 1000 cc / ha y el testigo absoluto que fueron estadísticamente iguales entre sí. En la cosecha, la lectura de población de tallos mantuvo la misma proporción que la lectura hecha a los seis meses después de la siembra. En producción de caña, las tres dosis evaluados fueron superiores al testigo especialmente las dosis más altas, se observó también que no existió diferencia estadística entre usar la densidad de siembra de 15 yemas por metro y la de 9 yemas por metro con aplicación de Ethrel, con lo que se consiguió una reducción significativa en la cantidad de material vegetativo empleado. Al mismo tiempo, la densidad de 15 yemas por metro con aplicación de Ethrel obtuvo superioridad estadística en cuanto a producción respecto a la misma densidad de siembra sin emplear Ethrel, con lo que se obtuvo aumentos de productividad empleando el producto. El Ethrel no tuvo ningún efecto en el diámetro de tallo, sin embargo, presentó tendencia a incrementar el crecimiento de tallo. Respecto al rendimiento de azúcar los resultados no mostraron lógica por lo que no se pudo concluir si existió o no aumento de rendimiento.

3.2.2.2.2 Experimento Fazenda Rio da Onça, 1994:

Julio Marcos Campanhã y colaboradores (11) en 1994 evaluaron aplicaciones de Ethephon sobre los esquejes de caña al momento de las siembra, y las conclusiones preliminares obtenidas luego de evaluar los resultados incluyeron:

- a. Incremento de la población de tallos en las lecturas intermedias, pero que no presentó superioridad estadística respecto al testigo en la lectura al momento de la cosecha.
- b. Aún y cuando no se presentó diferencia estadística entre tratamientos, pudo notarse una tendencia en la dosis de 1500 cc de Ethrel por hectárea a aumentar el peso de tallos, altura y diámetro de tallo, lo cual se reflejó incrementando la producción.
- c. El contenido de sacarosa no fue influenciado por ninguna de las concentración de Ethephon aplicadas como tratamientos. Aunque existió una tendencia positiva provocada por las dosis de 1000 y 1500 cc/ha.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE CADA VARIEDAD EVALUADA:

Según Soto en el documento técnico número 7 de CENGICAÑA (23), el siguiente es un resumen de las características morfológicas sobresalientes de las variedades empleadas en el experimento:

3.2.3.1 CP-722086:

Hábito de crecimiento erecto y capacidad de macollamiento intermedio. Posee un nudo obconoidal, anillo de crecimiento prominente y yemas de forma redonda con poro germinativo central (forma de globo). La lígula el nivel del último cuello visible es de forma creciente con centro ancho. Esta variedad se reconoce a cierta distancia durante su etapa de crecimiento por un color verde claro rojizo presente sobre la vaina de sus hojas. Hojas con crecimiento decumbente en el ápice, con margen acerrado fino. Entrenudo cilíndrico con 30 mm de diámetro y 16 cm de longitud promedio, con banda cerosa escasa.

La variedad tiene un color amarillo verdoso, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto; es una variedad florecedora (hasta 75%), de fácil corte y desbajado regular. Tiene buen retoño y se adapta a todo tipo de suelo aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos poco profundos y arenosos. Es de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de noviembre a febrero. A nivel comercial se han obtenido rendimientos de hasta 120 toneladas métricas por hectárea y 95 kg. de azúcar por tonelada de caña.¹

3.2.3.2 CP-721210:

Hábito de crecimiento inclinado y capacidad de macollamiento intermedio. Inicialmente se puede identificar por su tallo coneiforme y nudo en forma de cono solamente en el lado opuesto a la yema, además, posee yemas en forma puntuda pentagonal con alas superiores bien observables. La vaina de la hoja no posee afate y ésta se adhiere totalmente al tallo. Hojas con crecimiento decumbente, con margen acerrado intermedio. Entrenudo coneiforme con 26 mm de diámetro y 20 cm de longitud promedio, con banda cerosa intermedia.

La variedad tiene un color verdoso, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto; es una variedad muy florecedora (hasta 99%), de fácil corte y desbajado regular. Tiene buen retoño y se adapta a suelos predominantemente francos a franco arenosos, su rendimiento merma en forma significativa en suelos pesados. Es de maduración muy temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de noviembre a diciembre. A nivel comercial se han obtenido rendimientos de hasta 150 toneladas métricas por hectárea y 100 kg. de azúcar por tonelada de caña.

¹ Martínez, M. 1999. FAUSAC. Características varietales de caña de azúcar. (Entrevista personal).

3.2.3.3 CP-721312:

Hábito de crecimiento inclinado y capacidad de macollamiento intermedio. Similar a la variedad anterior en que presenta tallo coneiforme y nudo en forma de cono en el lado opuesto de la yema, pero a diferencia, posee yemas de forma ovalada con alas ensanchadas hacia el ápice. La vaina de la hoja posee regular cantidad de afate y se adhiere parcialmente al tallo. Hojas con crecimiento decumbente, con margen acerrado fino. Entrenudo coneiforme con 29 mm de diámetro y 15 cm de longitud promedio, con banda cerosa intermedia.

La variedad tiene un color verdoso amarillento, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es erecto; es una variedad muy florecedora (hasta 99%), de fácil corte y desbajado regular. Tiene buen retoño y se adapta suelos predominantemente francos a franco arcillosos, su rendimiento merma en suelos arenosos. Es de maduración muy temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de noviembre a diciembre. A nivel comercial se han obtenido rendimientos de hasta 120 toneladas métricas por hectárea y 90 kg. de azúcar por tonelada de caña.

3.2.3.4 CP-731547:

Hábito de crecimiento erecto y capacidad de macollamiento intermedio. Posee yemas prominentes de forma aproximadamente redonda y con alas. El entrenudo es de forma constreñida con crecimiento en zig zag y con abundante cera. La aurícula es de forma lanceolada corta. Hojas con crecimiento decumbente en el ápice, con margen acerrado fino. Entrenudo constreñido con 30 mm de diámetro y 15 cm de longitud promedio, con banda cerosa abundante.

La variedad tiene un color amarillento, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es muy erecto; es una variedad florecedora (hasta 80%), de fácil corte y desbajado regular. Tiene buen retoño y se adapta suelos predominantemente francos a franco arenosos, aunque responde aceptablemente en suelos arenosos. Es de maduración muy temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de noviembre a enero. A nivel comercial se han obtenido rendimientos de hasta 120 toneladas métricas por hectárea y 100 kg. de azúcar por tonelada de caña.

3.2.3.5 MEX-68P23:

Hábito de crecimiento inclinado y capacidad de macollamiento pobre. Sus yemas son de forma ovalada con alas ensanchadas hacia el ápice. La base de las yemas generalmente está a dos milímetros de la cicatriz foliar. La lígula al nivel del último cuello visible es de forma creciente con centro angosto. Hojas con crecimiento decumbente en el ápice, con margen acerrado fino. Entrenudo cilíndrico con 30 mm de diámetro y 12 cm de longitud promedio, con banda cerosa intermedia.

La variedad tiene un color verdoso, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es semi recto; es una variedad no florecedora, el corte se dificulta normalmente, pero su desbajado es regular. Tiene excelente retoño y se adapta suelos francos a franco arenosos, mermando su rendimiento en suelos arcillosos. Es de maduración intermedia a tardía, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha de febrero a mayo. A nivel comercial se han obtenido rendimientos de hasta 180 toneladas métricas por hectárea y 80 kg. de azúcar por tonelada de caña.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

Evaluar el efecto del Ethephon aplicado a los esquejes y de la densidad de siembra sobre la brotación, población y producción de cinco variedades de caña de azúcar.

4.2 ESPECÍFICOS:

Evaluar el efecto de cuatro concentraciones de Ethephon sobre la brotación de yemas, diámetro de tallo, población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

Evaluar el efecto de dos densidades de siembra sobre la población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

Evaluar la brotación de yemas, diámetro de tallo, población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de cinco variedades de caña de azúcar.

V. HIPÓTESIS

Todas las concentraciones de Ethephon aplicadas a los esquejes producen la misma brotación de yemas, diámetro de tallo, población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

Las densidades de siembra convencional y baja producen la misma población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

Las variedades CP-722086, CP-721312, CP-721210, CP-731547 y MEX-68P23 presentan la misma brotación de yemas, diámetro de tallo, población de tallos, altura de planta, producción de yemas por tallo, producción de macollas, rendimiento de azúcar y producción de caña.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Factores y niveles estudiados:

6.1.1 Factores:

6.1.1.1 Variedades:

El material vegetativo se obtuvo en el jardín clonal del Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA). La edad de corte fue de 6.5 meses y se emplearon las siguientes variedades:

- a. CP-722086
- b. CP-721210
- c. CP-721312
- d. CP-731547
- e. MEX-68P23

6.1.1.2 Concentración de Ethephon:

Las concentraciones se definieron basándose en el estudio de Díaz y colaboradores (13) y a recomendaciones técnicas de los fabricantes del producto (Rhone Poulenc) basadas en experiencias previas a nivel de laboratorio. Las mismas se obtuvieron empleando como fuente del ingrediente activo al Ethrel 480 (48% de Ethephon en volumen), a continuación se adjunta el listado de concentraciones evaluadas y su respectiva dosis de aplicación de Ethrel 480:

	Concentración Ethephon	Dosis de Ethrel
a.	0 ppm	(0 cc/ha) (testigo absoluto)
b.	120 ppm	(75 cc/ha)
c.	800 ppm	(500 cc/ha)
d.	1600 ppm	(1000 cc/ha)

6.1.1.3 Densidad de siembra:

Se hizo basándose en un conteo de yemas del material a sembrar en los diez metros de surco de la unidad experimental (u.e.), tomando tallos sanos en secciones de 60 cm de largo y en cantidades proporcionales de madurez fisiológica.

- a. 5 yemas/m lineal (50 yemas/u.e.)
- b. 10 yemas/m lineal (100 yemas/u.e.) (testigo)

6.1.2 Tratamientos:

La combinación de los distintos niveles de los factores evaluados, generó un total de 40 tratamientos.

6.2 Técnicas experimentales:

6.2.1 Diseño experimental:

El diseño usado fue el de bloques al azar bajo un arreglo en parcelas divididas con arreglo combinatorio en la parcela pequeña. En las parcelas grandes se ubicaron las 5 variedades; y en la parcela pequeña se distribuyeron las dos densidades de siembra y las 4 dosis de Ethephon usando un arreglo combinatorio. El experimento contó con 4 repeticiones. La unidad experimental constó de un surco de 10 m de largo y 1.5 m de ancho, o sea, un área bruta de 15 m². (ver cuadro 17A)

6.2.2 Material experimental:

- Ethephon (fuente: Ethrel 480, 48 % de ingrediente activo en volumen)
- Semilla de 5 variedades de caña (CP-722086, CP-721210, CP-721312, CP-731547 Y MEX-68P23).

6.3 Manejo del experimento:

6.3.1 Preparación del terreno.

- a. Arado: Se realizó un paso de arado de discos.
- b. Rastreo: Veintiocho días después de la labor anterior, utilizando una rastra convencional, con el objetivo de roturar más el suelo y destruir las cepas voluntarias.
- c. Surqueo: diez días después del rastreo se surqueó, habiendo utilizado un distanciamiento de 1.5 m entre surcos, a una profundidad de 20 a 30 cm.
- d. Trazo y Estaquillado: Dos días después del surqueo se procedió a realizar el trazo de acuerdo al croquis de campo previamente establecido. Se emplearon para ello estacas de 60 cm de largo.

6.3.2 Selección de los Esquejes:

Se llevó a cabo en el jardín clonal de la estación experimental Camantulúl de CENGICAÑA.

- a. Conteo de yemas: Para realizar una siembra con las densidades requeridas en cada unidad experimental.

b. Paquetes: Una vez contadas las yemas, se procedió a ordenar el número de tallos elegidos, cuya cantidad cumpliera con tener el número de yemas requerido, y se procedió a identificar a cada uno.

6.3.3 Siembra

a. Distribución: Se procedió a distribuir los paquetes con la cantidad de yemas requeridas para los distintos tratamientos, en las parcelas pequeñas previamente establecidas mediante un sorteo. Los esquejes destinados a la densidad de siembra baja contaron con 2-3 yemas por esqueje, y los destinados a la densidad alta contaron con 3-4 yemas por esqueje; esto con el objeto de obtener una distribución uniforme de las yemas en la unidad experimental.

b. Siembra: Se colocaron los tallos en el fondo del surco según el croquis de campo en cuanto a variedad y densidad, previa realización de las labores de fertilización fosforada y control preventivo de plagas. Los esquejes se ubicaron en una disposición que permitiera cumplir con los requerimientos de densidad.

c. Aplicación de Ethephon: Se realizó con una bomba de mochila, procediendo a rociar la solución de Ethephon sobre los esquejes en las concentraciones especificadas aplicando un volumen de solución de 300 lt/ha; todo esto según la distribución de dosis en cada parcela grande según el croquis de campo. Seguidamente se tapó con suelo y se compactó.

6.3.4 Manejo cultural:

Las actividades de manejo se iniciaron una semana después de la siembra, y consistió en una revisión de tapado de esquejes, en la cual, se aplicó una nueva capa de suelo, sobre aquellos esquejes destapados o removidos de su sitio original de siembra por efecto de la lluvia; cuatro semanas después de la siembra se procedió a realizar la primera limpia manual, la segunda siete semanas después y la tercera en la semana número diez. La segunda fertilización se realizó coincidentemente con el tercer control de malezas, 135 kg/ha (3 qq/ha) de Urea 46-0-0, y la tercera fertilización en la semana catorce aplicando la misma dosis. Adicionalmente se procedió a la limpia manual de calles y bordes durante todo el experimento, especialmente en el caso de la maleza denominada Caminadora (Rottboellia cochinchinensis L.), que por su excesiva pubescencia provocaba molestias al personal encargado de la medición en cada una de las lecturas.

6.4 Medición de las variables respuesta:

1. Porcentaje de brotación de Yemas: Se realizaron las lecturas de brotación a los 7, 14, 21 y 28 días después de la siembra (DDS), contando la totalidad de plántulas germinadas por unidad experimental (u.e.). El porcentaje de brotación se tomó en base a la cantidad total de yemas sembradas por u.e.

2. Población de tallos: Se realizaron conteos del número total de tallos por unidad experimental a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 300 días después de la siembra, tomando en cuenta para ello incluso a plántulas recién emergidas, pero no plántulas muertas por cualquier circunstancia.

3. Diámetro de tallos: Se tomaron los 5 tallos marcados, midiendo el diámetro del quinto entrenudo, con la ayuda de un vernier graduado en milímetros; esto se realizó a los 150, 180, 210, 240, 270 y 300 DDS.

4. Altura de planta: Se procedió a marcar 5 plantas al azar por cada unidad experimental, seguidamente se realizaron lecturas de altura, midiendo en centímetros desde el nivel del suelo hasta la última lígula visible en el tallo, estas se realizaron a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 150, 180, 210, 240, 270 y 300 DDS.

5. Número de yemas por tallo: El día previo a la cosecha (300 DDS), se cortaron 10 tallos dentro de la unidad experimental, y se les contó el número de yemas desde la base hasta el entrenudo que presentara al menos una relación 3:1 entre su largo y su diámetro.

6. Número de macollas: Esta lectura se realizó un día después de la cosecha (300 DDS), una vez eliminado el rastrojo sobrante de la misma; procediendo a recorrer la totalidad de la unidad experimental contando cada grupo definido de tocones (macollas individuales) a partir de 50 cm del extremo del surco.

7. Rendimiento de azúcar por tonelada de caña: El día previo a la cosecha (300 DDS); se procedió a hacer un muestreo cada una de las unidades experimentales, tomado 4 tallos (2 maduros, uno con maduración intermedia y un brote joven); estas muestras fueron enviadas al laboratorio de CENGICAÑA donde se hizo el análisis rutinario de jugos.

8. Producción de caña: La cosecha se realizó 300 días después de la siembra tomando un bloque a la vez, cosechado en verde (sin quemar) pero eliminando cogollo y hojas senescentes a lo largo de cada tallo, luego cada cortador procedió a ordenar la totalidad de tallos cosechados en forma horizontal. Finalmente se realizó la toma de datos de peso cosechado por unidad experimental, con la ayuda de una romana adaptada al hidráulico de un tractor.

6.5 Análisis de la información:

6.5.1 Prueba de normalidad:

Previo al análisis de varianza de los datos de las variables respuesta evaluadas, se procedió a realizar la prueba de normalidad de Shappiro Wilks a los datos de cada una de las lecturas; este análisis previo mostró que únicamente

los datos de las cuatro lecturas de porcentaje de brotación de yemas no presentaban un comportamiento normal. Una vez demostrado lo anterior se procedió a realizar una transformación de los datos de esta variable usando para ello la fórmula de Arcoseno; estos datos transformados fueron analizados nuevamente, presentando normalidad, por lo que los mismos fueron los usados para el Análisis de Varianza.

Los datos obtenidos de las otras variables respuesta no requirieron transformación pues presentaron distribución normal de datos.

6.5.2 Análisis de Varianza:

Durante el desarrollo del experimento se efectuaron 35 lecturas, las cuales incluyeron 4 lecturas de porcentaje de brotación, 8 de población de tallos, 6 de diámetro de tallo, 13 de altura de planta, una de yemas por tallo, una de número de macollas por hectárea, una de rendimiento de azúcar por tonelada de caña y una de producción de caña por hectárea. En cada lectura se obtuvieron 160 datos (uno por unidad experimental) en el caso de porcentaje de brotación, población de tallos, macollas por hectárea, rendimiento y producción; y 800 datos (cinco por unidad experimental) en el caso de altura de planta, yemas por tallo y diámetro.

Se realizó para todos los datos obtenidos de cada variable, haciendo un análisis estadístico para una distribución en parcelas divididas con arreglo combinatorio en la parcela pequeña, previo análisis de normalidad en la distribución de los datos. Para el análisis se empleó el paquete estadístico del programa denominado SAS (Statistical analysis system).

6.5.2.1 Modelo estadístico:

Para el análisis de varianza del experimento se utilizó un diseño en bloques al azar en parcelas divididas con arreglo combinatorio en la parcela pequeña, empleando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_l + \varepsilon(a)_{il} + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon(b)_{ijkl}$$

en donde:

- Y_{ijkl} = Variable respuesta
- μ = Efecto de la media general
- A_i = Efecto de la i -ésima variedad
- β_l = Efecto del l -ésimo bloque
- $\varepsilon(a)_{il}$ = Error asociado al efecto de la parcela grande

- B_j = Efecto de la j -ésima densidad de siembra
 C_k = Efecto de la k -ésima dosis de ethephon
 Ab_{ij} = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad y la j -ésima densidad de siembra
 AC_{ik} = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad y la k -ésima dosis de ethephon
 BC_{jk} = Efecto de la interacción entre la j -ésima densidad de siembra y la k -ésima dosis de ethephon
 ABC_{ijk} = Efecto de la interacción entre la i -ésima variedad, la j -ésima densidad de siembra y la k -ésima dosis de ethephon
 $\epsilon(b)_{ijkl}$ = Error asociado a los efectos de la parcela pequeña

6.5.3 Prueba de Medias:

Se realizaron para todas aquellas variables con diferencias significativas y altamente significativas. Se muestran para cada caso las medias de los niveles de cada variable y el resumen de diferencias detectadas por la prueba de Duncan entre las mismas.

VII. RESULTADOS

7.1 PORCENTAJE DE BROTAÇÃO DE YEMAS:

7.1.1 Brotación de yemas según la densidad de siembra:

En todos los casos el porcentaje de brotación de las unidades experimentales con densidad de siembra de 5 yemas por metro fue mayor. La brotación promedio se dio principalmente durante los primeros 10 días, pues entre los días 14 y 20 después de la siembra (DDS), esta solo se incrementó en poco menos del 3%. (Figura 1)

La brotación fue mayor en todos los casos en por lo menos 15% en las parcelas con densidad baja; esta diferencia se incrementó en la lectura final de brotación a los 28 DDS a poco más de 21%. La brotación se ve incrementada en parcelas con densidades de siembra baja, posiblemente porque en ese caso los esquejes tienen un menor número de yemas en competencia (2 a 3 yemas por esqueje); mientras que la densidad alta presentó entre 3 y 4 yemas por esqueje, esto influye en que esquejes con mayor número de yemas tienen menor oportunidad de utilizar la auxina presente en el esqueje, la cual promueve la división celular que se da cuando ocurre el proceso de brotación en las yemas. (Cuadro 1)

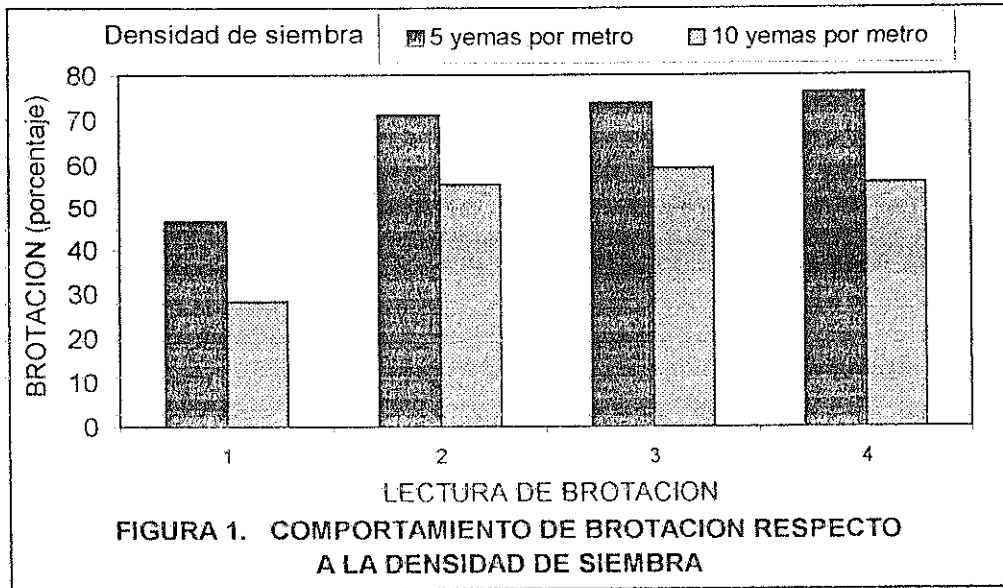
CUADRO 1. Medias de Porcentaje de Brotación de yemas contras niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad.

FACTORES Y NIVELES	LECTURA DE BROTAÇÃO (porcentaje)			
	Brotación 1 7 DDS	Brotación 2 14 DDS	Brotación 3 21 DDS	Brotación 4 28 DDS
Densidad de siembra	**	**	**	**
5 yemas por metro	46.60	71.13	73.83	76.07
10 yemas por metro	28.34	55.34	59.13	55.85
Concentración de Ethephon	**	**	**	**
0 ppm	30.45	52.13	53.23	56.40
120 ppm	39.45	68.60	74.17	72.38
800 ppm	38.37	66.50	68.57	67.03
1600 ppm	41.60	65.70	69.95	68.05
Variedad	**	**	**	*
CP-721210	18.63	49.81	57.00	64.72
CP-721312	50.69	74.35	76.09	73.91
CP-722086	31.53	59.09	62.87	60.63
CP-731547	51.91	74.09	76.66	71.63
MEX-68P23	34.59	58.81	59.78	58.94

** diferencias altamente significativas

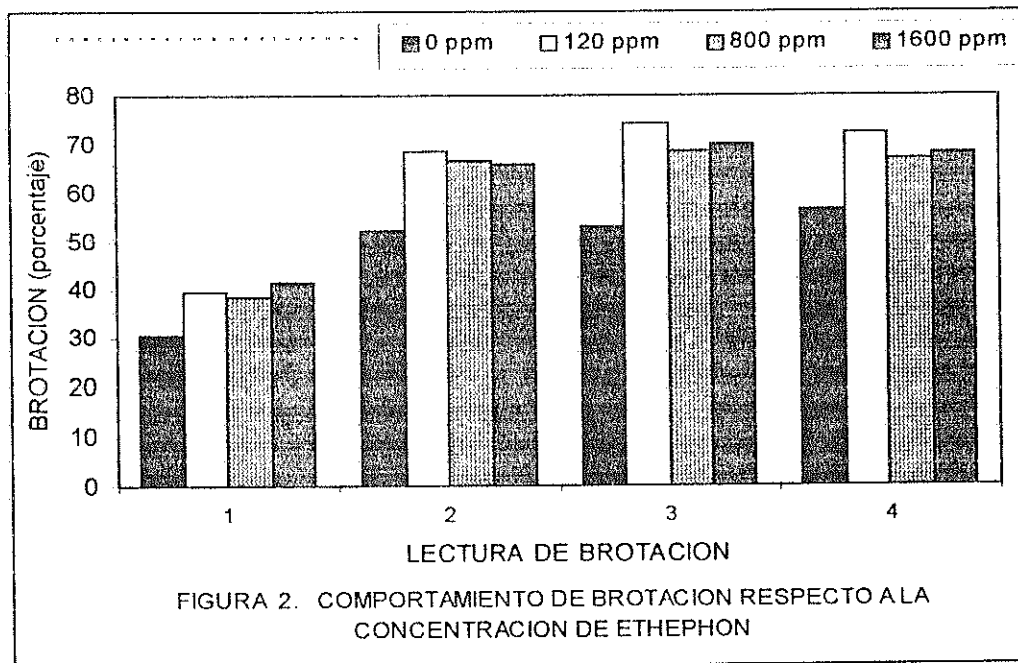
* diferencias significativas

DDS días después de la siembra



7.1.2 Brotación de yemas según la Concentración de Ethephon:

El aplicar Ethephon incrementó en todos los casos el porcentaje de brotación, sin que se detectaran diferencias significativas entre las concentraciones de 120, 600 y 1200 ppm (75, 500 y 1000 cc de Ethrel 480/ha). La concentración con mayor porcentaje de brotación fue la de 120 ppm (75 cc de Ethrel 480/ha) con un 72.38%. El testigo en todos los casos fue inferior en por lo menos un 10%. (figura 2) Estos resultados coinciden con los experimentos de Díaz (13), Paggiaro (19) y Campanhã (11).

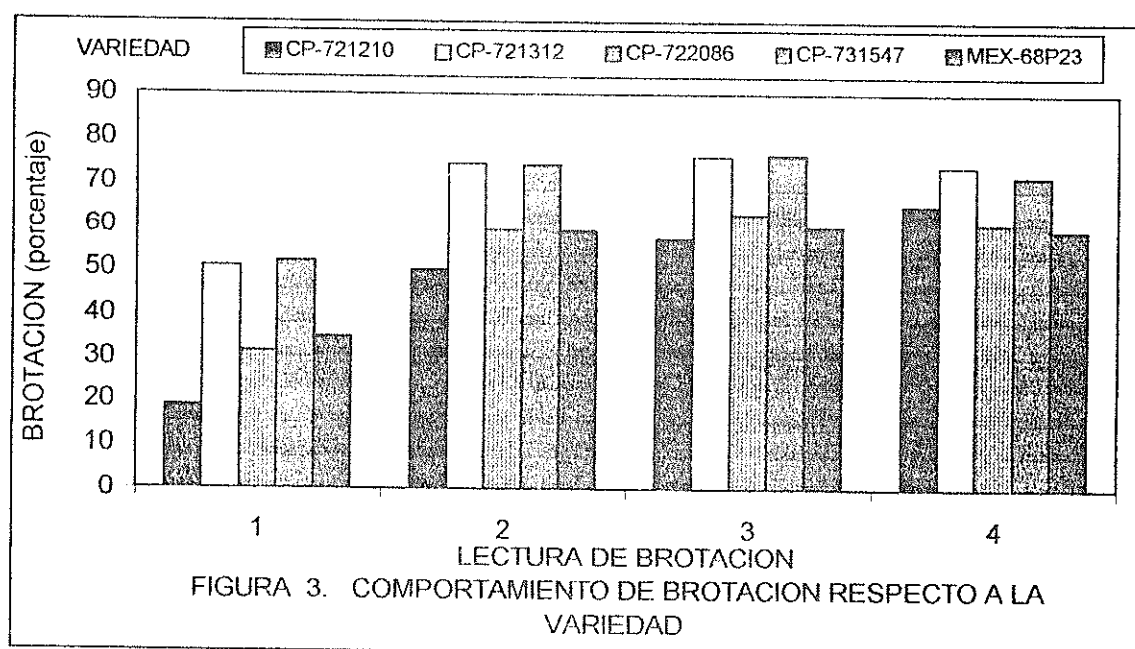


No existieron diferencias significativas entre las concentraciones de Ethephon (cuadro 8A). El testigo presentó 56.4% de brotación de yemas y fue inferior a los niveles en donde se aplicó ethephon en al menos un 10% . (cuadro 1)

7.1.3 Brotación de yemas según la Variedad de caña:

Todas las variedades presentaron el máximo incremento de brotación durante los primeros 15 días, durante las últimas dos lecturas el incremento fue prácticamente nulo, e inclusive negativo. Todas las lecturas presentaron diferencias altamente significativas (cuadro 8A), siendo las variedades con mayores porcentajes la CP-721312 y CP-731547.

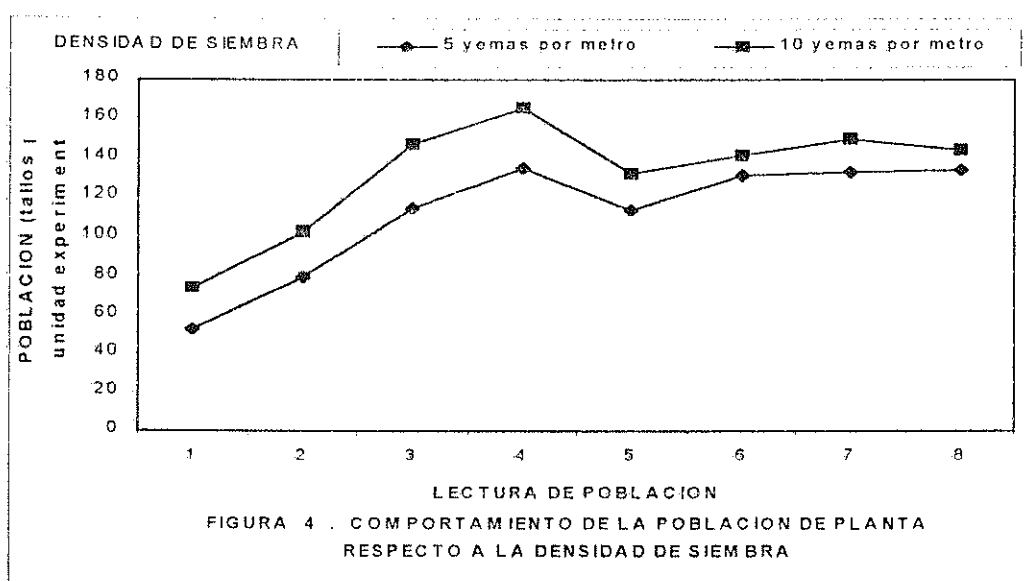
Las dos variedades con mayor porcentaje de brotación en la lectura final (28 DDS) fueron la CP-721312 y CP-721547 con un porcentaje de brotación entre 73.91% y 71.63%; luego en su orden las variedades CP-721210 y CP-722086; la MEX-68P23 se ubicó en el último puesto con 58.94% de brotación de yemas. Las diferencias de brotación entre variedades se dieron posiblemente al distinto potencial genético de cada una; pero especialmente en el caso de las variedades CP-721312 y CP-731547, debido a que sus esquejes son más vigorosos que los de las otras variedades. (cuadro 1 y figura 3)



7.2 POBLACIÓN DE TALLOS:

7.2.1 Población de tallos según la Densidad de siembra:

En todas las lecturas se observaron diferencias altamente significativas a excepción de la lectura al momento de la cosecha (Cuadro 2), este comportamiento fue similar al reportado por Paggiaro (19). En todos los casos, la densidad de siembra de 10 yemas por metro presentó las mayores poblaciones, aunque las diferencias entre densidades se redujeron en las últimas tres lecturas. El crecimiento poblacional fue acelerado hasta los 75 días después de la siembra, a partir ese punto la población decreció al igual que el ritmo de crecimiento poblacional; la población se mantuvo por debajo de las 170 plantas por unidad experimental (100,000 plantas por hectárea). (figura 4)



La densidad de 10 plantas por metro de surco mantuvo en todas las lecturas, poblaciones mayores en por lo menos 10 por unidad experimental (6200 plantas/ha) respecto a la densidad de siembra de 5 yemas por metro de surco; a pesar de que no existió significancia estadística entre tratamientos al momento de la cosecha (300 DDS), esta diferencia fue aproximadamente de 10 plantas por unidad experimental en esta lectura. (cuadro 2)

7.2.2 Población de tallos según la Concentración de Ethephon:

Todas las lecturas presentaron diferencias altamente significativas, a excepción de la lectura al momento de la cosecha mostró únicamente diferencias significativas (cuadro 2), este comportamiento coincidió con el observado por Díaz (13) y por Campanhã (11), aunque este último no observó diferencias en cosecha.

CUADRO 2. Medias de población de tallos por unidad experimental contra los niveles de los factores densidad de siembra, concentración de ethephon y variedad

FACTORES Y NIVELES	LECTURA DE POBLACION (Número de plantas por unidad experimental)							
	1 30 DDS	2 45 DDS	3 60 DDS	4 75 DDS	5 90 DDS	6 105 DDS	7 120 DDS	8 300 DDS
Densidad de siembra	**	**	**	**	**	*	**	n.s.
5 yemas por metro	52	80	115	135	114	132	134	134
10 yemas por metro	74	103	147	166	132	141	150	144
Concentracion Ethephon	**	**	**	**	**	**	**	*
0 ppm	53	75	110	129	115	127	128	123
120 ppm	69	99	144	163	123	145	152	146
800 ppm	65	95	134	159	130	139	150	146
1600 ppm	66	97	137	151	125	134	137	142
Variedad	**	*	*	*	*	**	**	n.s.
CP-721210	46	67	108	133	112	132	133	148
CP-721312	76	106	148	165	129	142	156	141
CP-722086	59	91	129	150	127	135	143	141
CP-731547	71	92	126	134	113	119	124	133
MEX-68P23	63	102	143	169	135	153	153	133

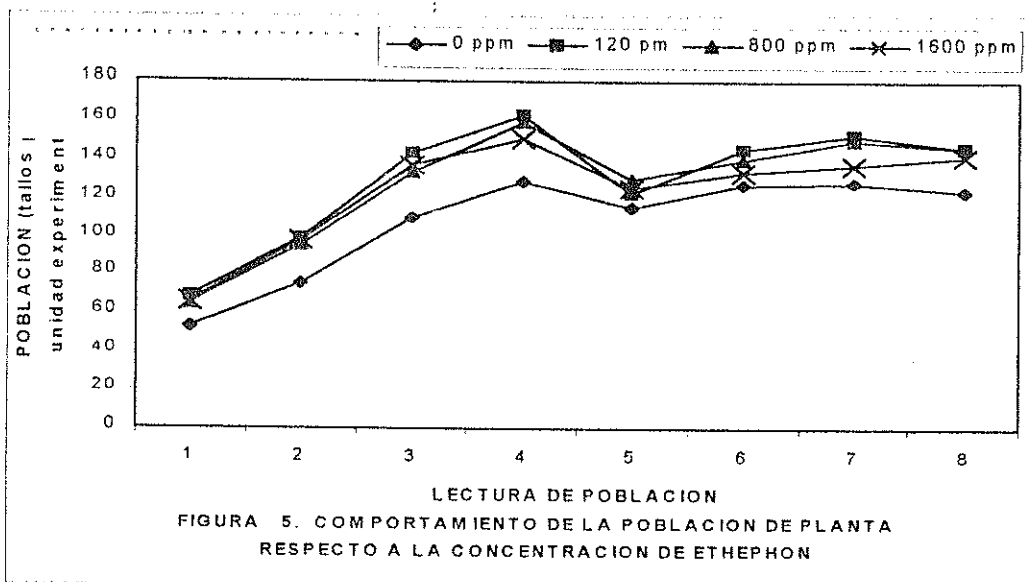
** diferencias altamente significativas

* diferencias significativas

n.s. diferencias no significativas

DDS días después de la siembra

La concentración que produjo mayor población fue casi invariablemente la de 120 ppm (75 cc de Ethrel 480 /ha). Durante los primeros 75 días, las tres dosis de Ethrel presentaron valores de población mayores que el testigo de hasta 22 plantas por unidad experimental (14650 plantas/ha), esta diferencia se redujo en las siguientes lecturas, pero aún así fue de



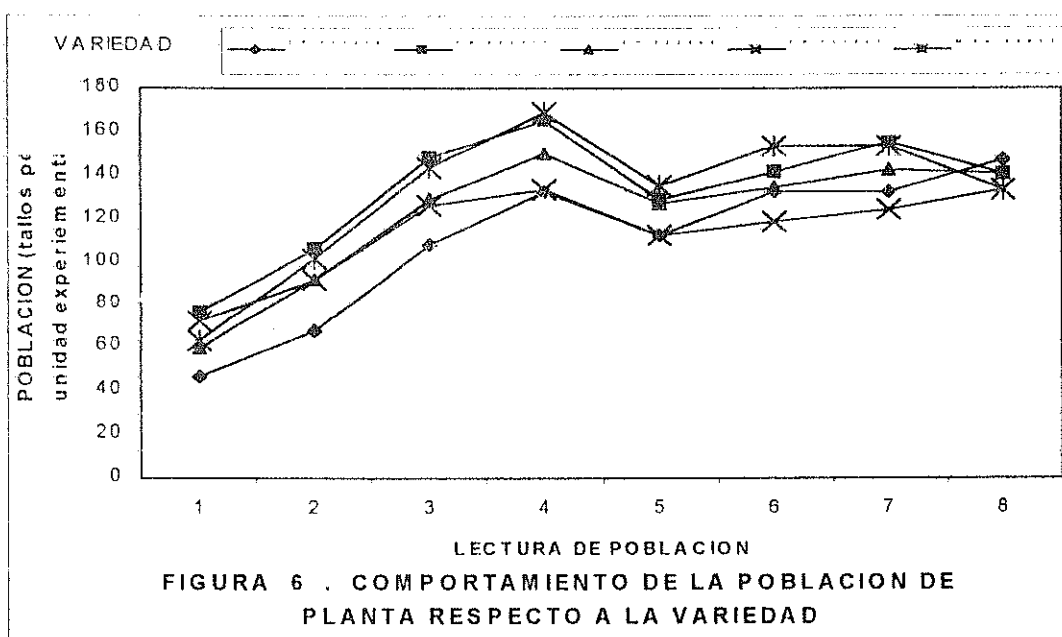
19 plantas por unidad experimental (12650 plantas/ha) en la lectura al momento de la cosecha (figura 5). En la mayoría de lecturas, todas las concentraciones de Ethephon usadas fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al testigo. (cuadro 2)

Las tres concentraciones de Ethephon presentaron igualdad estadística en cuanto a población de tallos al momento de la cosecha (cuadro 9A), con valores entre 142 y 146 tallos por unidad experimental (94633 y 97283 tallos por hectárea); el testigo absoluto presentó al menos 19 tallos por unidad experimental (12650 tallos por hectárea) menos que las poblaciones de las parcelas aplicadas, resultado coincidente con el estudio de Díaz (13) en donde el incremento fue de un 30% en relación al testigo.

7.2.3 Población de tallos según la Variedad de caña:

En todas las lecturas las variedades CP-721312 y MEX-68P23 presentaron los primeros lugares en población, sin embargo en la lectura de cosecha (300 días después de la siembra), la variedad MEX-68P23 bajó drásticamente su población, y la CP-721210 ocupó el primer lugar con 148 tallos por unidad experimental (98480 plantas/ha) después de ser la de menor promedio durante los primeros meses del cultivo, y la CP-731547 en casi todas las lecturas ocupó el último lugar en población de tallos. La variedad CP-722086 mantuvo valores medios en todo el ciclo de cultivo, las variedades CP-731547 y MEX-68P23 tuvieron los valores más bajos de población en la lectura de cosecha con 133 tallos por unidad experimental (89000 plantas/ha). Todas las variedades redujeron su población a partir de la cuarta lectura. (cuadro 2 y figura 6)

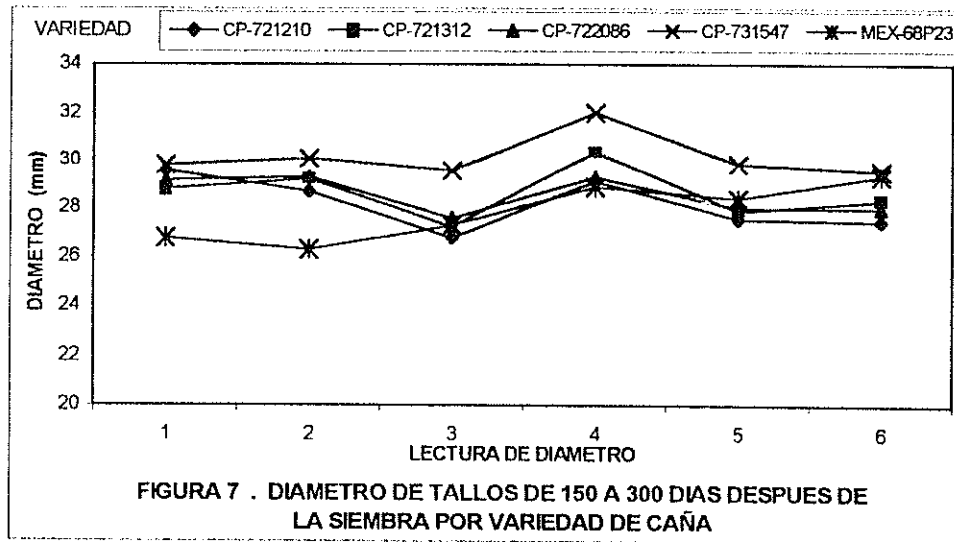
La lectura de población al momento de la cosecha no detectó diferencias estadísticas en cuanto a población de tallos entre variedades (cuadro 9A), debido presumiblemente a que las 5 variedades evaluadas presentan la misma predisposición genética a producir cantidades similares de tallos, bajo las condiciones en que se realizó el experimento.



7.3 DIÁMETRO DE TALLO:

7.3.1 Diámetro de tallo según la Variedad de caña:

La media general de diámetro fue similar para todas las lecturas y no se detectó ningún comportamiento definido de crecimiento. (figura 7) La variedad con mayor promedio de diámetro fue en todas las lecturas la CP-731547, y la menor en la mayoría fue la CP-721210. (cuadro 3)



La única variedad que mostró un incremento sostenido de diámetro fue la MEX-68P23, que pasó de ser la de menor diámetro con 26.77 mm en la primera lectura, a ser una de las dos más altas en la lectura al momento de la cosecha con 29.25 mm. En todas las lecturas se dieron diferencias estadísticas altamente significativas entre el diámetro de variedades, a excepción de la última en que estas diferencias fueron solo significativas (cuadro 3).

La variedad que presentó mayor diámetro de tallo al momento de la cosecha (300 DDS) fue la CP-731547 con 29.49 mm siendo estadísticamente superior al resto (figura 10A), pero especialmente a la variedad CP-721210 con 27.45 mm. En términos generales los valores intermedios son estadísticamente muy similares.

7.4 ALTURA DE PLANTA:

7.4.1 Altura de planta según la densidad de siembra:

A partir de la lectura 4 (75 DDS) se dieron diferencias significativas de entre 3 y 7 cm en favor de la densidad de 10 yemas por metro pero este comportamiento no se mantuvo, pues en las últimas 3 lecturas nuevamente no se detectaron diferencias. Los resultados indican que la densidad de siembra no tiene efecto alguno sobre la altura de planta. Los dos valores de densidad de siembra no presentaron diferencias significativas durante las primeras 3 lecturas. (cuadro 4)

CUADRO 3. Medias de diámetro de tallo contra los niveles de los factores densidad de siembra, concentración de ethephon y variedad

FACTORES Y NIVELES	LECTURA DE DIAMETRO DE TALLO (milímetros)					
	1 150 DDS	2 180 DDS	3 210 DDS	4 240DDS	5 270 DDS	6 300 DDS
Densidad de siembra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
5 yemas por metro	28.87	28.51	27.77	30.06	28.47	28.48
10 yemas por metro	28.68	28.79	27.54	29.73	28.11	28.49
Concentración de Ethephon	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
0 ppm	28.69	28.54	27.77	29.37	28.44	28.54
120 ppm	28.76	28.71	27.26	29.77	27.95	28.74
800 ppm	28.76	28.52	27.96	30.59	28.41	28.54
1600 ppm	28.89	28.86	27.63	29.84	28.35	28.11
Variedad	**	**	**	**	**	*
CP-721210	29.51	28.63	26.78	29.07	27.51	27.45
CP-721312	28.76	29.13	27.19	30.29	27.83	28.29
CP-722086	29.11	29.21	27.54	29.24	27.96	27.94
CP-731547	29.74	30.01	29.49	32.03	29.79	29.49
MEX-68P23	26.77	26.29	27.26	28.83	28.37	29.25

** diferencias altamente significativas

* diferencias significativas

n.s. diferencias no significativas

DDS días después de la siembra

7.4.2 Altura de planta según concentración de Ethephon:

Las concentraciones de Ethephon no afectaron la altura de planta, excepto en las lecturas 5 y 6 (entre 90 y 105 días después de la siembra) en donde se detectaron diferencias levemente significativas que no superaron los 5 cm (cuadro 7A). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Paggiaro (19) en Brasil y parcialmente con los de Díaz (13) en Cuba, pues en este caso uno de los experimentos realizados mostró incrementos en altura de planta respecto al testigo absoluto en la lectura al momento de la cosecha, aunque el mismo fue realizado empleando variedades y método de aplicación totalmente distintos.

7.4.3 Altura de planta según interacción densidad-dosis:

Se dieron diferencias altamente significativas a partir de la lectura 3 (60 días después de la siembra) hasta la lectura 11 (240 días después de la siembra). Todas las combinaciones entre densidad de siembra y concentración de Ethephon fueron superiores a la combinación entre 5 yemas por metro y 0 ppm y en la lectura 11 presentó un valor de 160 cm inferior en al menos 15 cm las otras combinaciones.

7.4.4 Altura de planta según la variedad de caña:

La variedad con mayor altura durante todo el ciclo de cultivo fue la CP-731547, la variedad MEX-68P23 pasó de promedios de altura bajos en las primeras 4 lecturas (0 a 75 días después de la siembra) a promedios comparables con la CP-731547 en las lecturas 12 y de cosecha (270 a 300 días después de la siembra). La variedad con menor altura promedio en todos los casos fue la CP-722086. Las diferencias de promedio de altura fueron mucho más evidentes durante las primeras 10 lecturas, y tendieron a ser menores durante las últimas tres (figuras 8.1 y 8.2).

CUADRO 4. Medias de altura de planta contra los niveles de los factores densidad de siembra, concentración de Ethephon y variedad

FACTORES Y NIVELES	LECTURA DE ALTURA DE PLANTA (centímetros)												
	1 30 DDS	2 45 DDS	3 60 DDS	4 75 DDS	5 90 DDS	6 105 DDS	7 120 DDS	8 150 DDS	9 180 DDS	10 210 DDS	11 240 DDS	12 270 DDS	13 300 DDS
Densidad de siembra	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**	*	**	*	**	n.s.	n.s.	n.s.
5 yemas por metro	13.59	24.98	30.28	44.47	67.56	89.41	112.71	166.87	215.65	235.03	275.71	301.38	332.36
10 yemas por metro	13.44	25.02	30.55	45.65	71.07	94.96	118.42	173.27	220.01	239.99	280.37	301.97	328.68
Concentración Ethephon	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
0 ppm	13.28	24.63	29.88	44.53	67.51	89.72	112.95	168.66	217.26	236.09	270.72	296.11	328.73
120 ppm	13.54	25.04	30.49	44.77	69.66	92.28	116.69	169.21	216.78	237.55	281.62	304.95	331.13
800 ppm	13.35	25.35	30.48	45.02	68.84	92.67	115.84	170.79	216.72	237.14	278.69	302.16	333.34
1600 ppm	13.89	24.98	30.82	45.92	71.26	94.09	116.81	171.64	220.57	239.29	281.13	303.51	328.89
Variedad	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
CP-721210	13.91	25.61	31.36	44.27	65.73	87.52	108.06	156.92	201.56	221.31	257.43	293.94	330.28
CP-721312	14.46	27.11	33.36	49.53	74.53	96.99	118.46	168.08	213.82	228.39	269.09	293.05	322.31
CP-722086	9.96	19.21	22.41	32.67	51.91	72.64	97.46	150.98	200.31	222.69	265.61	291.75	328.06
CP-731547	16.23	28.87	36.19	55.67	86.41	112.39	138.67	199.06	249.09	269.11	319.01	321.01	336.33
MEX-68P23	13.04	24.21	28.76	43.14	67.99	91.41	115.19	175.31	224.37	246.09	279.05	308.66	335.63

** diferencias altamente significativas

* diferencias significativas

n.s. diferencias no significativas

DDS días después de la siembra

La altura de las plantas mantuvo incrementos reducidos hasta la lectura 3 (60 días después de la siembra), a partir de este punto, la pendiente de la curva de crecimiento se incrementó más aceleradamente hasta la lectura 9 (180 días después de la siembra) y decreció nuevamente hasta la cosecha. Lo anterior indica que las variedades tienen un comportamiento distinto en altura de planta debido posiblemente a condiciones genéticas o bien a respuestas distintas de cada una a las condiciones del lugar donde se realizó el experimento (figuras 8.1 y 8.2). En todas las lecturas se observaron

diferencias altamente significativas en altura de planta a excepción de la última lectura, en donde se dieron únicamente diferencias significativas (cuadro 4).

En la lectura de cosecha (300 días después de la siembra) se detectó diferencia estadística significativa entre variedades en cuanto a la altura de planta, siendo las variedades CP-731547 y MEX-68P23 superiores al resto; la variedad con menor altura de planta fue la CP-721312 con 322.31 cm, inferior en 14 cm a la variedad superior.

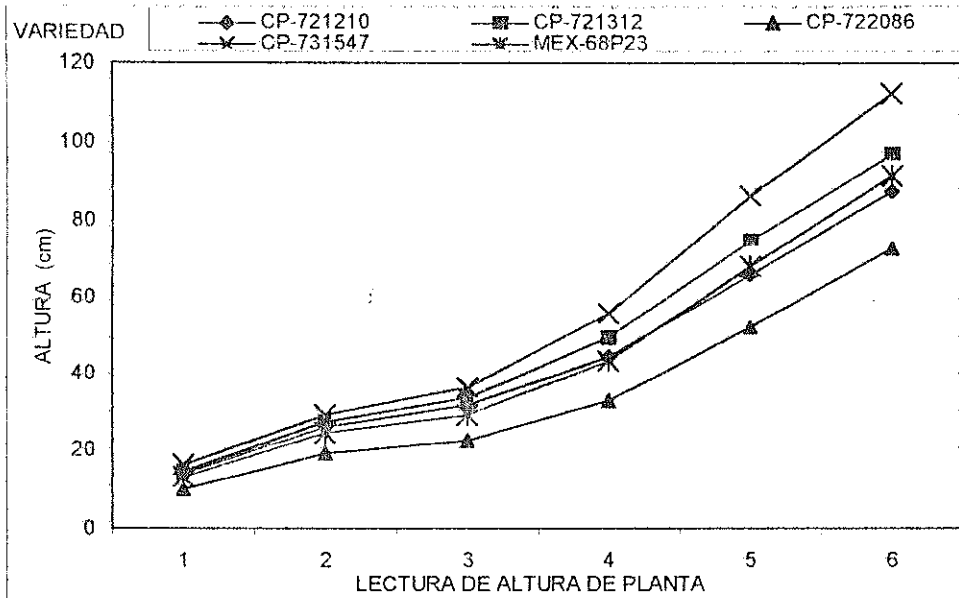


FIGURA 8.1 . ALTURA DE PLANTA DE 0 A 120 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA POR VARIEDAD DE CAÑA

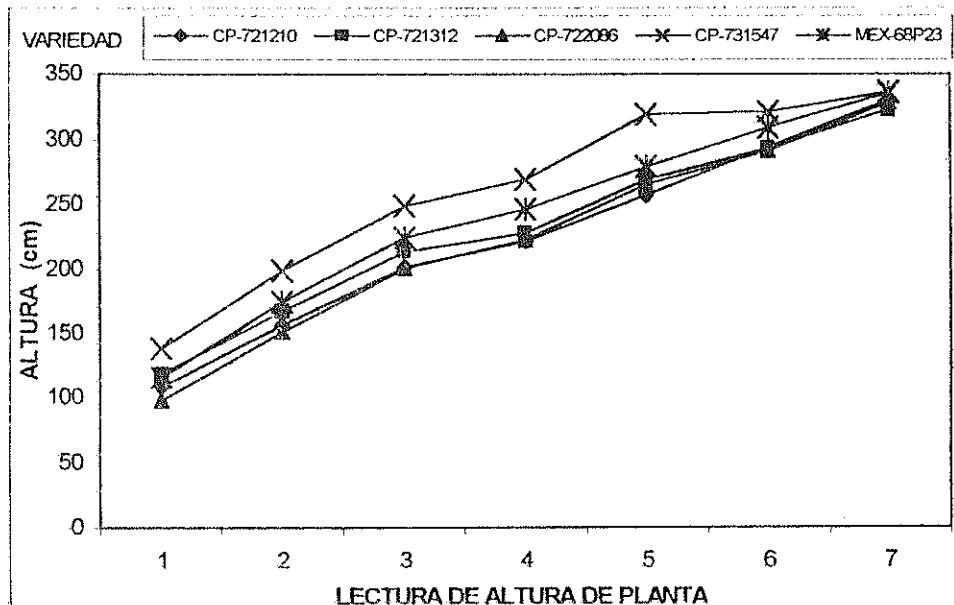


FIGURA 8.2 . ALTURA DE PLANTA DE 150 A 300 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA POR VARIEDAD DE CAÑA

7.5 VARIABLES DE COSECHA:

7.5.1 YEMAS POR TALLO:

7.5.1.1 Yemas por tallo según la densidad de siembra:

Los valores fueron de 21.79 yemas por tallo para la densidad de 5 yemas por metro de surco y de 22.19 yemas por tallo para la densidad de 10 yemas por metro. Estas medias se consideran iguales pues no se detectaron diferencias estadísticas entre los valores de número de yemas por tallos entre ambas densidades de siembra evaluadas. (cuadro 7A)

7.5.1.2 Yemas por tallo según la concentración de Ethephon:

Los valores estuvieron entre 21.54 yemas por tallo en el caso del testigo y 22.47 en la concentración de 1600 ppm, y ninguna de las concentraciones de Ethephon evaluadas presentó superioridad estadística respecto a las otras. Esto indica que la aplicación de Ethephon no afecta a la cantidad de yemas producidas por el tallo. (cuadro 7A)

CUADRO 5. Medias de variables de cosecha contra los niveles de los factores densidad de siembra, concentración de ethephon y variedad

FACTORES Y NIVELES	VARIABLE RESPUESTA			
	Yemas por tallo (300 DDS)	Macollas por unidad exp. (300 DDS)	Rendimiento (kg azúcar./ha) (300 DDS)	Producción (kg/u.c.) (300 DDS)
Densidad de siembra	n.s.	**	n.s.	**
5 yemas por metro	21.79	19.31	79.34	285.1
10 yemas por metro	22.19	21.27	79.48	324.9
Concentración de Ethephon	n.s.	**	**	**
0 ppm	21.54	19.02	75.37	268.9
120 ppm	21.78	20.92	81.28	327.3
800 ppm	22.18	20.97	78.44	321.9
1600 ppm	22.47	20.25	82.57	301.6
Variedad	*	**	**	n.s.
CP-721210	20.07	20.34	82.78	301.4
CP-721312	24.18	20.53	80.31	316.4
CP-722086	22.74	19.90	81.70	292.9
CP-731547	21.01	21.72	76.90	312.2
MEX-68P23	21.95	18.97	75.37	301.8

** diferencias altamente significativas

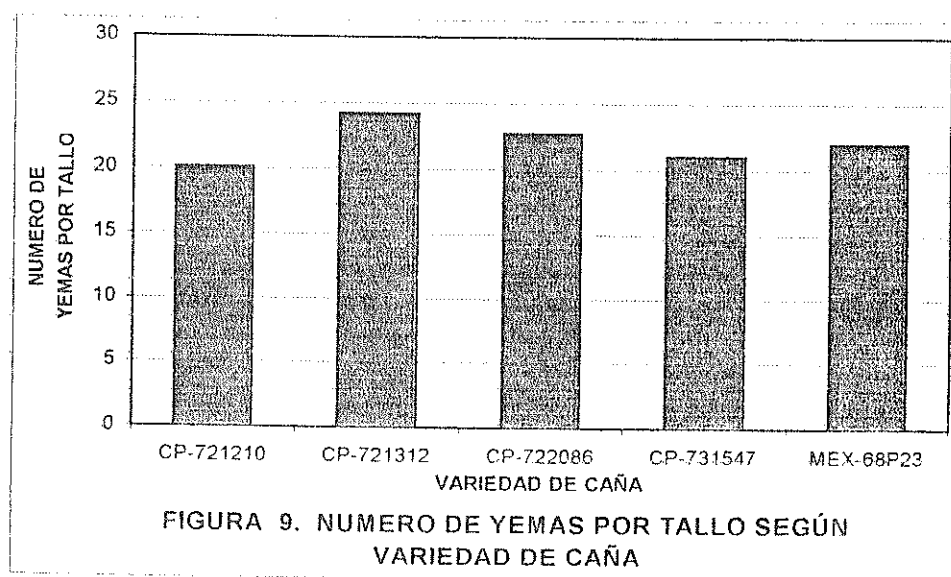
* diferencias significativas

n.s. diferencias no significativas

DDS días después de la siembra

7.5.1.3 Yemas por tallo según la variedad de caña:

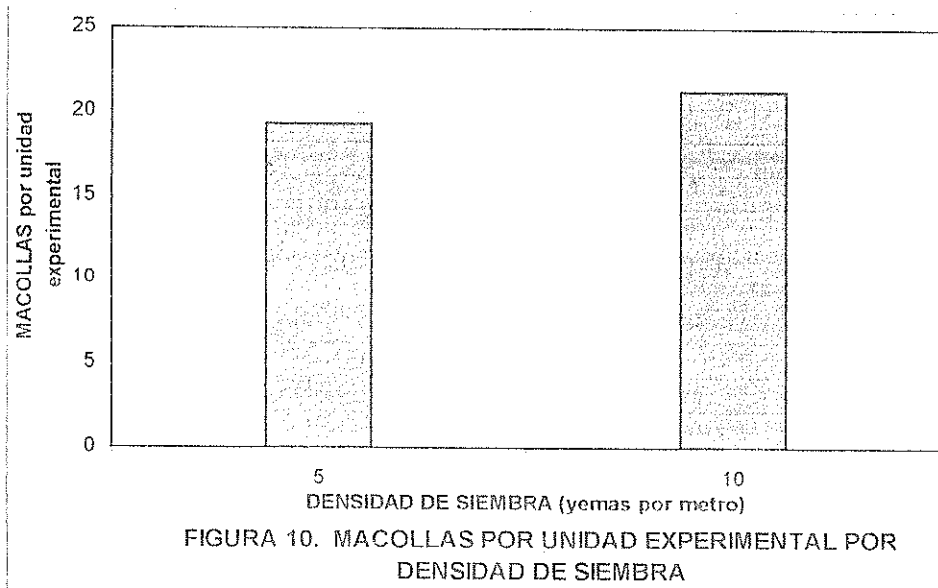
La variedad con mayor producción de yemas por tallo fue la CP-721312 con alrededor de 24, y las dos variedades inferiores fueron la CP-731547 y la CP-721210 con 21 y 20 yemas por tallo respectivamente. Lo anterior es debido posiblemente a condiciones genéticas o bien a respuestas distintas de cada variedad a las condiciones del lugar donde se realizó en experimento (figura 9). El número de yemas por tallo tuvo diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades de caña evaluadas. (cuadro 7A)



7.5.2 NUMERO DE MACOLLAS:

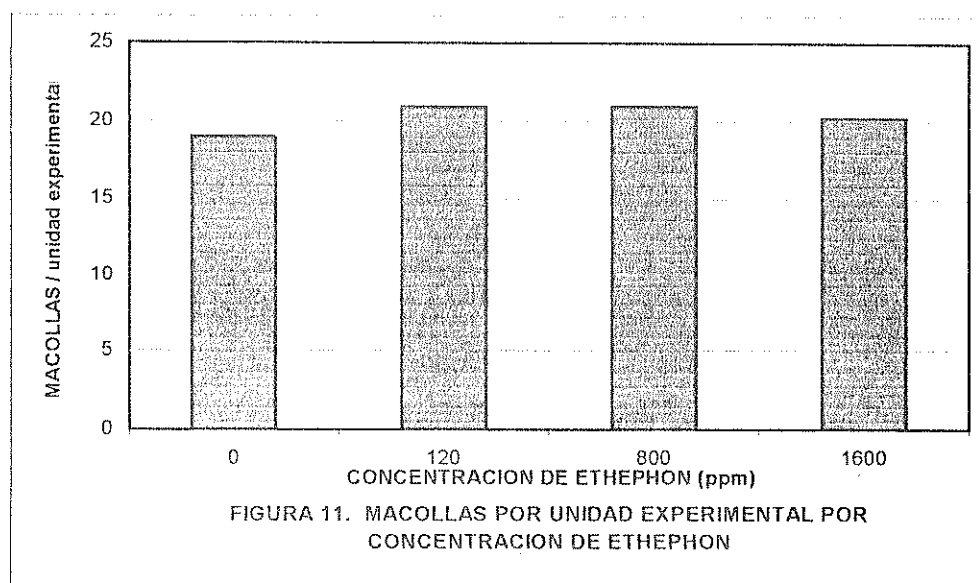
7.5.2.1 Número de macollas según la densidad de siembra:

Los resultados indican que las densidades de siembra se comportaron de forma distinta. La densidad de siembra de 10 yemas por metro presentó 21.3 macollas por unidad experimental (14183 macollas/ha), siendo superior a la densidad de 5 yemas por metro en 2 macollas por unidad experimental (1300 macollas/ha) (cuadro 5). Este resultado es lógico, tal como lo indica Flores (14), debido a que cada yema sembrada produce un brote que al desarrollarse produce gran cantidad de meristemos laterales en su base, estos posteriormente desarrollan los tallos individuales que constituyen una macolla.



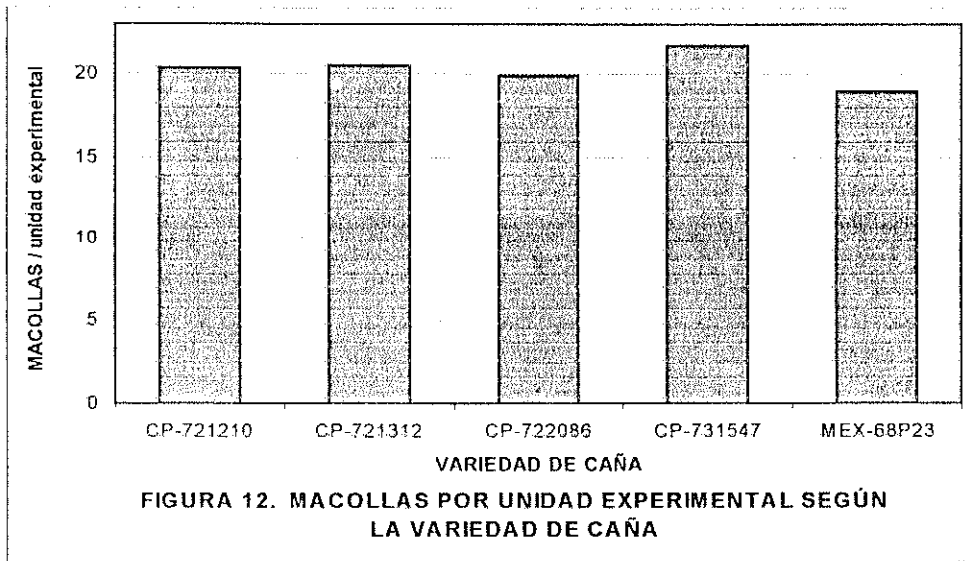
7.5.2.2 Número de macollas según la concentración de Ethepon:

Las concentraciones de Ethepon que producen la mayor producción de macollas son 120 ppm (75 cc de Ethrel 480 /ha) y 800 ppm (500 cc de Ethrel 480 /ha) con valores de 20.9 macollas por unidad experimental (13950 macollas/ha). Las tres concentraciones fueron estadísticamente superiores al testigo pero iguales entre sí (Cuadro 5). El testigo produjo 19 macollas por unidad experimental (12683 macollas/ha), y fue inferior en casi 2 macollas (800 macollas/ha) a cualquier concentración aplicada (figura 11). Esta variable no fue estudiada en los experimentos de Díaz (13) ni en el de Piaggiaro (19) y Campanhão (11), pero en los tres el comportamiento de población de tallos indica que posiblemente este se debió a un incremento en el número de macolla producidas.



7.5.2.3 Número de macollas según la variedad de caña:

La variedad con mayor producción de macollas fue la CP-731547 con 21.7 macollas por unidad experimental (14479 macollas/ha), siendo estadísticamente superior al resto, aunque su valor es claramente superior solamente a la variedad MEX-68P23 en alrededor de 2.7 macollas por unidad experimental (1800 macollas/ha) (cuadro 5). Las variedades CP-721312 y CP-721220 presentan valores medios estadísticamente iguales entre sí, y su valor es inferior a la CP-731312 en alrededor de 1.3 macollas por unidad experimental (800 macollas/ha) (figura 12). Los anteriores datos coinciden con los reportados por Soto (23), y es debido al distinto genotipo de las variedades y a que ellas tienen una expresión fenotípica distinta bajo condiciones ambientales distintas, por lo que estos resultados solo pueden ser tomados en cuenta para sitios en donde predominen condiciones similares al sitio experimental.



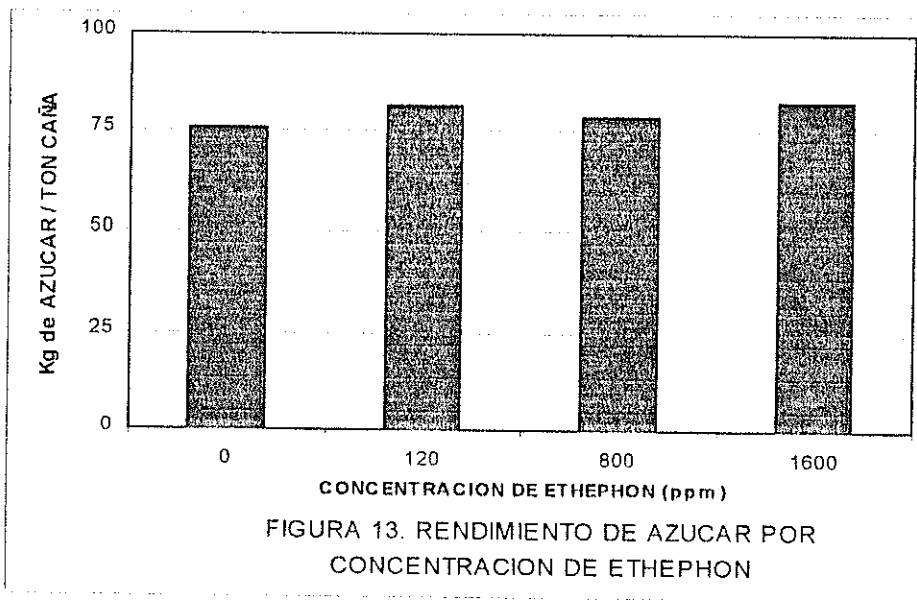
7.5.3 RENDIMIENTO DE AZUCAR

7.5.3.1 Rendimiento de azúcar según la densidad de siembra:

Los valores oscilaron entre 79.4 y 79.5 kilogramos por tonelada de caña (174.6 y 174.9 libras de azúcar por tonelada de caña) en las dos densidades evaluadas (cuadro 5), no detectándose diferencias entre las mismas (cuadro 14A). Este resultado es lógico, pues según Humbert (14), la variable rendimiento de azúcar es netamente cualitativa y depende de otros factores cualitativos como variedad de caña, temperatura ambiental y humedad del suelo principalmente, y no de factores cuantitativos, como lo es el factor densidad de siembra.

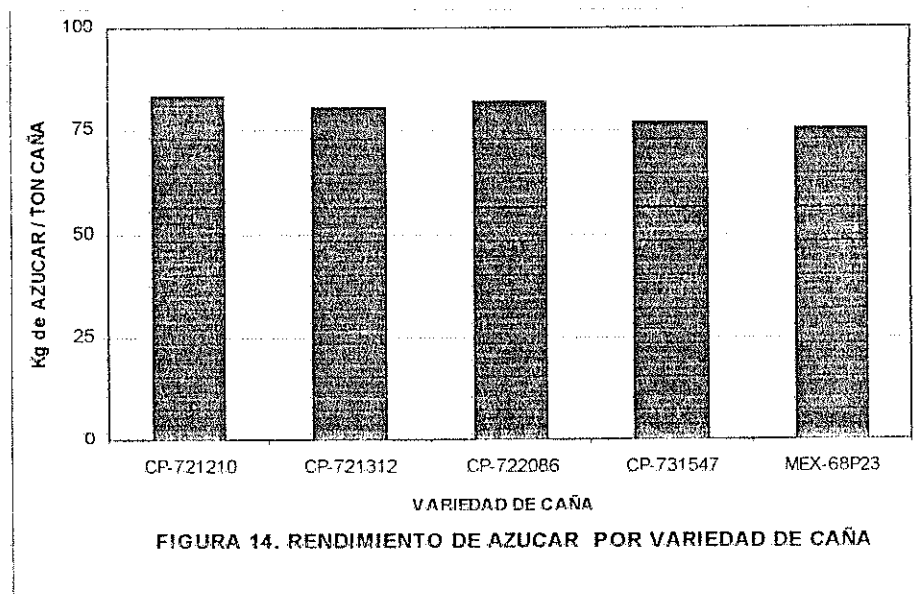
7.5.3.2 Rendimiento de azúcar según la concentración de Ethephon

Las concentraciones de 1600 y 120 ppm (1000 y 75 cc de Ethrel 480 por hectárea) presentaron los más altos rendimientos de azúcar por tonelada de caña con valores entre 82.5 y 81 kilogramos por tonelada (182 y 179 libras por tonelada) (cuadro 5), y ambos fueron estadísticamente superiores al testigo (figura 13), presentando valores superiores a este en al menos 5.9 kilogramos (13 libras). La concentración de 800 ppm (500 cc de Ethrel 480 por hectárea) presentó 78.4 kilogramos (172.6 libras). Estos resultados coinciden con los de Piaggiaro (19) en cuanto a que aún y cuando se dan diferencias en producción de azúcar entre tratamientos, el comportamiento no muestra lógica alguna, por lo que no es posible llegar a conclusiones valederas. Además, los otros experimentos consultados no reportaron diferencias al respecto.



7.5.3.3 Rendimiento de azúcar según la variedad de caña

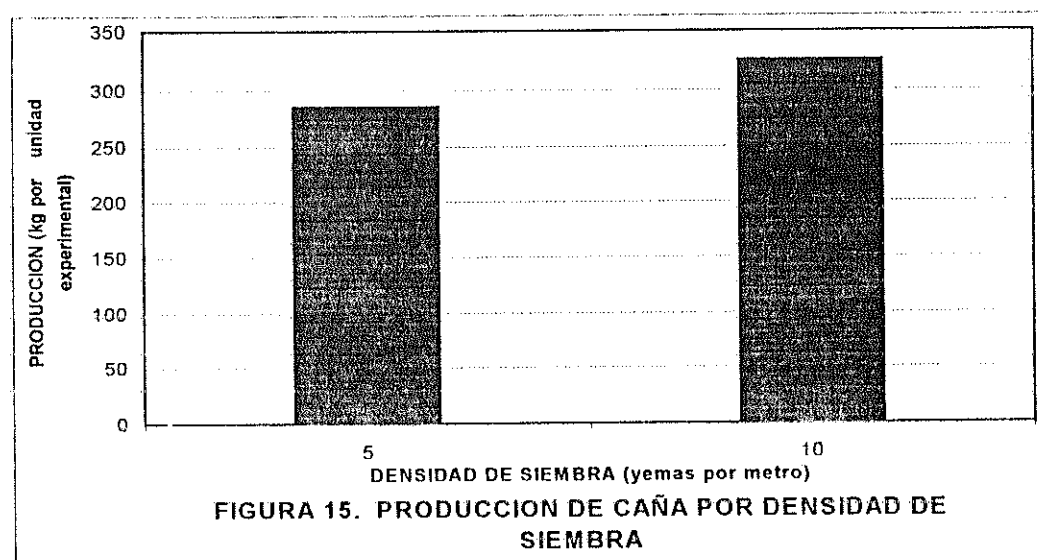
Bajo las condiciones en que cosechó el ensayo, las variedades con mayor rendimiento de azúcar por tonelada de caña fueron la CP-721210 y la CP-722086 con valores de 82.8 y 81.7 kilogramos (182.10 y 179.74 libras) respectivamente; la variedad con menor valor fue la MEX-68P23 con 75.4 kilogramos (165.8 libras) de azúcar por tonelada de caña (cuadro 5 y figura 14), detectándose diferencias estadística entre las medias de rendimiento de las variedades evaluadas (cuadro 14A). En este caso hay que tomar en cuenta que las diferencias pudieron deberse a que los rangos de adaptación altitudinal y la velocidad de maduración de las variedades evaluadas son distintas, por los que los resultados únicamente son validos para las condiciones ambientales y de manejo cultural bajo los cuales se llevó a cabo el experimento.



7.5.4 PRODUCCION DE CAÑA

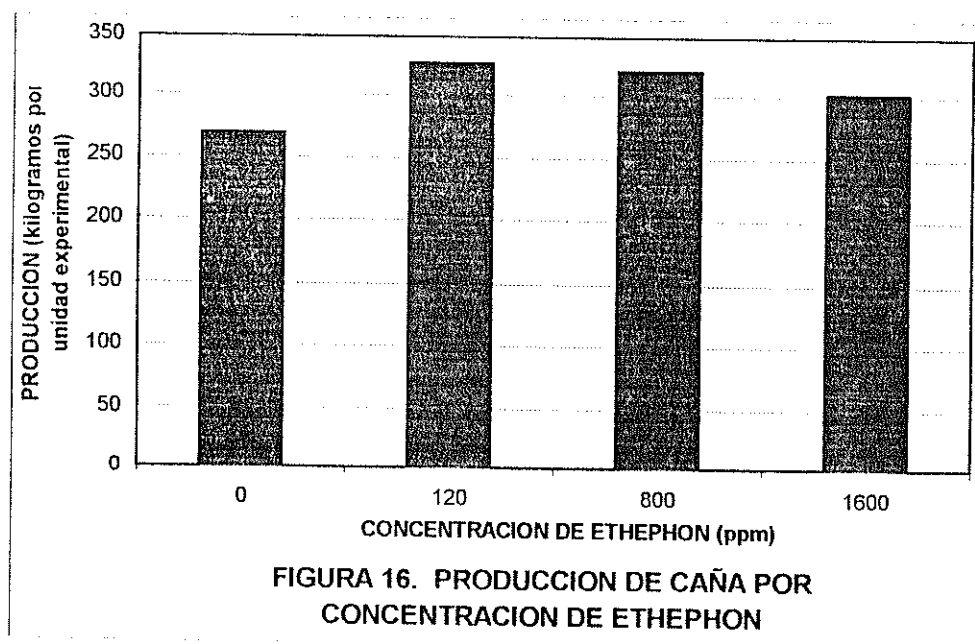
7.5.4.1 Producción de caña según densidad de siembra

La densidad de siembra de 10 yemas por metro de surco presentó una producción de kilogramos de caña por unidad experimental de 325 (216.61 toneladas/ha), siendo estadísticamente superior a la densidad de siembra de 5 yemas por metro en casi 40 kilogramos por unidad experimental (26.61 toneladas/ha) (figura 15). Este resultado tiene lógica pues como indican Humbert (15) y Flores (14), cada yema sembrada produce cierta cantidad de tallos en la macolla que produce, por lo que es de esperarse que la producción aumente proporcionalmente al aumento de yemas sembradas, pero hasta cierto nivel en el cual la producción ya no pueda incrementarse por la ocurrencia de factores limitantes como competencia por nutrientes, luz o agua entre tallos.



7.5.4.2 Producción de caña según la concentración de Ethephon:

El mayores promedios lo presentaron las concentraciones de 120 y 800 ppm (75 y 500 cc de Ethrel 480 por hectárea) con valores entre 327 y 322 kilogramos por unidad experimental (entre 218.23 y 214.62 toneladas/ha) respectivamente; fueron superiores al testigo absoluto en 52 kilogramos por unidad experimental (35.3 toneladas/ha). (cuadro 5 y figura 16) Estos resultados coinciden con los obtenidos por Diaz (13), Paggiaro (19) y Campanhã (11). Las tres concentraciones de Ethephon fueron estadísticamente superiores al testigo absoluto en producción de caña (cuadro 5).



7.5.4.3 Producción de caña según la variedad:

Los valores de producción de las cinco variedades evaluadas oscilaron entre 316 y 293 kilogramos por unidad experimental (entre 210.9 y 195.3 toneladas/ha) (cuadro 5). En este caso hay que tomar en cuenta que los resultados únicamente son validos para las condiciones ambientales del lugar y del manejo cultural del experimento.

VIII. CONCLUSIONES

8.1 PORCENTAJE DE BROTAÇÃO DE YEMAS

El porcentaje de brotación se incrementa en los esquejes con menor número de yemas en relación a los esquejes con mayor número de yemas. La aplicación de Ethephon en cualquiera de las dosis evaluadas (120, 800 y 1600 ppm de ingrediente activo) incrementa el porcentaje de brotación respecto al testigo. Las cinco variedades de caña evaluadas presentan distinto potencial en cuanto a porcentaje de brotación.

8.2 POBLACIÓN DE TALLOS

La densidad de siembra afecta a la población de forma directamente proporcional, es decir, que densidades de siembra altas generan alta densidad poblacional. La aplicación de Ethephon aumenta en todos los casos evaluados la población de tallos respecto al testigo absoluto siendo la concentración de 120 ppm de Ethephon (75 cc Ethrel 480 / ha) suficiente para producir un incremento significativo de población de tallos. Dentro de las variedades evaluadas, la CP-721312 y la MEX-68P23 producen la mayor densidad poblacional.

8.3 DIÁMETRO DE TALLO

El diámetro de tallos no es afectado por los factores densidad de siembra, ni por el factor concentración de Ethephon. La variedad evaluada con mayor diámetro de tallo al momento de la cosecha es la CP-731547, seguida por la MEX-68P23 y la variedad con menor diámetro de tallo es la CP-721210.

8.4 ALTURA DE PLANTA

Los factores densidad de siembra y la interacción densidad de siembra-concentración de Ethephon produjeron diferencias estadísticas en alguna etapa de desarrollo de la planta debido presumiblemente a que la densidad de siembra baja permitió menor competencia entre tallos. La aplicación de Ethephon no tuvo efecto alguno sobre la altura de planta. Las variedades CP-731547 Y MEX-68P23 presentan los mayores valores de altura de planta al momento de la cosecha, siendo los menores los de la variedad CP-721312, CP-722086 Y CP-721210 en su orden.

8.5 YEMAS POR TALLO

Los factores densidad de siembra y concentración de Ethephon no producen efecto alguno sobre el número de yemas por tallo. La variedad CP-721312 presenta el más alto valor con aproximadamente 24 yemas por tallo; las variedades con valores más bajos la CP-731547 Y CP-721210 con 21 y 20 yemas por tallo.

8.6 NUMERO DE MACOLLAS

La densidad de siembra alta generó la mayor densidad de macollas. La aplicación de cualquiera de las concentraciones de Ethephon evaluadas incrementa el número de macollas por unidad de área respecto al testigo. La variedad con mayor número de macollas es la CP-731547, esta variedad a la vez es la que presenta la menor población de tallos, por lo que se concluye que el número de tallos por macolla es el menor de las cinco variedades evaluadas.

8.7 RENDIMIENTO DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA

El factor densidad de siembra no afecta al rendimiento de azúcar. Las concentraciones de Ethephon de 1600 y 120 ppm (1000 y 75 cc Ethrel 480/ ha) incrementan el rendimiento de azúcar en al menos 13 libras por tonelada de caña respecto al testigo absoluto; pero la falta de lógica de los datos no permiten concluir de forma definitiva sobre el efecto, que sobre el rendimiento de azúcar, tiene la aplicación de Ethephon a los esquejes. Las variedades CP-721210 y CP-722086 producen los mayores rendimientos de azúcar bajo las condiciones y época en que se manejó el experimento.

8.8 PRODUCCION DE CAÑA

La densidad de siembra afecta a la producción de caña por hectárea de forma directamente proporcional, es decir, que densidades de siembra altas generan alta producción. Las concentraciones de 120 y 800 ppm (75 y 500 cc Ethrel 480/ ha) incrementan la producción de caña respecto al testigo absoluto; la concentración de 1600 ppm (1000 cc Ethrel 480/ ha) también produce un incremento, pero es estadísticamente inferior a las otras concentraciones. Todas las variedades evaluadas tuvieron valores estadísticamente iguales en producción bajo las condiciones y época en que se manejó el ensayo.

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Con el objetivo de confirmar los resultados del presente estudio a escala semicomercial, se recomienda hacer una evaluación con unidades experimentales de un tamaño que permita cumplir con tal requerimiento, debiendo estudiar los factores evaluados en el presente estudio, y tomando en cuenta las variables respuesta que hayan presentado significancia estadística y que sean de mayor interés para el investigador.

Σ. BIBLIOGRAFIA

- 1) ANON, G.H. 1983. Efecto del ethephon sobre la brotación de la caña de azúcar. Relatorio anual Planalsucar. (Brasil) no.6:63-68
- 2) BARNES, A.C. 1974. The sugar cane. 2 ed. Estados Unidos, Leonard Hill Books. s.p.
- 3) BIDWELL, R. G.S. 1987. Fisiología vegetal. México, A.G.T. p. 784
- 4) BUENAVENTURA, C.E. 1974. Viabilidad y tamaño de la semilla asexual de caña de azúcar. Colombia, Instituto colombiano del azúcar. 10 p.
- 5) _____. 1987. Evaluación de la fertilización, distancia de siembra y edad de corte en la producción y calidad de la semilla de caña de las variedades POJ 2878 y PR 61632. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2, Cali, 1987). Memoria. Colombia, Tecnicaña. p. 175-182
- 6) _____. 1990. Semilleros y siembra de la caña de azúcar. Colombia, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Serie técnica, no. 6. 10 p.
- 7) _____. 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. Doc. Técnico no. 1. s.p.
- 8) _____. 1994. Aspectos generales de la industria azucarera en Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Folleto 1. p. 4
- 9) _____. 1994. Morfología de la caña de azúcar. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Folleto 2. p. 10
- 10) _____. 1994. Preparación y adecuación del terreno. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Folleto 5. p. 3
- 11) CAMPANHÃO, J.M.; GONÇALVES, R.A.; BAGLIONI, B.M. 1995. Efecto da utilização de Ethrel aplicado sobre toletes do plantio de cana de Açúcar. In Encontro Ethrel-cana de açúcar (4, 1994, São Paulo, Brasil). Brasil, Rhodia. p. 13-15
- 12) CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZÚCAR, 1995. Evaluación del cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. s.p.
- 13) DIAZ, J. et. al. 1995. Effects of seedcane treatment with ethephon on germination, population and yields of sugarcane. In Internacional Society of Sugar Cane Technologists (22,1995, Cartagena de Indias, Colombia). Colombia, Agriculture Program. s.e. p. 69-82.
- 14) FLORES, S. 1976. Manual de Caña de Azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. p. 172
- 15) HUMBERT, R.P. 1974. El Cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. p. 719
- 16) MARTINEZ GRAJEDA. 1988. Determinación del período crítico de interferencia de malezas en la caña de azúcar, en Finca Sabana Grande, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 45

- 17) NICKELL, L.G. 1984. Revisión de reguladores de crecimiento de la planta en la industria azucarera. *Revista Sugar y Azúcar (Col.)* no.3:36
- 18) PAGE, D.L. 1983. Ethephon: Un fitoregulador de caña de azúcar de notable versatilidad. *Revista Sugar y Azúcar (Col.)* no.7:44-46
- 19) PAGGIARO, C.M. et.al. 1995. Ethrel na germinação e perfilhamento de cana de açúcar. *In Encontro Ethrel-cana de açúcar* (4, 1994, São Paulo, Brasil). Brasil, Rhodia. p. 13-15
- 20) PAZ CHAVEZ, M.V. 1989. Determinación del período crítico de interferencia de malezas en la caña de azúcar en plantilla, en el municipio de Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 45
- 21) REYES SANABRIA. 1994. Evaluación de diferentes tratamientos para el control de malezas en la caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 60
- 22) SIMMONS, CH. S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.M. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- 23) SOTO, G.J.; OROZCO, H. 1996. Morfología de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) importantes en Guatemala y de variedades de evaluación regional grupo CGVO. Escuintla. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento técnico no. 7. 43 p.
- 24) VICTORIA, J.I.; CALDERON, H. 1995. Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades de caña. *In Centro Colombiano de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Colombia.* p. 115-129
- 25) VIVEROS, C.; CALDERON, H. 1995. Siembra. *In Centro Colombiano de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Colombia.* p. 412
- 26) WEAVER, R.J. 1989. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. México, Limusa. 458 p.
- 27) YANG, S.F. 1974. The biochemistry of ethylene, biogenesis and metabolism. *In Runeckles, C.; et. al. The chemistry and biochemistry of plant hormones. New York, EE. UU., Academic press.* p. 131-164
- 28) _____; CHEN, J.B. 1980. Germination response of sugar cane cultivars to soil moisture and temperature. *In Congress of International Society of Sugar Cane Technologists* (17, 1980, Manila). Proceedings, Filipinas, Print-inn. p. 30-37
- 29) ZAMORA DE LEON. 1978. Estudio de niveles tecnológicos usados en las fincas que cultivan caña en el departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 48

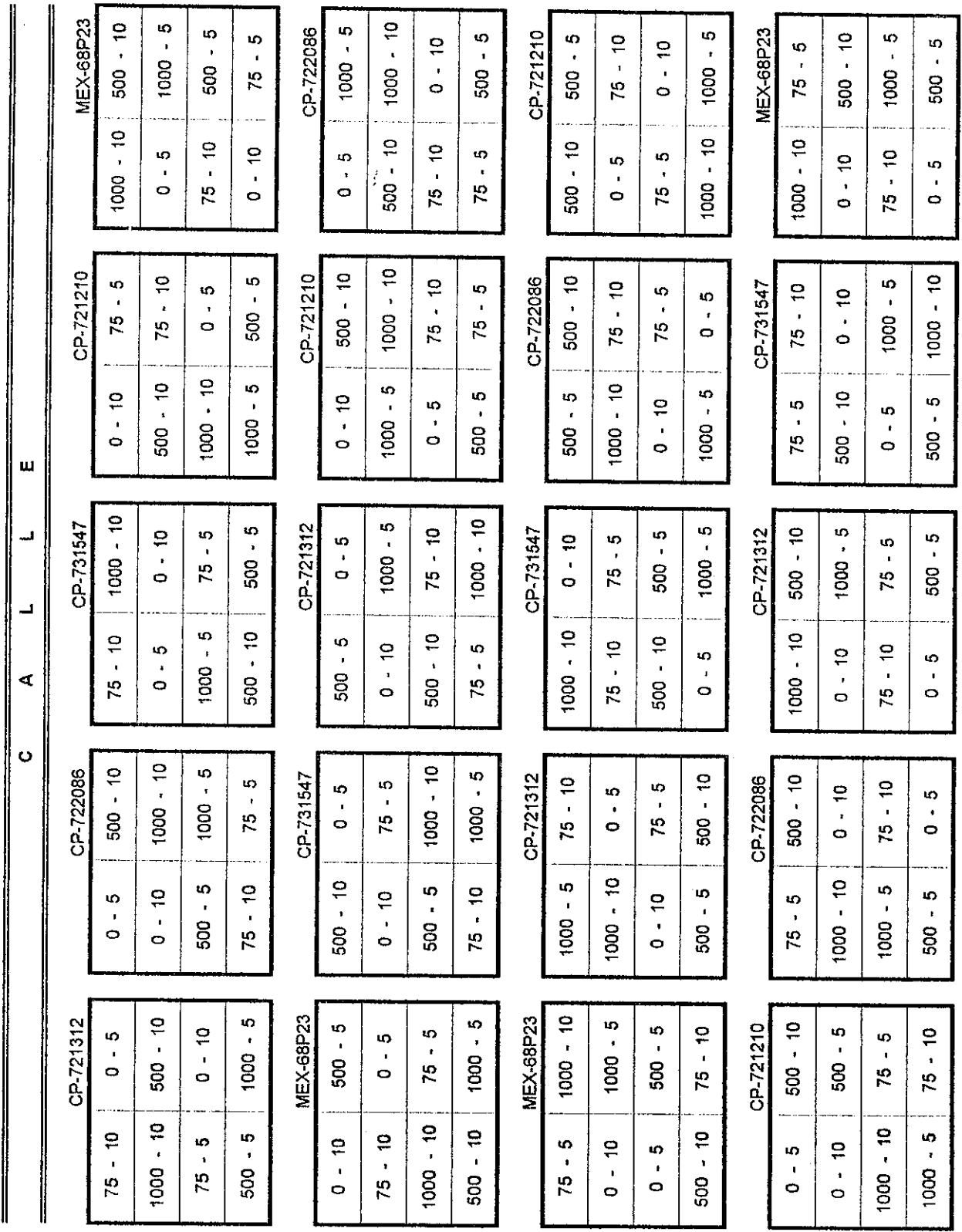
v. 130

Mariano De La Roca



XI. APENDICE

Figura 17A. Croquis de distribución de tratamientos experimento de Ethephon aplicado a esquejes de Caña de azúcar



CUADRO 6A. Resumen análisis de varianza de las variables respuesta porcentaje de brotación, población y diámetro de tallos experimento de Ethephon aplicado a la semilla asexual de caña de azúcar

		Estadísticos				Significancia estadística (Factores e interacciones)							
VARIABLE RESPUESTA	Dimen-sional	DDS	Media (%)	C. V. (%)	F _i	FACTORES				INTERACCIONES			
						Variedad (Var)	Densidad (Den)	Dosis (Dosis)	Var x Den	Var x Dosis	Den x Dosis	Var x Den x Dosis	
Brotación 1	%	7	37,47	27,7	0,81	**	**	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
Brotación 2	%	14	63,23	18,46	0,74	**	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Brotación 3	%	21	66,48	16,14	0,76	**	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Brotación 4	%	28	65,96	27,82	0,55	*	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 1	Plantas/ha	30	42079	17,94	0,81	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 2	Plantas/ha	45	61108	21,75	0,73	*	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 3	Plantas/ha	60	87333	17,14	0,77	*	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 4	Plantas/ha	75	100204	17,77	0,71	*	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 5	Plantas/ha	90	82458	13,11	0,73	*	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 6	Plantas/ha	105	90883	17,39	0,6	**	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población 7	Plantas/ha	120	94571	18,45	0,57	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Población final	Plantas/ha	270	92841,7	23,63	0,35	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 1	mm	150	28,77	5,61	0,53	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 2	mm	180	28,65	6,11	0,59	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 3	mm	210	27,65	4,93	0,57	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 4	mm	240	29,89	6,84	0,54	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 5	mm	270	28,28	4,26	0,61	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diámetro 6	mm	300	28,48	6,18	0,48	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

DDS = días después de la siembra

** = diferencias altamente significativas entre tratamientos

% = porcentaje de brotación

* = diferencias significativas entre tratamientos

n.s. = diferencias no significativas entre tratamientos

CUADRO 7A. Resumen analisis de varianza de las variables respuesta altura de planta, número de yemas por tallo, macollas por hectárea, rendimiento de azúcar y producción de caña por hectárea

VARIABLE RESPUESTA	Dimen sional	DDS	Estadísticos				Significancia estadística [Factores e interacciones]								
			Medio (%)	C. V. (%)	R ²	FACTORES				INTERACCIONES					
						Variedad (Var)	Densidad (Den)	Dosis (Dosis)	Var x Den	Var x Dosis	Den x Dosis	Var x Den x Dosis			
Altura 1	cm	30	13,52	14,77	0,69	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 2	cm	45	24,99	9,82	0,77	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 3	cm	60	30,42	8,79	0,85	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 4	cm	75	45,06	8,62	0,87	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 5	cm	90	69,31	8,09	0,88	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 6	cm	105	92,19	7,55	0,88	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 7	cm	120	115,57	6,51	0,87	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 8	cm	150	170,07	5,35	0,87	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 9	cm	180	217,83	4,89	0,85	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 10	cm	210	237,51	4,89	0,83	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 11	cm	240	278,04	7,41	0,71	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 12	cm	270	301,68	5,96	0,59	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Altura 13	cm	300	330,52	5,53	0,40	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Yemas / tallo	#	270	21,99	13,04	0,49	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Macollas / ha	#	270	13529,2	12,23	0,57	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Rendimiento	Lb/TC	270	174,71	11,47	0,53	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Producción	TC/ha	270	203,30	24,61	0,48	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

DDS = días después de la siembra

** = diferencias altamente significativas entre tratamientos

% = porcentaje de brotación

* = diferencias significativas entre tratamientos

n.s. = diferencias no significativas entre tratamientos

% = porcentaje de brotación

CUADRO 12A. Resumen de ANDEVA lectura de Yemas por tallo 300 días después de la siembra

Fuente de Variación	G.L.	Suma Cuadrados	Cuadrado Medias	Valor de F	Pr > F
Modelo	54	854.929625	15.832030	1.92	0.0022
Error	105	864.474375	8.233089		
Total Corregido	159	1719.404000			
Fuente de Variación	G.L.	Error tipo III	C. M.	Valor de F	Pr > F
REP	3	27.779500	9.259833	1.12	0.3426
VAR	4	320.088375	80.022094	9.72	0.0001
DENS	1	6.642250	6.642250	0.81	0.3711
VAR*DENS	4	31.485875	7.871469	0.96	0.4349
DOSIS	3	20.337500	6.779167	0.82	0.4838
VAR*DOSIS	12	69.675625	5.806302	0.71	0.7433
DENS*DOSIS	3	8.817250	2.939083	0.36	0.7842
VAR*DENS*DOSIS	12	96.562125	8.046844	0.98	0.4752
REP (VAR)	12	273.541125	22.795094	2.77	0.0026
R ² 0.497224	C.V. 13.04837	YEMTA Media 21.9900			

CUADRO 13A. Resumen de ANDEVA lectura de Macollas por Hectárea 300 días después de la siembra

Fuente de Variación	G.L.	Suma Cuadrados	Cuadrado Medias	Valor de F	Pr > F
Modelo	54	380738674	7050716	2.58	0.0001
Error	105	287348153	2736649		
Total Corregido	159	668086827			
Fuente de Variación	G.L.	Error tipo III	C. M.	Valor de F	Pr > F
REP	3	40319807.2	13439935.7	4.91	0.0031
VAR	4	56821774.4	14205443.6	5.19	0.0007
DENS	1	68469618.9	68469618.9	25.02	0.0001
VAR*DENS	4	23044133.9	5761033.5	2.11	0.0853
DOSIS	3	43986300.6	14662100.2	5.36	0.0018
VAR*DOSIS	12	32777485.6	2731457.1	1.00	0.4561
DENS*DOSIS	3	8452918.9	2817639.6	1.03	0.3827
VAR*DENS*DOSIS	12	38644417.2	3220368.1	1.18	0.3093
REP (VAR)	12	68222217.8	5685184.8	2.08	0.0245
R ² 0.569894	C.V. 12.22753	MACXHA Media 13529.2			

CUADRO 14A. Resumen de ANDEVA lectura de Rendimiento de Azúcar 300 días después de la siembra

Fuente de Variación	G.L.	Suma Cuadrados	Cuadrado Medias	Valor de F	Pr > F
Modelo	54	46806.7253	866.7912	2.16	0.0004
Error	105	42146.2997	401.3933		
Total Corregido	159	88953.0249			
Fuente de Variación	G.L.	Error tipo III	C. M.	Valor de F	Pr > F
REP	3	7240.9662	2413.6554	6.01	0.0008
VAR	4	6196.0259	1549.0065	3.86	0.0058
DENS	1	3.9376	3.9376	0.01	0.9213
VAR*DENS	4	2080.9071	520.2268	1.30	0.2764
DOSIS	3	5957.3702	1985.7901	4.95	0.0030
VAR*DOSIS	12	4413.3301	367.7775	0.92	0.5336
DENS*DOSIS	3	3286.5747	1095.5249	2.73	0.1477
VAR*DENS*DOSIS	12	10925.7469	910.4789	2.27	0.1134
REP (VAR)	12	6701.8666	558.4889	1.39	0.1816
R ²	C.V.	REND Media			
0.526196	11.46775	174.706			

CUADRO 15A. Resumen de ANDEVA lectura de Producción de Caña 300 días después de la siembra

Fuente de Variación	G.L.	Suma Cuadrados	Cuadrado Medias	Valor de F	Pr >
Modelo	54	246624.140	4567.114	1.82	0.0044
Error	105	262775.370	2502.623		
Total Corregido	159	509399.510			
Fuente de Variación	G.L.	Error tipo III	C. M.	Valor de F	Pr > F
REP	3	45218.9827	15072.9942	6.02	0.0008
VAR	4	4980.6565	1245.1641	0.50	0.7376
DENS	1	28352.9626	28352.9626	11.33	0.0011
VAR*DENS	4	8984.7927	2246.1982	0.90	0.4683
DOSIS	3	37296.1027	12432.0342	4.97	0.0029
VAR*DOSIS	12	28881.6895	2406.8075	0.96	0.4899
DENS*DOSIS	3	13050.9072	4350.3024	1.74	0.1637
VAR*DENS*DOSIS	12	46274.7062	3856.2255	1.54	0.1212
REP (VAR)	12	33583.3395	2798.6116	1.12	0.3534
R ²	C.V.	PRODUC Media			
0.484147	24.60717	203.299			

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.011-99

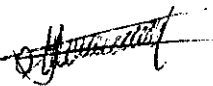
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y CUATRO CONCEN-
TRACIONES DE ETHEPHON SOBRE LA BROTAION, POBLACION Y
PRODUCCION DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum
officinarum L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL CAMANTULUL, SANTA
LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MIGUEL ANTONIO LOPEZ VALENZUELA

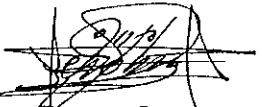
CARNET No: 9217091

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marino Barrientos García
Ing. Agr. José Jesús Chonay Pantzay

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.

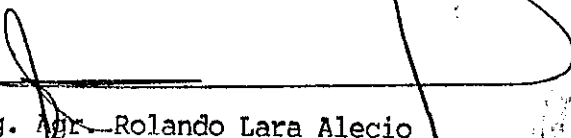

Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
A S E S O R


Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
A S E S O R


Ing. Agr. Hernando Rodríguez B.
DIRECCION 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: iaa@usac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

