

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

EFFECTO DE DOS MADURANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) APLICADOS EN ESTADO DE FLORACIÓN

TESIS

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

POR:

MARCO ANTONIO YON QUIYUCH

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO:	Prof. Jacobo Bolvito Ramos
VOCAL QUINTO:	Br. José Domingo Mendoza Cipriano
SECRETARIO:	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Octubre de 1999

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

Señores Miembros:

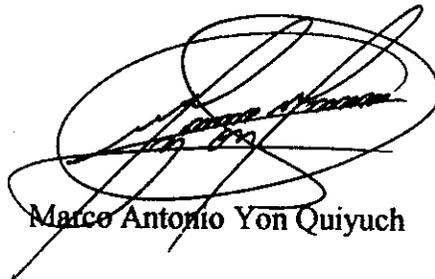
De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EFFECTO DE DOS MADURANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) APLICADOS EN ESTADO DE FLORACIÓN.

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,



Marco Antonio Yon Quiyuch



ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por brindarme la oportunidad de ser alguien en la vida, porque sin su iluminación y su sabiduría no hubiera alcanzado una meta como la de hoy, solo espero tenerte siempre y que nunca me desampares, porque eres lo mas lindo que yo he podido tener.

MI PADRE

José Mario Yon Mejía, este es un homenaje al esfuerzo de toda su vida, de penas preocupaciones y trabajo por su familia, gracias por tus consejos, disciplina y todo lo que nos enseñaste durante el tiempo que compartimos juntos.

MI MADRE

Elisa Margarita, gracias por sus atenciones, cuidados, orientación y consejos. Gracias infinitas porque casi nadie en esta vida tiene una madre tan linda y buena como tú.

MIS HERMANOS

Julio Rolando con mucho cariño y que este sea un ejemplo para él en el futuro, José Mario Yon y a su nueva familia, saludos a (Pepito Junior).

MI FAMILIA

Como muestra de mi cariño a todos mis tíos, tías, primos y primas, por su apoyo incondicional durante todo este tiempo, gracias por el cariño brindado.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi angelito de la guarda por no desampararme cuando más lo he necesitado

Mi patria Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

A la promoción 1993 de la Facultad de Agronomía.

A la promoción 1991 de Biólogos.

A la promoción 1992 del Instituto Normal Mixto del Norte Emilio Rosales Ponce.

Con mucho cariño a Marleny del Carmen Aguilar Orellana por su apoyo durante todo este tiempo, espero que sigas adelante con tu bondad y buen corazón que té a caracterizado siempre.

A todos mis amigos: un fraterno saludo y gracias por su amistad sincera especialmente a Hector González (Tedy), Aldo López, Fredy Romero (Ronco), Silvia Valdez, Francisco Figueroa (Paco Buyo, Carlos Ixcot (Chino), Wilsos Esquivel (Animal), Cristian Mora (Espartaco), Beto (Macuto), Amilcar (Alf), Ernesto España (Chichi), Rony Ixcot (Chavito), Esaú Miranda, Jorge Campíns, Carlos Garcia, Maynor Garcia (Cabeson), Ana Mercedes, Joselino Orellana, Aldo Martinez, Elka Manola, Carolina Medina, Luis Ivan Pivaral (El chato), Selvin Maldonado, Jacobo Bolvito, Rafael Telles (Duende), Luis Echeverria, Alexis Castillo y familia, Francisco Ibarra que Dios lo tenga en su gloria, a todos aquellos que por falta de memoria nos los recuerde espero no se sietan porque yo a todos los aprecio, solamente le agradezco a Dios por perimitirme que sean tantos que nos los pueda recordar.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Ing. M. Sc. Edgar O. Franco R., Ing. M. Sc. Manuel de J. Martínez O., por su asesoría y ayuda incondicional brindada en la elaboración del presente trabajo, puesto que sin su colaboración nunca hubiera sido posible este trabajo.

Mis Amigos Ing. Agr. Alvaro R. Leonardo, Ing. Agr. Ramiro López, Ing. Agr. Manuel Corado, por su gran aporte a la elaboración de este trabajo y ante todo por su amistad.

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de la investigación.

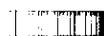
Al todo el personal de CENGICAÑA por su amistad y apoyo durante mi estancia.

Al personal de campo de CENGICAÑA, especialmente al Don Francisco y a Manbo por su colaboración y amistad durante todo este tiempo.

A Santa Lucia Cotzumalguapa y su gente por abrirme las puertas de sus hogares y corazones en mi estancia, especialmente a la Familia Ocaña.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA COLABORARON EN LA
REALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO

MUCHÍSIMAS GRACIAS A TODOS USTEDES



vii

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1. <i>Breve Historia de la Caña de Azúcar:</i>	3
3.1.2. <i>Clasificación Taxonómica de la Caña de Azúcar:</i>	4
3.1.2.1. <i>Saccharum officinarum:</i>	4
3.1.3. <i>Morfología y Anatomía de la Inflorescencia:</i>	4
3.1.4. <i>Efecto de la Floración en la Maduración:</i>	5
3.1.5. <i>Historia de los Madurantes:</i>	6
3.1.6. <i>Objetivos de la Maduración Química:</i>	7
3.1.7. <i>Factores que Afectan la Maduración de la Caña de Azúcar:</i>	7
3.1.7.1. <i>Humedad:</i>	7
3.1.7.2. <i>Temperatura:</i>	7
3.1.7.3. <i>Luminosidad:</i>	8
3.1.7.4. <i>Influencia de los Nutrientes en la Maduración:</i>	8
3.1.8. <i>Efecto de los Madurantes Químicos Sobre el Crecimiento de la Caña de Azúcar:</i>	9
3.1.9. <i>Glifosato:</i>	9
3.1.9.1. <i>Formulación:</i>	10
3.1.9.2. <i>Selectividad:</i>	10
3.1.9.3. <i>Mecanismo de acción:</i>	10
3.1.9.4. <i>Residualidad:</i>	11
3.1.9.5. <i>Modo de acción del glifosato:</i>	11
3.1.10. <i>Modo de acción de los Ciclohexadiones y los Ariloxifenoxipropionatos:</i>	12
3.1.11. <i>Fluazifop-butil:</i>	13
3.1.11.1. <i>Características:</i>	13
3.1.11.2. <i>Modo de acción:</i>	13
3.1.12. <i>Estudios Efectuados en Madurantes:</i>	14
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	15
3.2.1. <i>Localización:</i>	15
3.2.2. <i>Clima:</i>	15
3.2.3. <i>Tipo de Suelo:</i>	15
3.2.3.1. <i>Descripción de Suelo:</i>	15
3.2.4. <i>Características de la Variedad CP72-2086:</i>	16
3.2.4.1. <i>Características Morfológicas:</i>	16
3.2.4.2. <i>Características Agronómicas:</i>	17
4. OBJETIVOS.....	18
4.1. GENERAL:.....	18
4.2. ESPECÍFICOS:.....	18

5. HIPÓTESIS	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1. MATERIALES:	20
6.2. TRATAMIENTOS:	20
6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL:	21
6.3.1. <i>Modelo Estadístico</i> :	21
6.3.2. <i>Medidas y áreas del ensayo</i> :	21
6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:	21
6.4.1. <i>Porcentaje de corcho</i> :	22
6.4.2. <i>Análisis económico</i> :	22
6.5. MANEJO DEL ENSAYO:	22
6.6. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA:	23
6.6.1. <i>Rendimiento en Libras de Azúcar por Tonelada de Caña</i> :	23
6.6.1.1. <i>Metodología para el análisis de sólidos solubles (Brix)</i> :	23
6.6.1.2. <i>Metodología para el análisis de sacarosa (Pol)</i> :	23
6.6.2. <i>Rendimiento en Toneladas de Caña por Hectárea</i> :	24
6.6.3. <i>Medición del Crecimiento</i> :	24
6.6.4. <i>Emisión de Yemas Laterales (LALAS)</i> :	24
6.6.5. <i>Biomasa de Yemas Laterales (LALAS)</i> :	25
6.6.6. <i>Porcentaje de Acorchamiento</i> :	25
6.6.7. <i>Cantidad de Azúcares Reductores</i> :	25
6.6.7.1. <i>Metodología para el análisis de azúcares reductores</i> :	25
6.6.7.2. <i>Metodología para el análisis de acidez</i> :	26
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1. KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA:	27
7.2. TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA:	32
7.3. CRECIMIENTO DE LA CAÑA DESPUÉS DE LA APLICACIÓN:	33
7.4. PORCENTAJE DE BIOMASA DE BROTES LATERALES:	34
7.5. AZÚCARES REDUCTORES:	35
7.6. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS ACORCHADOS:	36
7.7. ANÁLISIS ECONÓMICO:	36
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	40
10. BIBLIOGRAFÍA	41
11. APÉNDICES	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Análisis de varianza general para el rendimiento de azúcar en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.	26
TABLA 2: Prueba de Tukey a la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña producto del factor madurante, nueve semanas después de la aplicación.	28
TABLA 3: Prueba de Tukey a la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña como efecto del estado fisiológico nueve semanas después de la aplicación.	29
TABLA 4: Prueba de medias para la interacción entre el madurante y el estado fisiológico del cultivo expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.	29
TABLA 5: Comportamiento del rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña con respecto al estado fisiológico y a los madurantes aplicados.	30
TABLA 6: Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea.	32
TABLA 7: Comparación del tonelaje entre los estados fisiológicos y el madurante.	32
TABLA 8: Incremento del crecimiento en centímetros después de la aplicación.	33
TABLA 9: Porcentaje de biomasa de brotes laterales nueve semanas después de la aplicación.	34
TABLA 10: Contenido de azúcares reductores expresado en gramos por kilogramos de jugo.	35
TABLA 11: Porcentaje de entrenudos acorchados en caña florecida nueve semanas después de la aplicación.	36
TABLA 12: Costo de los tratamientos evaluados en el ensayo.	37
TABLA 13: Análisis de dominancia a los tratamientos.	38
TABLA 14: Cálculo de la tasa marginal de retorno de los tratamientos.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los tratamientos y el testigo.	27
FIGURA 2: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los tres diferentes estados fisiológicos.	28
FIGURA 3: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña para los tallos florecidos.	31

EFFECTO DE DOS MADURANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) APLICADOS EN ESTADO DE FLORACIÓN

EFFECT OF TWO DIFFERENT RIPENERS OVER THE YIELD OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.) APPLIED DURING BLOOMING.

RESUMEN

Existen estudios sobre aplicación de madurantes antes de la floración con resultados interesantes, sin embargo la mayor cantidad de materia prima (tallos moladeros) no puede ser procesada por los ingenios en etapas óptimas de concentración de sacarosa en el cultivo de caña. El efecto de la floración sobre el rendimiento en azúcar y el tonelaje de caña depende de la edad del cultivo y de la intensidad de la floración. Si las condiciones ambientales son favorables y la floración ocurre cuando las cañas aún se encuentran jóvenes, la producción de caña será menor.

Generalmente los productores de caña no entregan al ingenio cañas con el estado óptimo de madurez, como consecuencia baja el rendimiento de azúcar por tonelada de caña procesada. Puesto que la caña es un ente biológico que se manifiesta dependiendo de los estímulos del ambiente en el que se desenvuelve, mediante la utilización de los madurantes químicos podemos controlar en cierta forma la maduración, porque se somete al cultivo a estrés y se le obliga a madurar en un tiempo estimado.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de dos madurantes (Glifosato y Fluazifop Butil) aplicados en el cultivo de la caña de azúcar en estado de floración y su rendimiento estimado en libras de azúcar por tonelada de caña procesada, el crecimiento de los entrenudos apicales, emisión de yemas laterales (lalas), producción de tejido de corcho y cantidad de azúcares reductores en los jugos.

Como resultado de los estudios realizados, el rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, con el madurante Glifosato, aumentó doce kilogramos con respecto al testigo y diez kilogramos con respecto al Fluazifop Butil. Estadísticamente las diferencias no fueron significativas, pero la tecnología de los madurantes en la zona cañera es una de la más rentables, debido a que con 1.36 kilogramos de azúcar por tonelada de caña que aumente el rendimiento se obtiene la inversión que se hace.

Otro resultado relevante fue el obtenido del análisis económico, donde el tratamiento con Glifosato muestra una tasa marginal de retorno del 1,420 por ciento.

En conclusión, se recomienda la aplicación del Glifosato como madurante, en cañas en estado de floración, puesto que esto aumenta el rendimiento de sacarosa/tonelada de caña.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ha incrementado su importancia para Guatemala como uno de los principales cultivos de exportación. Debido a lo anterior, se ha expandido en los últimos años. Para la zafra 90-91 se reportó un área de 119,552 hectáreas, aumentado para la zafra 93-94 a 160,000 y para la zafra 97-98 se encuentra alrededor de 170,000 hectáreas. Lo anterior ha mantenido a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial, generando una gran cantidad de divisas y fuentes de trabajo para miles de guatemaltecos.

El cultivo de la caña de azúcar tiene un alto nivel de tecnología desarrollada, el objetivo final, aumentar los estándares de producción. Una de las estrategias lo constituye el uso de madurantes químicos, tecnología actualmente indispensable para elevar el nivel de rendimiento del azúcar dentro de la planta, reduciendo la etapa de floración. La floración de la caña de azúcar se debe al efecto de muchos factores siendo los más importantes los ambientales, genéticos y fisiológicos. En el caso de los fisiológicos, existen variedades de caña que presentan floración sin efecto aparente de las condiciones ambientales, mientras que ciertas variedades que no presentan floración en abundancia, ésta puede ser inducida por estrés ambiental (fotoperíodo, temperatura, nutrición, y humedad en el suelo).

En Guatemala el 80% de las cañas que se cultivan florecen entre los meses de octubre a diciembre, época en la que se aplican los madurantes. Sin embargo, debido a que existen grandes extensiones del cultivo, los madurantes no siempre son aplicados al mismo tiempo sobre toda el área, en tal sentido, algunas partes de la plantación llegan a desarrollar inflorescencia y se desconocen los efectos de estos sobre plantas con flor.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de dos madurantes (glifosato y fluazifop butil) aplicados en el cultivo de la caña de azúcar en estado de floración y su rendimiento estimado en libras de azúcar por tonelada de caña procesada, el crecimiento de los entrenudos apicales, emisión de yemas laterales (lalas), producción de tejido de corcho y cantidad de azúcares reductores en los jugos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala el 52 % de la caña sembrada es de la variedad Canal Point (CP) 722086 que no es tan intensa en su hábito de floración, alcanzado un 45 a 50 % de emisión de panículas. Si el madurante se aplica antes de la emergencia de la flor, éste la suprime, debido a que produce un efecto en la dominancia apical, deteniendo en algunos tallos el crecimiento y en otros suprime la emisión de la panícula, dando como resultado el aumento de la concentración de sacarosa.

Generalmente los productores de caña no entregan al ingenio cañas con el estado óptimo de madurez, como consecuencia baja el rendimiento de azúcar por tonelada de caña procesada. Por otra parte, los ingenios no tienen la capacidad suficiente de procesar toda la caña cuando ésta alcanza su madurez fisiológica, debido a las grandes extensiones cultivadas, de ahí que al inicio y final de la zafra se tengan los niveles más bajos de rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña. Al final de la zafra se efectúan aplicaciones de madurantes cuando en algunas áreas ya existe floración. Actualmente se desconoce el efecto de los madurantes aplicados al cultivo de la caña de azúcar en estado de floración, ignorándose la respuesta de la planta en cuanto a rendimiento de sacarosa y a la calidad de los jugos. Esto puede evaluarse en función de variantes como: estructura anatómica, crecimiento, emisión de yemas laterales y producción de tejido de corcho.

En Guatemala se han realizado aplicaciones sobre plantas ya florecidas, sin embargo, no existe bibliografía confiable, debido a que las investigaciones reportadas no se han realizado con criterios científicos, solamente en ensayos a nivel comercial.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Breve Historia de la Caña de Azúcar:

El origen de la caña de azúcar, se encuentra envuelto en una gran confusión de datos que han hecho impreciso el lugar cierto de origen. Se cree que el origen proviene del sur de China y el archipiélago Indomalayo, debido a que la mayoría de las variedades de caña provienen de estos países. Estudios científicos revelaron la presencia de especies silvestres en algunos países del continente asiático, mientras que en la América no existía en forma silvestre antes del descubrimiento. (11)

En la India existen numerosas fábulas o leyendas alrededor del origen de la caña de azúcar; el Código Manú, escrito el año 1000 A. C., establecía que los viajeros que tuviesen pocos recursos y tomasen de los vecinos dos o tres cañas de azúcar no debían pagar tributo. Se considera este texto como el más antiguo que menciona a la caña de azúcar. Realmente ésta era usada solamente para masticarla e ingerir su jugo, probablemente fue hacia el año 600 A. C. que se inició la preparación de azúcar, para el año 500 A. C. se menciona entre los productos que la India vendía a Europa, la cual era usada por los médicos griegos como "Sal Indica". (11)

Alejandro Magno, cuando conquistó la India (327 a. C.) conoció allí el azúcar y sus soldados la llevaron a Persia. Los árabes (656 d. C.), al volver de Persia la llevaron a Palestina, Siria y Egipto, donde pasó a otras partes de Africa. (11)

En el Siglo IX, los árabes conquistaron las Islas del Mar Egeo, llevando la caña de azúcar, desarrollándose una industria tal que los venecianos resolvieron comprar el azúcar producida en Sicilia que traería de Egipto. De allí fue llevada por los árabes al Sur de España, donde desarrollaron una gran industria. (11)

En su segundo viaje a América, 1493, Colón trajo la caña al Nuevo Mundo, siendo de la variedad criolla o de la tierra. Fue plantada en la Isla La Española (Santo Domingo). Esta nueva planta en América se desarrolló y aclimató muy bien, siendo sus cultivos mejores que las del sur de España. Se considera que Gonzalo de Velosa fue el primero que hizo azúcar en la Española, aunque otros consideran que fue Miguel Ballesteros, en el año 1509. (11)

3.1.2. Clasificación Taxonómica de la Caña de Azúcar:

DIVISION:	Magnoliophyta
CLASE:	Liliopsida
ORDEN:	Cyperales
FAMILIA:	Poaceae (Gramínea)
TRIBU:	Andropogoneae
GENERO:	<i>Saccharum</i>
ESPECIE:	<i>Saccharum officinarum</i> L.

3.1.2.1. *Saccharum officinarum*:

Esta especie es originaria de Nueva Guinea, de donde se extendió a Indonesia, Indochina, Burma, India y a otros lugares. Es conocida como la caña "noble", se caracteriza por su alto contenido de sacarosa, tallos gruesos y pesados, con bajo contenido de fibra y altura media. Los entrenudos son cortos, en forma de barril, generalmente coloreado (rosado, rojo, amarillo, púrpura, verde, entre otros); las hojas son anchas y se desprenden con facilidad. Son exigentes en clima y suelo; también son muy susceptibles a enfermedades. Generalmente los clones de esta especie tienen un número cromosómico $2n=80$; sin embargo, en clones comerciales se han observado variaciones cromosómicas que oscilan entre $2n=100-140$. Muchas de las características antes citadas hacen de esta especie un material ideal desde el punto de vista industrial y agronómico. (23)

Se presume que esta especie es el resultado de la domesticación de tipos silvestres de *Saccharum robustum*, planta empleada por los primitivos para masticar, por su bajo contenido de fibra y por su sabor bastante dulce. (23)

3.1.3. Morfología y Anatomía de la Inflorescencia:

Cuando los tallos han alcanzado cierto desarrollo y se produce una serie de condiciones específicas, el ápice cambia del estado vegetativo al reproductivo es decir, deja de producir primordios foliares y comienza la formación de primordios florales, que más tarde dan origen a la inflorescencia conocida como panícula, panoja, güin, flecha o simplemente flor.

La panícula está formada por el eje principal o raquis el cual es cilíndrico en la parte inferior y estriado en la superficie. En dichas estrias es donde se alojan los ejes laterales cuando la inflorescencia es

joven. Estos ejes pueden ser de primero segundo y tercer orden. Además su ramificación y longitud esta en dependencia de la variedad.

Todos estos ejes están montados en una articulación acogida que es lo que permite moverse con el viento sin partirse. Las espiguillas están formadas por dos flores una sésil o sentada y la otra pedunculada. (20)

La flor es hermafrodita cuya perianto esta reducido a una gluma externa y otra interna seguida de una lemma estéril o tercera gluma así como de una cuarta gluma o lemma fértil en el caso de la *Saccharum spontaneum*. El ovario es mono ovular y monocarpelar. El androceo esta constituido por tres estambres formados por tres filamentos blancos y delgados cada uno de los cuales soporta una antera, la que es dividida longitudinalmente por una depresión que constituye la línea de apertura cuando tiene lugar la dehiscencia. Las anteras son de color amarillo inicialmente y después se tornan de color morado cuando han alcanzado su madurez. De persistir el color amarillo cuando han llegado a esa fase es un indicio de que no poseen polen fértil. Las anteras de color morado oscuro indican que poseen un alto porcentaje de polen fértil. (20)

Los filamentos que soportan las anteras se encuentran fijados al conectivo cerca de la base de los lóbulos de la misma. Antes de la apertura de las anteras de la flor el filamento es cilíndrico, formado por células parenquimatosas alargadas rodeando un haz vascular situado centralmente e inmediatamente después que aparece la floración crece muy rápidamente y se vuelve irregular en espesor. (20)

El androceo esta formado por dos estambres plumosos y el gineceo un ovario redondo en sección transversal y deprimido hacia el lado ventral, formado por un solo carpelo y un óvulo anacropo. Las paredes del ovario están constituidas por un delicado tejido parenquimatoso. Del extremo superior del ovario se originan dos estilos terminales, los que se curvan hacia el exterior cuando tiene lugar la floración. Estos dos estilos terminan en dos estigmas plumosos. (20)

Dentro del ovario hay un óvulo fijado por una amplia placenta sobre la superficie ventral del ovario. El exterior, que se desintegra cuando la semilla esta madura es mucho más corto que el interior y nunca alcanza el micrópilo. Cada integumento tiene doble capa de células, pero en la región situada encima de la placenta y en el micrópilo, presenta tres o cuatro capas. (20)

3.1.4. Efecto de la Floración en la Maduración:

Cuando comienza la floración se suspende la formación de nuevos entrenudos y se promueve la emisión de yemas laterales, se inicia la formación de médula corchosa que se forma en la parte superior del tallo y se va extendiendo hacia abajo, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad. En condiciones de sequía, las áreas de médula se unen y forman un núcleo meduloso que contiene muy poco

jugo, cuando estas cañas se procesan hay un resultado extra de fibra con muy bajo contenido de azúcar. El efecto de la floración sobre el rendimiento en azúcar y el tonelaje de caña depende de la edad del cultivo y de la intensidad de la floración. Si las condiciones ambientales son favorables y la floración ocurre cuando las cañas aún se encuentran jóvenes, la producción de caña será menor. Si sucede en cañas que ya se encuentran en periodos de maduración las pérdidas en tonelaje de caña serán mínimas y el rendimiento en azúcar puede incluso aumentarse toda vez que al cesar el crecimiento del tallo se favorecen la acumulación y almacenamiento de sacarosa. (3).

3.1.5. Historia de los Madurantes:

Se tiene información que desde 1,920, se viene investigando sobre el uso de madurantes no sólo en caña de azúcar, sino también en cultivos de soya, maíz, piña y sorgo. Una de las prácticas más antiguas, utilizada para aumentar el contenido de sacarosa, consiste en reducir el área foliar cortando varias hojas de la planta, técnica que actualmente no se practica.

El uso de productos químicos para mejorar la calidad de los jugos de caña, ha sido evaluado principalmente en aquellas zonas climáticas en donde la temperatura y precipitación no favorecen la maduración natural. (3)

Los primeros ensayos con madurantes se realizaron en Hawai, Cuba, India y Australia utilizando 2,4-D, ácido giberélico y TBA (2,3,6-triclorobenzoico) sin que se encontraran resultados significativos en el aumento del contenido de sacarosa. En Barbados tampoco se encontraron efectos significativos por el uso de varios compuestos en el mejoramiento de la calidad de la caña, entre ellos sulfato y nitrato de cobre, nitrato de zinc, glicerol, etanol, fluoruro de sodio, 2,4-D y 2,4,5-T (1).

Desde 1,970 han aparecido varios productos comerciales predominantemente herbicidas que mediante investigaciones realizadas han dado buenos resultados como madurantes. Los más importantes que se reportan en la literatura son: Ethrel, Assulox, Polaris, Embark, Polado y Roundup, que se han utilizado con éxito en Hawai, Florida, Mauricio, Puerto Rico, Brasil, Lousiana y Sudáfrica.

Los compuestos evaluados a nivel mundial que ha mostrado mejores resultados son Polaris o glofosina (N-N-bisfosfometil-glicina); Polado (sal sódica de glifosato); Roundup (Sal isopropilamina de glifosato) y Etephon o Ethrel. (25)

3.1.6. Objetivos de la Maduración Química:

Los objetivos básicos de un programa de maduración química son:

- a) Obtener la máxima recuperación posible de azúcar.
- b) Estabilizar el contenido de azúcar.
- c) Obtener una ganancia adicional en un período de tiempo corto, sin deteriorar el cultivo.
- d) Reducir la duración del período vegetativo entre cosechas.

3.1.7. Factores que Afectan la Maduración de la Caña de Azúcar:

3.1.7.1. Humedad:

El contenido de humedad en el suelo es un factor muy importante para la maduración de la caña de azúcar. Las relaciones de humedad interna de la caña, son el factor dominante en la síntesis y la traslocación de azúcares. Cuando la planta esta en desarrollo, debe tener un suministro adecuado de agua que permite absorción de nutrientes del suelo, su transporte al tallo y asimilación de los mismos para realizar sus procesos fisiológicos.

Cuando los contenidos de humedad en el suelo son bajos, la cantidad de agua en los entrenudos mas jóvenes disminuye y se reduce el crecimiento en forma gradual hasta que prácticamente cesa cuando llega al punto de marchitamiento. Cuando el desarrollo se retarda, se disminuye la demanda de azúcares y estos se almacenan en los tallos. En algunos países se hacen programas de maduración mediante agotamiento de las plantas cortando el suministro de agua para forzar a los tallos a concentrar azúcares. (3,19)

Cuando se presentan las condiciones favorables para la maduración, se reduce el número de hojas en la copa que va de 12 y 15 hojas verdes a 6 ó 10. Al disminuir el crecimiento y acortarse los entrenudos se forma una especie de palma en la copa y las hojas parecen que todas salieran en un sólo entrenudo.

3.1.7.2. Temperatura:

Se cree que la temperatura es el factor climático que desempeña el papel más importante en la maduración en la caña de azúcar. Los factores climáticos en especial la temperatura no se pueden controlar, pero si es posible, si se conoce su tendencia de comportamiento, manejar el cultivo adaptándolo a las condiciones del clima.

La temperatura afecta la absorción de agua y nutrientes de la planta, limitando así su desarrollo. En países subtropicales representa el efecto de las bajas temperaturas de invierno, que reduce el crecimiento totalmente. Estudios realizados en otros países han demostrado que las bajas temperaturas afectan en tal forma al nitrógeno, el potasio, la clorofila que aún existiendo niveles adecuados de nutrientes como el nitrógeno y potasio en las hojas se reducen a niveles deficientes, las hojas interiores de la caña se secan prematuramente y mueren en tanto que las hojas superiores toman un color verde amarillento. (3).

En condiciones del trópico, el efecto mayor de la temperatura sobre la calidad del jugo de la caña se observa en los meses con períodos secos, donde se obtiene una oscilación de temperatura entre 11 a 12 °C. que estimula al almacenamiento de la sacarosa y se logran los mayores rendimientos. (3)

3.1.7.3. Luminosidad:

Siendo la luz principal fuente de energía para la fotosíntesis, y la caña de azúcar uno de los cultivos que mayor aprovechamiento hace de ella. La disminución de la luz hace que se reduzca el almacenamiento de azúcares y se acumula almidón en las hojas, esto disminuye la elaboración y almacenamiento de azúcar en la planta. (3).

3.1.7.4. Influencia de los Nutrientes en la Maduración:

Los nutrientes afectan tanto al crecimiento y desarrollo de la planta y particularmente la maduración. Algunos tienen efectos negativos, en tanto que otros mejoran la calidad. El nitrógeno es esencial durante los primeros meses de desarrollo de la planta para obtener altas producciones de caña, sin embargo cuando se aplique en exceso tiene un efecto negativo. Para obtener una adecuada maduración de la caña, es necesario que los niveles de nitrógeno en la hoja bajen. Las aplicaciones de nitrógeno deben realizarse en los primeros meses del cultivo (2 a 6 meses) para evitar que la planta continúe su desarrollo y no acumule azúcares. (3)

El fósforo juega un papel importante en la calidad de los jugos. Se considera que para obtener una buena clarificación en los procesos de azúcar se requieren concentraciones de 300 a 600 mg de P_2O_5 por litro de jugo. Además del papel que juega en la clarificación el fósforo, como constituyente del ácido nucleico y el núcleo en el que se encuentra, es parte esencial de las células vivientes, su deficiencia restringe el desarrollo de la planta. Los compuestos fosfatados tienen su influencia en el proceso de la respiración y en el funcionamiento eficiente y la utilización del nitrógeno, y de allí su importancia en el proceso de maduración. (3)

El potasio tiene también efecto en la calidad del jugo de la caña de azúcar. Las relaciones entre los contenidos de N y K afectan el desarrollo del cultivo y el rendimiento. Cuando la planta tiene contenidos

altos de N y críticos de K los contenidos de humedad y azúcares reductores son altos, la sacarosa y la pureza son bajos y el rendimiento por lo tanto es menor. A medida que los niveles de N van bajando y aumentan los de K, bajan la humedad y los azúcares reductores, se incrementan la sacarosa y la pureza, mejorando la calidad de los jugos. (3)

3.1.8. Efecto de los Madurantes Químicos Sobre el Crecimiento de la Caña de Azúcar:

Los productos utilizados como madurantes especialmente el glifosato, afectan sobre el punto de crecimiento de la caña, afectando su desarrollo. Este efecto es mayor al aumentar la dosis aplicada. Dependiendo de la dosis y de la edad de la caña al momento de la aplicación, la disminución en la elongación del tallo puede variar entre 8 y 20 cm. Entre más cercano en la etapa de maduración se haga la aplicación o sea cuando ya el crecimiento de la caña disminuye menor será el efecto sobre el desarrollo del tallo. (3,19)

Aunque aparentemente este efecto puede tomarse como negativo por cuanto disminuye el tonelaje potencial de caña, la realidad es que la producción de caña no se altera debido a que en la cosecha los cortadores desechan entre 30 a 40 cm. del ápice del tallo cuya concentración de azúcar es tan baja que no justifica su molienda. (1)

3.1.9. Glifosato:

Nombre común: Glifosato

Nombre químico: N- (fosfometil) glisina,

Nombre comercial: Roundup

Fórmula molecular $C_3 H_8 NO_5 P$

Estado físico: Sólido blanco inodoro

Densidad: 0.5 gr./cc para el compuesto puro

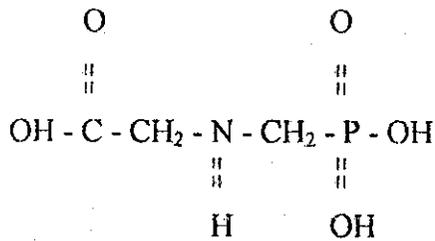
Punto de fusión: 200°C

Presión de vapor: Insignificante

Solubilidad en agua: 1.2 % ó 12000 PPM a 25°C.

Otros solventes: Ninguno

Formula estructural:



3.1.9.1. Formulación:

Glifosato es el nombre común o genérico con el cual se designa al ingrediente activo ó ácido original N-(fosfonometil) glicina, la formulación comercial se conoce con el nombre de Roundup. (24)

Roundup es formulado como líquido soluble en agua el cual contiene 480 gramos por litro (4 libras por galón americano) del ingrediente activo en forma de sal isopropilamina de glifosato (43 %). Esta concentración equivale a 359 gramos por litro (3 libras por galón americano) del ácido original glifosato a 20 °C. (24)

Además cada litro de Roundup contiene 160 cc de un surfactante no iónico (16% v/v).

3.1.9.2. Selectividad:

El glifosato es un herbicida no selectivo a los cultivos cuando la aspersion se deposita en el follaje o las partes verdes del tallo, es un producto sistémico, de aplicación post-emergente, que penetra en las plantas a través de las hojas y otras partes fotosintéticamente activas. Por esta razón controla una amplia gama de malezas gramíneas, cyperáceas y de hoja ancha, tanto anuales como perennes. (24)

3.1.9.3. Mecanismo de acción:

El herbicida glifosato es un producto sistémico que penetra a través de la cutícula cerosa de las hojas y pasa las paredes y membranas celulares para ponerse en circulación por el floema junto con los productos de la fotosíntesis. El paso a través de estas tres barreras es un proceso pasivo, conocido con el nombre de difusión, en el cual no interviene energía de la planta.

El mecanismo de acción no es conocido exactamente, el primer reporte de Jaworsky en 1972 indica que el glifosato inhibe la mutasa corísmica y/ o deshidratasa prefénica, dos enzimas que intervienen en la

síntesis de ácido chiquímico, el cual es a su vez precursor de la síntesis de aminoácidos aromáticos (posiblemente fenilalanina, tirosina y triptofano). Los aminoácidos son básicos para la síntesis de proteínas, necesarias en las plantas para el crecimiento. (24)

Los síntomas se manifiestan de la siguiente manera.

- Amarillamiento progresivo.
- Necrosis o muerte de la parte aérea y subterránea de las plantas a los 15 a 20 días del tratamiento.
- Dosis subletales causan síntomas fitotóxicos característicos como aumento del macollamiento, proliferación de yemas, aborto de frutos y hojas bajas, clorosis y deformación de las hojas e inhibición de las síntesis de pigmentos.

3.1.9.4. Residualidad:

Las moléculas del herbicida glifosato se fijan rápidamente y fuertemente a las partículas coloidales orgánicas (humus) e inorgánicas (arcillas) al entrar en contacto con el suelo. Debido a esta fuerte absorción permanece inactivo y no puede ser tomado por las raíces de las plantas ni lixiviado en el perfil. (24)

3.1.9.5. Modo de acción del glifosato:

El glifosato, cuando se utiliza como herbicida, morfológicamente muestra una sintomatología que hace que las hojas tomen un color amarillento, tornándose luego necróticas y en dos semanas la planta muere. La acción del glifosato consiste en bloquear la producción de aminoácidos aromáticos inhibiendo la vía biosintética del shiquimato la que realiza al inactivar la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintetaza que es la responsable de unir el shiquimato-3-fosfoenol piruvato. Al privar a las células principalmente meristemáticas, de los tres aminoácidos aromáticos, fenilalanina, tirosina y triptofano, cesa entonces la producción de proteínas estructurales y enzimáticas conduciendo a la detención del desarrollo celular y con ello el crecimiento de la planta y la muerte de las hojas con células fotosintéticamente activas. Este proceso de fitotoxicidad es ayudado por la carencia en la célula de otros compuestos como ligninas, alcaloides y ácidos benzoicos que también se producen por la vía del shikimato que resulta inhibida por la acción de glifosato. (19)

La producción de proteínas en el vegetal es un proceso lento, por lo que la reducción o carencia total de éstas se manifiesta cierto tiempo después de que el producto herbicida ha sido absorbido y transportado al sitio de acción. La acción lenta del herbicida se debe a que biológicamente, las células siempre tienen disponibilidad de aminoácidos y proteínas por lo que sus procesos biológicos continúan aún bajo la acción del herbicida y es hasta que hay suficiente carencia de aminoácidos que empiezan a manifestarse los síntomas de toxicidad. (19)

Ahora bien al utilizarse como madurantes, lo que se logra mediante el manejo de la dosis aplicada, el herbicida se transforma en un regulador de crecimiento vegetal ya que la subdosis usada solamente priva parcialmente de la enzima a la vía biosintética del shiquimato, traduciéndose ello en una reducción de la tasa de crecimiento, pero no en la muerte de las zonas meristemáticas, por lo que el crecimiento continua a un menor ritmo que el normal. Esto se refleja en la ya discutida acumulación de sacarosa, principalmente en los tallos de la caña de azúcar. El efecto madurante del glifosato también se complementa por la acción inhibitoria que ejerce sobre la invertasa ácida, enzima que en los tejidos jóvenes y zonas meristemáticas es la responsable de la degradación de la sacarosa en glucosa y fructosa, substratos indispensables para el inicio de la respiración celular en las mitocondrias, la que finaliza con la producción de la energía biológica, ATP, fuente energética para los distintos eventos biológicos.(19)

3.1.10. Modo de acción de los Ciclohexadiones y los Ariloxifenoxipropionatos:

Los ciclohexadiones (sethoxidium y clethodim) y los ariloxifenoxipropionatos (fluazifop, haloxifop y quizalofop) son dos grupos de herbicidas que actúan inhibiendo la síntesis de lípidos en las células jóvenes y meristemáticas de plantas gramíneas. Debido a su rápida translocación hacia el ápice del tallo y los meristemos intercalares finales (últimos dos o tres nudos del tallo), el tejido nuevo es amarillento tornándose necrótico por lo que las hojas del cogollo se pueden separar fácilmente del resto de la planta, observándose la base del cogollo podida. Asimismo, en los subyacentes dos o tres entrenudos se forma un anillo necrótico producto de la muerte de las células de los meristemos intercalares presentes en éstos.(19)

Su modo de acción se caracteriza por la inhibición de la enzima Acetil CoA carboxilaza, localizada en los cloroplastos, bloqueando con ello la reacción del Acetil CoA para convertirse en malonil CoA y deteniendo así la producción de ácidos grasos que son muy usados en lugares de alta actividad meristemática, como es el caso del cogollo (ápice) y los nudos (meristemos intercalares) de las gramíneas. (19)

La acción madurante en la caña de azúcar esta dada por la subdosis que se emplean, ejerciendo su acción sobre el cogollo, el cual muere, y sobre los nudos superiores, en los cuales se forman anillos

necróticos. Esta acción se traduce en una detención total del crecimiento, al morir el meristemo terminal, con lo que la planta, debido a que su crecimiento cesa, acumula sacarosa ocasionando su maduración. En pocas palabras, al privar de ácidos grasos a las zonas meristemáticas se llega a destruir la permeabilidad de las membranas, causando la necrosis que se observa en el cogollo y en los nudos superiores del tallo. (19)

La muerte del cogollo y de los meristemos intercalares superiores rompe la dominancia apical ocasionando que las hormonas naturales, que regulan el crecimiento y desarrollo vegetativo normal de la planta, se transloquen hacia las yemas laterales incitándolas a romper su dominancia e iniciar el desarrollo vegetativo lo que provoca la formación de los brotes laterales conocidas como lalas. Esto conduce a que la planta no deba permanecer mas de cinco semanas después de haberse aplicado, en este caso el herbicida con función de madurantes. (19)

3.1.11. Fluazifop-butil:

3.1.11.1. Características:

Es un herbicida sistémico, selectivo a las gramíneas, de aplicación post-emergente y absorbido por el follaje, manifestando los resultados pocos días después de la aplicación. Es traslocado por el xilema y el floema del follaje a los rizomas y estolones de plantas perennes. En los tejidos jóvenes provoca un bloqueo de la fase vegetativa de la planta a la altura de los entrenudos superiores, dando como resultado la pérdida de crecimiento, necrosis y muerte de la planta o del meristemo, en cuyo caso provoca consecuentemente el brote de hijos. Es un compuesto soluble en agua, inodoro de color amarillo, resistente a la descomposición por los rayos ultravioleta y rápidamente hidrolizados por la pantalla. (14,19)

3.1.11.2. Modo de acción:

Después de la absorción foliar, es rápidamente de-esterificado liberación de ácido (fluazifop), el cual es traslocado y se cree que actúa como Toxaphore, siendo producido el efecto a diferente distancia de la aplicación. Estudios realizados con fluazifop indican que éste interfiere en la biosíntesis de lípidos, específicamente inhibe la carboxilasa Acetil CoA de las gramíneas, la cual cataliza rápidamente el paso a la biosíntesis de ácidos grasos. Al no existir ácidos grasos no se pueden generar paredes celulares, puesto que la base de la pared celular son proteínas y ácidos grasos, dándose un colapso en las regiones de mayor actividad de división celular que son los 3 entrenudos cercanos al ápice, esto justifica la existencia de 3 anillos necróticos. (14,19)

3.1.12. Estudios Efectuados en Madurantes:

Ordoñez Cadenas, evaluó el efecto de la edad del cultivo y duración del período post-aplicación sobre la eficiencia del glifosato como madurante. Donde se encontró que en todas las edades existe incremento en el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña, así como también el tiempo transcurrido después de la aplicación donde alcanza el mayor grado de sacarosa, siendo este entre la sexta y octava semana después de la aplicación. (21)

Leonardo Hernández, efectuó la evaluación de cuatro productos químicos como maduradores en caña de azúcar (glifosato, fluazifop butil, hexazinona y trimexapac-ethyl), llegando a la conclusión de que los mejores productos medidos por su incremento en libras de azúcar por tonelada de caña, fueron el glifosato a razón de 1.4 litros / hectárea y trinexapac-ethyl a 1 i 0.6 litros / hectárea con respuesta a las seis semanas después de la aplicación. (14)

Campollo, evaluó cuatro dosis de glifosato (360, 480 y 600 gr. i.a. / hectárea) y tres edades (272, 288 y 319 días después del último corte), obteniendo los mejores rendimientos en libras de azúcar por tonelada de caña a los 288 días, con una dosis de 360 ó 480 gramos de ingrediente activo de glifosato/ hectárea, entre la sexta y octava semana después de la aplicación. También concluye que los mejores rendimientos en toneladas de caña por hectárea fueron a los 319 días después del último corte, con una dosis de 480 gramos de ingrediente activo/ hectárea entre la quinta y séptima semana después de la aplicación. (5)

Buenaventura, evaluó el control de la maduración de la caña de azúcar, donde determina los factores que influyen la maduración como lo son la temperatura, la humedad, luminosidad y nutrientes en el suelo, todo esto interactuando con la acumulación de sacarosa. (3)

Buenaventura, efectuó la evaluación de la aplicación de madurantes químicos en la caña de azúcar en Colombia, evaluando diferentes dosis de productos químicos así como también diferentes productos y el efecto que estos tienen sobre la acumulación de sacarosa, crecimiento, desarrollo de la siguiente soca, etc. (4)

Arcila Arias, evaluó el efecto de la maduración química de la caña de azúcar, determinando que existe un menor deterioro de la caña después del corte, así como también una mejor quema, menor contenido de basura al cosechar y mayores rendimientos de sacarosa por tonelada de caña. (1)

González Ruano, donde evaluó el efecto del glifosato, fluazifop butil, azufre y sulfato de potasio en la calidad y el rendimiento de la caña de azúcar, concluyendo con que el sulfato de potasio fue el mejor tratamiento, seguidamente el glifosato. Con respecto al fluazifop butil concluye que no reporto buenos rendimientos en dicha localidad. (12)

Letona López, efectuó la evaluación del etephon como inhibidor de la floración en la caña de azúcar, con perspectivas a inhibir la flor la cual aumenta los contenidos de sacarosa en los tallos y reducir el tejido corchoso, concluyendo de forma no concreta sobre la aplicación del producto, en alguna fecha determinada para inhibirla y recomienda efectuar nuevos ensayos. (15)

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Localización:

El estudio se realizó en la finca Camantulul del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Departamento de Escuintla, a 14°19' de latitud y 91°03' de longitud, a una altura sobre el nivel del mar de 280 metros.

3.2.2. Clima:

Se tiene una temperatura máxima y mínima promedio de 32.24 °C - 19.50°C respectivamente. La precipitación promedio al año de 2,000mm.

3.2.3. Tipo de Suelo:

3.2.3.1. Descripción de Suelo:

Consociación Tapexcos (TG): Conjunto Tapexco (Typic Hapludands Medial sobre arcillosa):

Estos suelos se distribuyen en la parte media y en el ápice de los abanicos que conforman la planicie fluvio volcánica. Presentan un relieve plano y ligeramente inclinado; en algunos sectores es ligeramente convexo. Las ondulaciones son amplias y las depresiones poco profundas; la pendiente no excede el 3%. Son suelos bien drenados y de alta retención de humedad, profundos a moderadamente profundos, limitados ocasionalmente por la presencia de arcillas ligeramente compactadas.

Los suelos se han desarrollado a partir de materiales finos de origen volcánico, transportados y depositados por el agua, sobre materiales finos de antiguos abanicos, presenta un perfil bien desarrollado tipo A-Bw-C, donde el horizonte A es de más de 40 cm. de espesor, de color pardo muy oscuro a negro, textura franca, estructura en bloques débilmente desarrollados y consistencia friable. El segundo horizonte es un Bw (cámbico) presente color pardo, textura franco arcillosa, estructura moderadamente desarrollada y consistencia friable. El Horizonte C corresponde a un sustrato arcilloso diferente al material de los horizontes superiores, es muy compactado y en estado seco se torna muy duro, lo cual limita la penetración de las raíces.

La reacción es moderadamente ácida en la superficie; los valores de pH se incrementan con la profundidad hasta tornar la reacción neutra a ligeramente alcalina. La capacidad de intercambio catiónico es alta a muy alta, siendo mayor en los horizontes superficiales. El contenido de materia orgánica es muy alto en los primeros horizontes, la saturación de bases es alta y el catión predominante es el calcio, la relación calcio/magnesio es normal, el contenido de fósforo aprovechable es muy bajo, el de potasio es normal y el de los elementos menores es muy variable; el cobre casi siempre es muy deficiente. (9)

Estos suelos son aptos para la mayoría de los cultivos de la región, deben manejarse cuidadosamente al utilizar maquinaria para conservar la estructura y evitar la pulverización del suelo, lo cual facilita el proceso de erosión eólica, se recomienda tratar de mantenerlos con cobertura vegetal y aplicar riego preferiblemente por aspersión para evitar la escorrentía superficial. (9)

En la fertilización debe tenerse en cuenta la marcada deficiencia de fósforo y al mismo tiempo la alta capacidad de fijación que tienen estos suelos para este elemento. (9)

3.2.4. Características de la Variedad CP72-2086:

Los progenitores de la variedad CP 72 - 2086 son: La variedad CP 62 - 374 y la variedad CP 63 - 588.

3.2.4.1. Características Morfológicas:

Sus tallos son erectos color amarillo verdoso con ligeros tintes, vainas de las hojas rosadas tendiendo a lilas, entrenudos largos y erectos, raíces aéreas en la parte inferior de los mismos, el mismo entrenudo toma la forma de Zig - zag (ancho abajo, delgado arriba) con un diámetro de 4 centímetros y 19 centímetros de longitud, los entrenudos están cubiertos por una moderada capa oscura en la parte que envuelve la vaina, corteza de dureza media cerosa y longitud moledera de 2.5 a 3 metros, yemas ovoides con poro germinal

central no toca la cicatriz foliar ni el anillo de crecimiento, las hojas con poco afate cortante en los bordes con una longitud de 137.5 cm. y 5 cm. de diámetro, la vaina color morado lila con hendidura central en la hoja envainadora, pubescencia ausente, ligula con aurícula pequeñísima, follaje verde. (13)

3.2.4.2. Características Agronómicas:

Es de buena germinación, macollamiento bueno y temprano, buen desarrollo cuando se siembra en época adecuada; despaje regular, las hojas permanecen adheridas al tallo, se desprenden fácilmente con la mano, resistente al acame, regular tenacidad, abundante floración, prospera bien en siembra de humedad y bajo riego a una altitud de 0-220 metros sobre el nivel del mar, se adapta bien a suelos francos, franco limosos, franco arenosos y franco arcillosos, profundos. A pesar de que posee un color verde amarillo en los primeros estadios de desarrollo presenta tonalidades café. Posee buen vigor y buen cierre de calles, sin embargo su crecimiento en los primeros cuatro meses es menor. Tiene tendencia al acame en los meses de septiembre y octubre aunque no en su totalidad. (12)

La CP 72-2086 es resistente al Carbón (*Ustilago scintaminea*) Royo (*Puccinia melanocephala*), susceptible al virus del mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA). Le ataca el barrenador (*Diatraea saccharalis*).

La floración es temprana y por ello se le clasifica dentro de las variedades de maduración temprana, produce buen azúcar al inicio de la zafra. Se recomienda cortar en los primeros meses, de noviembre a mediados de enero.

Debido a la floración también produce corcho y en condiciones fuertes del inicio del verano y el tiempo que transcurre el corte puede deteriorar los nudos y entrenudos superiores. Es alta productora en azúcar.

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL:

- Evaluar el efecto de dos madurantes en plantas de caña de azúcar en floración con respecto al rendimiento.

4.2. ESPECÍFICOS:

- Evaluar el efecto de dos madurantes sobre el crecimiento, emisión de yemas laterales y producción de corcho.
- Determinar el efecto de dos madurantes en la cantidad de azúcares reductores.
- Efectuar un análisis de la tasa marginal de retorno para determinar que tratamiento es el mejor, desde el punto de vista económico.

5. HIPÓTESIS

- Ninguno de los dos madurantes tiene efecto sobre el rendimiento de azúcar cuando se aplican en estado de floración.
- Ninguno de los dos madurantes afectará el crecimiento, emisión de yemas laterales o la producción de corcho.
- Ninguno de los dos madurantes tiene efecto en la cantidad de azúcares reductores.
- Desde el punto de vista económico ninguno de los tratamientos es mejor que el testigo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. MATERIALES:

- * Equipo de aplicación Modelo 4F de la Sprayin Sistem
- * Glifosato (Roundup)
- * Fluazifop butil (Fusilade)
- * Cinta adhesiva
- * Cinta métrica
- * Regla graduada
- * Machetes
- * Boleta de toma de datos
- * Amonfaco
- * Cubetas
- * Probetas
- * Beakers
- * Tiras de nylon
- * Pita plástica

6.2. TRATAMIENTOS:

Los tratamientos establecidos son dos y el testigo, los cuales son:

- Aplicación con madurante glifosato (Roundup) 540 gr./hectárea
- Aplicación con madurante Fluazifop-butil (Fusilade) 62.5 gr./hectárea
- Testigo no se aplicó ningún producto

TRATAMIENTO	ESTADO FISIOLÓGICO DE LA PLANTA	CODIGO PARA IDENTIFICARLA
Con Madurante glifosato	Tallos Florecidos	CMGFLO
	Tallos no Florecidos	CMGNFLO
	Tallos Vigorosos (Mamonos o Chupones)	CMGTV
Con Madurante fluazifop butil	Tallos Florecidos	CMFFLO
	Tallos no Florecidos	CMFNFLO
	Tallos Vigorosos (Mamonos o Chupones)	CMFTV
Sin Madurante	Tallos Florecidos	SMFLO
	Tallos no Florecidos	SMNFLO
	Tallos Vigorosos (Mamonos o Chupones)	SMTV

6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL:

El diseño experimental utilizado es un Bloques al Azar, con 7 repeticiones, 2 tratamientos y el testigo. El esquema de distribución de los tratamientos y la parcela útil, empleada en la presente investigación se ilustran en Anexos 1, 2 y 3.

6.3.1. Modelo Estadístico:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña, toneladas de caña por hectárea, crecimiento, biomasa de yemas laterales y cantidad de azúcares reductores en los jugos.

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto de la i -ésimo madurante

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error asociado al i -ésimo madurante y j -ésimo bloque

6.3.2. Medidas y áreas del ensayo:

Área bruta del ensayo:	2394 m ²
Área bruta por unidad experimental	90 m ²
Área neta por unidad experimental	60 m ²
Distancia entre bloques	3 m
Distancia entre surcos	1.5 m
Número de unidades experimentales	21

6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:

El análisis de la información tanto para rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña, toneladas de caña por hectárea, crecimiento después de la aplicación, biomasa de yemas laterales y azúcares reductores, se les efectuó un análisis de varianza. Posteriormente se efectuó una Prueba de Medias de Tukey.

6.4.1. Porcentaje de corcho:

Para efectuar este análisis, se determinó el porcentaje de nudos con presencia de corcho con respecto al total de tallos muestreados.

6.4.2. Análisis económico:

Para el análisis económico, se empleo el método de la TRM (Tasa Marginal de Retorno), con el cual se determinó cual de los tratamientos es el más rentable.

6.5. MANEJO DEL ENSAYO:

Inicialmente se procedió a la delimitación y trazo de la parcela total, así como también el de las unidades experimentales, esto se realizo con la ayuda de una cinta métrica. Para poder delimitar las parcelas se colocaron en las esquinas de cada una varas de bambú de aproximadamente 2 metros de altura.

Posteriormente, se marcaron los tallos que se utilizaron durante todo el ensayo, para las lecturas correspondientes. Se marcaron 150 tallos por cada unidad experimental, utilizándose pita plástica de 3 diferentes colores, con los cuales se identificaron los estados fisiológicos al momento del muestreo. También se marcaron 30 tallos adicionales por cada unidad experimental con tiras de nylon de 3 diferentes colores, las que sirvieron para medir crecimiento, emisión de yemas laterales y porcentaje de corcho, estos mismos 30 tallos se les colocó una marca con cinta adhesiva a un metro hacia abajo del ultimo cuello visible, que se utilizo como referencia para las lecturas de crecimiento.

Se determinó el porcentaje de floración que tenía el ensayo antes de la aplicación. Este se determinó midiendo 5 metros lineales en cada unidad experimental, en este tramo se determinó el número de tallos florecidos, tallos no florecidos y tallos vigorosos existentes hasta ese momento.

La aplicación se efectuó con un equipo de fumigación diseñado para simular aspersiones aéreas de productos agrícolas. Este es el Modelo 4F de Sprayin System modificado por CENGICAÑA, que posee un aguilón de 3 metros de longitud y una boquilla TK 0.9, la cual tiene una cobertura óptima de 9 metros (ancho del abanico) además está equipado con un cilindro de CO₂ de 5 lbs de capacidad que es el que imprime una presión constante al sistema con la ayuda de un juego de manómetros y tiene un tanque para la mezcla con capacidad de 5 litros.

La aspersión se efectuó por la calle central (tercera calle) de cada unidad experimental, desde la cual se cubrieron los surcos centrales de cada parcela.

Posteriormente a esto se efectuó una lectura a la novena semanas después de la aplicación.

6.6. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA:

6.6.1. Rendimiento en Libras de Azúcar por Tonelada de Caña:

Para medir el efecto de los dos madurantes sobre esta variable se realizó un muestreo, tomando 4 tallos por cada estado fisiológico de cada unidad experimental. A estas muestras se les realizó un análisis de jugos. Este muestreo se realizó a la novena semana después de la aplicación.

6.6.1.1. Metodología para el análisis de sólidos solubles (Brix):

a) Materiales y Equipo:

- Refractómetro manual
- Cucharilla o varilla de agitación

b) Procedimiento:

- Con una cucharilla o una varilla de agitación agitar el jugo contenido en el recipiente de 500 mililitros y tomar de él unas cuantas gotas y colocarlas en el refractómetro manual.
- Luego se toma la lectura del refractómetro (esta lectura no representa el brix exacto de las muestras).
- Para determinar el brix exacto de las muestras se utiliza la formula siguiente:

$$\% \text{ Brix} = \text{Brix de refractómetro} * 0.8925$$

6.6.1.2. Metodología para el análisis de sacarosa (Pol):

a) Materiales y Equipo:

- Polarímetro
- Papel filtro

b) Reactivos:

- Subacetato de Plomo

c) Procedimiento:

- Tomar un volumen de 200 mililitros de jugo.

- El jugo se deposita en un recipiente de 300 mililitros, previo a esto se agrega una cucharada de subacetato de plomo en el mismo recipiente.
- Homogeneizar el subacetato con el jugo y luego se filtra la mezcla.
- Se toma el filtrado, el cual se utiliza para determinar el porcentaje de sacarosa presente en la muestra.
- El porcentaje de sacarosa o Pol se determina mediante el polarímetro.
- Para determinar el Pol únicamente se toma la lectura que aparece en el polarímetro en cada muestra, sabiendo que una lectura de 100 en el polarímetro representa aproximadamente 26 % de sacarosa.
- Antes de tomar las lecturas el polarímetro se calibra con un cristal de cuarzo y se toma la temperatura a la que se encuentra para así poder determinar el porcentaje real de sacarosa.
- La fórmula para determinar el porcentaje de sacarosa es la siguiente:

$$\% \text{ de sacarosa} = ((\text{Pol del polarímetro} * 0.2354) + 504) * 0.8581$$

6.6.2 Rendimiento en Toneladas de Caña por Hectárea:

La medición de toneladas de caña por hectárea se realizó al momento de la cosecha, cortando la totalidad del área de las parcelas y se colocó en un tramo el cual se pesó con la ayuda de una balanza, la cual se sujetó al hidráulico del tractor, con la ayuda de una pluma. Posteriormente en la fase de gabinete se efectuó la conversión a toneladas de caña por hectárea.

6.6.3. Medición del Crecimiento:

Para medir el crecimiento se tomaron 10 tallos por cada estado fisiológico (tallos florecidos, tallos no florecidos y tallos vigorosos), de cada unidad experimental marcados previamente. Se midió a partir del último cuello visible hacia abajo la cantidad de un metro, en la cual se colocó una marca puesta con cinta adhesiva que nos sirvió como punto de referencia para cuando se realizaron las lecturas. Esta lectura se realizó antes de la aplicación y la segunda se realizó a la novena semana después de la aplicación.

6.6.4. Emisión de Yemas Laterales (LALAS):

Para evaluar la emisión de yemas laterales se llevó a cabo un conteo de los brotes o yemas laterales presentes por tallo. Para realizar la observación de esta variable se utilizaron las mismas 10 plantas marcadas por cada estado fisiológico de las unidades experimentales. En los casos que existieron brotes antes

de la aplicación, estos se contaron y a partir de esta lectura se cuantificaron las correspondientes a las del estudio al momento de la cosecha.

6.6.5. Biomasa de Yemas Laterales (LALAS):

Para evaluar el efecto de los madurantes sobre la biomasa de yemas laterales, se tomaron los 10 tallos marcados por cada estado fisiológico. Al momento de la cosecha se cortaron la totalidad de brotes existentes y se pesaron, luego se colocaron en un horno para determinar el peso seco. La diferencia entre el peso fresco y el peso seco nos da la biomasa de la muestra.

6.6.6. Porcentaje de Acorchamiento:

Para evaluar el efecto de los madurantes sobre el porcentaje de acorchamiento se tomaron 10 tallos florecidos al azar a los que se les determinó el porcentaje de corcho existente antes de la aplicación. Al momento de la cosecha se tomaron los 10 tallos que hasta ese momento se utilizaron para medir crecimiento y lalas (yemas laterales), a los cuales se les evaluó el porcentaje de acorchamiento.

Para evaluar el corcho se tomaron los tallos y se cortaron en cada entrenudo, empezando en el superior hacia la base de la caña. El porcentaje se determinó mediante una tabla adaptada en CENGICAÑA. (ver anexo 6)

6.6.7. Cantidad de Azúcares Reductores:

Para evaluar la cantidad de azúcares reductores, se tomo una porción de los jugos de cada muestreo a los cuales se les determinó en el laboratorio la cantidad de azúcares reductores (glucosa y fructuosa).

6.6.7.1. Metodología para el análisis de azúcares reductores:

a) Materiales y Equipo:

- Balón de 200 mililitros
- Bureta de 50 mililitros
- Erlenmeyer de 250 mililitros
- Estufa con agitador magnético

b) Reactivos:

- Subacetato de plomo
- Solución de Felling A y B
- Azul de metileno

c) Procedimiento:

- Tomar 50 gramos de jugo de caña en un balón de 200 mililitros, aforar con agua destilada. Luego colocar 1 gramo aproximadamente de subacetato de plomo para clarificar el jugo, si el jugo no se clarifica adicionar más subacetato hasta que el jugo se clarifique, agitarlo y luego filtrarlo.
- Al tener la muestra ya clarificada, pasarla a una bureta de 50 mililitros. En un Erlenmeyer de 250 mililitros agregar 5 mililitros de solución Felling "A" y 5 mililitros de solución Felling "B" y 50 mililitros de agua destilada, a esto dejarle caer 5 mililitros de jugo ya clarificado.
- Colocarlo después en una plancha caliente, y dejarlo ebulir de 3 a 5 minutos. Después se agregan 3 gotas de azul de metileno y titularlo con el resto del jugo hasta obtener un color rojo ladrillo.
- Para analizar el porcentaje de los azúcares reductores se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Az. Red.} = 200 * \text{Factor de Felling} / \text{ml gastados} * 2$$

$$\text{Factor Felling} = \text{ml gastados de glucosa} * 0.2 / 100$$

6.6.7.2. Metodología para el análisis de acidez:

a) Materiales y Equipo:

- Probeta de 25 ml
- Bureta de 50 ml

b) Reactivos:

- Hidróxido de Sodio 0.1 N
- Fenofaleína

c) Procedimiento:

- Medir con la probeta 10 mililitros de muestra y colocarlo en el erlenmeyer
- Adicionar 25 mililitros de agua destilada y 3 gotas de fenofaleína
- Titular con la solución de hidróxido de sodio 0.1 N hasta observar el viraje correspondiente de color.
- El número de mililitros gastados de solución alcalina como la acidez del jugo.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA:

En caña florecida siempre se pensó que no había respuesta de los madurantes. Se argumentó que en aplicaciones comerciales se tenía una falsa respuesta, que la misma era producto de la caña no florecida. Es indiscutible que los productos usados ejercen acción madurante, independiente del estado fisiológico en que se encuentre la planta. Dentro de éstos, unos actúan con mayor eficiencia que otros. La acción puede ser más o menos prolongada, dependiendo del producto utilizado, así como también el estado fisiológico permite obtener una mejor respuesta.

El análisis global de los resultados nos permite ver que existen diferencias entre los tratamientos. La mejor respuesta se obtuvo con glifosato. La diferencia entre éste producto y el testigo sin madurante fue de 16.36 kilogramos de azúcar por cada tonelada de caña (Ver Tabla 2 y Figura 1).

TABLA # 1: Análisis de varianza general para el rendimiento de azúcar en kilogramos por tonelada de caña.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Madurante	2	13995.30	6997.65	28.61	0.0001
Repetición	6	4248.31	708.05	2.89	0.0553
Error (a)	12	2935.03	244.61	-----	-----
Estado	2	100097.88	50048.94	123.54	0.0001
Madurante*Estado	4	7232.26	1808.06	4.46	0.0050
Error (b)	36	14584.99	405.14	-----	-----
Total	62	143093.77			

C.V. 10.51

El estado fisiológico de la caña que responde mejor al madurante es cuando no existe flor. Supera a la florecida hasta en diez kilogramos y a los tallos vigorosos en cuarenta y dos (Ver Tabla 3 y Figura 2). Este comportamiento es normal, puesto que al contar con un mayor número de hojas fotosintéticamente activas y meristemas en crecimiento activo hay una mayor acumulación de sacarosa. Los tallos vigorosos no responden de igual manera, puesto que tiene meristemas en crecimiento activo pero no disponen de la

suficiente cantidad de hojas fotosintéticamente activas. Se suma a lo anterior la poca capacidad de almacenamiento por el reducido número de entrenudos así como también el desdoblamiento de sacarosa para generar energía para la división celular.

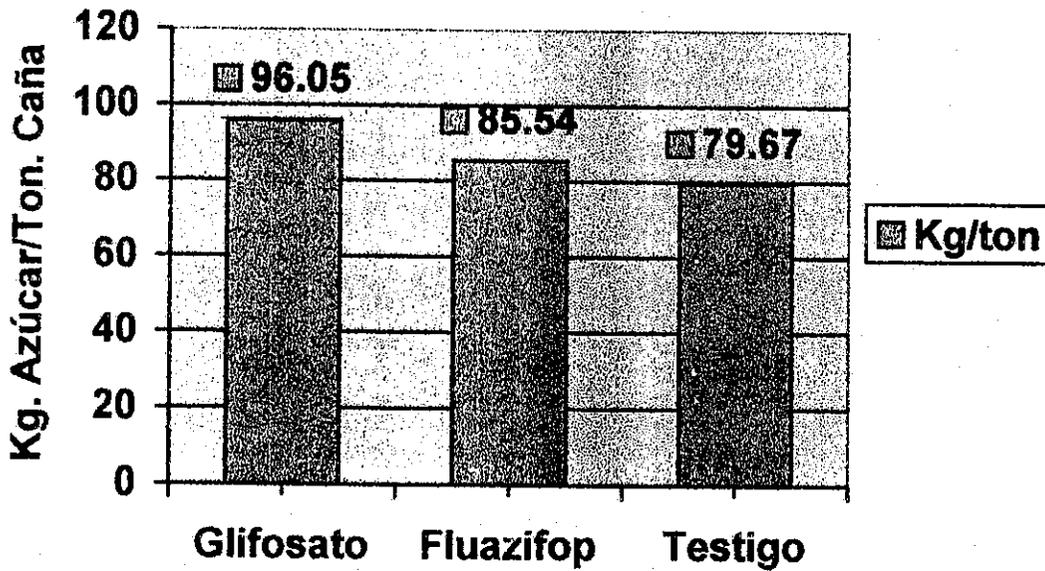


FIGURA # 1: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los tratamientos y el testigo.

TABLA # 2: Prueba de Tukey a la variable Kg. de azúcar por tonelada de caña producto del factor madurante, nueve semanas después de la aplicación

Madurante	Media (kg. az./TC)	Grupo
Glifosato	96.05	A
Fluazifop butil	85.54	B
Testigo	79.67	B

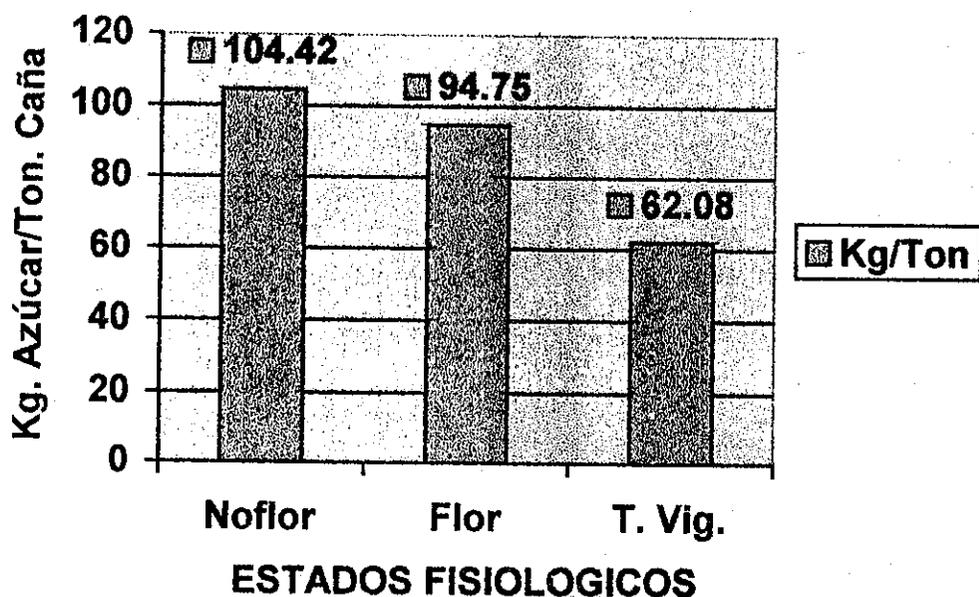


FIGURA # 2: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña de los tres diferentes estados.

TABLA # 3: Prueba de Tukey a la variable Kg. de azúcar por tonelada de caña como efecto del estado fisiológico nueve semanas después de la aplicación.

Estado	Media (kg. az./TC)	Grupo
No Flor	104.42	A
Flor	94.75	B
Tallos Vigorosos	62.08	C

La mejor interacción entre madurante y estado fisiológico (Ver tabla 4) es la de glifosato y caña no florecida. Luego tenemos testigo sin madurante con caña no florecida. La explicación de que una caña no florecida sin madurante muestre un buen rendimiento, es debido a que, nueve

TABLA # 4: Prueba de medias para la interacción entre el madurante y el estado fisiológico del cultivo expresado en kilogramos de azúcar por tonelada.

Interacción	Kg. Az./T.C.	Grupo
Glifosato Nflor	113.91	A
Testigo Nflor	100.61	B
Glifosato Flor	100.11	B
Fluazifop butil Nflor	98.74	B
Testigo Flor	93.00	B
Fluazifop butil Flor	91.14	B
Glifosato Tallo vigoroso	74.12	C
Fluazifop butil Tallo vigoroso	66.72	C
Testigo Tallo vigoroso	45.39	D

semanas después de la aplicación, el azúcar acumulado se perdió por hidrólisis. Sin embargo, ésta que no recibió madurante, acumuló sacarosa de manera natural y progresiva.

El propósito principal de este trabajo fue encontrar respuesta de la caña florecida al madurante. Al separar el efecto de los madurantes para cada estado fisiológico, se encuentra una diferencia de siete kilogramos de azúcar por tonelada entre el glifosato y el testigo en dicha caña florecida (Ver Figura 3).

TABLA # 5: Comportamiento del rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña con respecto al estado fisiológico y a los madurantes aplicados.

Madurante	Florecida (kg. az./TC)	No florecida (kg. az./TC)	Tallo vigoroso (kg. az./TC)
Glifosato	100.11	113.91	74.12
Fluazifop butil	91.14	98.74	66.72
Testigo	93.00	100.61	45.39

Esta diferencia aunque no es estadísticamente significativa, lo es en términos económicos, puesto que con 1.36 kilogramos de incremento por tonelada de caña, se paga el costo de esta tecnología.

Con el 65 % de tallos florecidos, el incremento de azúcar por área, no depende solo de caña no florecida sino en su mayor parte de florecidas. Por tanto el beneficio esperado al aplicar, especialmente glifosato, en caña florecida es alto. Y es que mientras se tengan hojas fotosintéticamente activas, la acumulación de sacarosa se va a efectuar. Lo ideal es buscar los periodos óptimos para cosechar, comprendidas entre cinco y siete semanas. Además de obtener buenos rendimientos de azúcar el desarrollo de brotes laterales y corcho es poco.

Independientemente del estado fisiológico, la respuesta de la caña al madurante es evidente. Se confirma lo observado por Campollo, Leonardo y Villegas(5,14,25). Esta respuesta es mayor con glifosato. Sin lugar a dudas, es mas la respuesta de la caña que no tiene flor, pero que no es tallo vigoroso. Los resultados presentados por la caña florecida, rompe con el paradigma de las aplicaciones solo en el primer tercio de la zafra. El único factor limitante para las aplicaciones en el último tercio de la zafra es la humedad del suelo o el estrés hídrico presentado por la caña. Leonardo confirmó esta limitante al rastrear la respuesta del madurante desde el primero al tercer tercio, considerando la humedad del suelo al realizar las mismas.

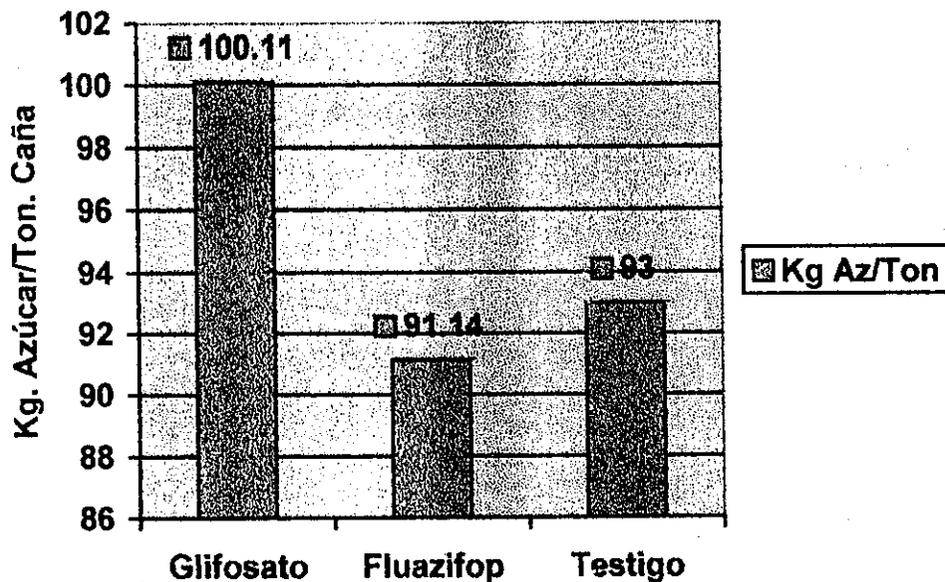


FIGURA # 3: Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, para los tallos florecidos

7.2. TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA:

La variable toneladas de caña por hectárea, siempre fue un rendimiento bien esperado por la gente que trabaja en caña, especialmente por quienes tenían bonificación. Esta fue una limitante para la utilización de madurante. Siempre se creyó que el uso de este reducía los tonelajes de caña por hectárea al irse generalizando y afinando la tecnología esta idea se fue diluyendo, permitiendo la adopción de la misma. Y es que en todos los ensayos a nivel experimental y semicomercial no se ha encontrado diferencias significativas entre los tonelajes de caña aplicada y sin madurante. Este comportamiento pudo observarse en este

TABLA # 6: Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Madurante	2	935.71	467.85	1.16	0.35
Repetición	6	866.72	144.45	0.36	0.89
Error (a)	12	4849.53	404.13	-----	-----
Estado	2	123412.40	61706.20	578.89	0.0001
Madurante - Estado	4	628.06	157.01	1.47	0.23
Error (b)	36	3837.39	106.59	-----	-----
Total	62	134529.82			

C.V.: 19.11

ensayo, donde el tonelaje no muestra diferencia significativa estadísticamente. Ahora bien, al comparar el tonelaje entre los diferentes estados fisiológicos es mayor en la caña florecida. Esto era de esperarse puesto que un 65 % de la población presente lo componía la florecida.

TABLA # 7: Comparación del tonelaje entre los estados fisiológicos y el madurante.

Madurante	Flor (TC/ha)	Noflor (TC/ha)	Tallo vigoroso (TC/ha)	Total (TC/ha)
Glifosato	118.02	34.55	13.12	165.69
Fluazifop butil	104.30	30.53	11.59	147.08
Testigo	123.96	36.28	13.78	174.02
Media	115.43	33.79	12.83	162.05

Aunque existen diferencias entre la caña aplicada y el testigo, estadísticamente no es significativa. Esta diferencia se debió seguramente a factores ambientales o el suelo. La caña florecida ya no sigue creciendo, independientemente de que sea o no aplicada. Los porcentajes de caña no florecida y tallos vigorosos son reducidos, como para pensar que estos influyen en la diferencia presentada. Entonces seguramente, como se indicó anteriormente, esto es producto de factores no controlados en el ensayo. Campollo, en el análisis de la retención del crecimiento, afirma que esta, es tan reducida que no merece ser analizada. La misma puede aumentar o disminuir, al manejar el despunte alto o bajo. Fernando Villegas de CENICAÑA afirma que la reducción del crecimiento se compensa con un corte o despunte mas alto. Martinez y Leonardo(14,19), demostraron que la mayor concentración de sacarosa se da en los entrenudos superiores. Por tanto el corte o despunte debe ser mas alto para aprovechar esta sacarosa. De esta manera se reduce la merma en el tonelaje de la caña aplicada con madurante. Otro aspecto que vale la pena mencionar es que el despunte se hace a veces mas bajo cuando se tiene presencia de brotes laterales, provocando merma en el tonelaje, como el corte se hizo nueve semanas después de la aplicación, esto permitió que los brotes se desarrollaran demasiado.

7.3. CRECIMIENTO DE LA CAÑA DESPUÉS DE LA APLICACIÓN:

Con respecto al crecimiento, se ha manejado el criterio de que, al detenerse el mismo, es signo de respuesta al madurante. En el presente ensayo, la caña florecida no presenta alta diferencia. La que más creció fue la aplicada con fluazifop butil, presentando una diferencia de 0.35 centímetros mas que el testigo. Lo anterior no representa mayor ventaja para la caña que más creció. Tampoco es signo de desventaja para los tratamientos que menos crecieron.

TABLA # 8: Incremento del crecimiento en centímetros después de la aplicación.

Madurante	Flor (cm.)	Noflor (cm.)	Tallo vigoroso (cm.)
Glifosato	1.34	5.50	10.51
Fluazifop butil	1.87	7.37	11.83
Testigo	1.52	16.57	83.70

Como se menciona en la parte correspondiente al tonelaje, al manejar el despunte de la caña se compensa la merma en el crecimiento. Es tan poca la diferencia que no se considera como un factor influyente en la producción. En los tallos vigorosos es donde la diferencia es marcada. Puesto que estos se encuentran en crecimiento activo y al aplicarles el madurante muestran una marcada diferencia en crecimiento con respecto a los no aplicados. Como el porcentaje de tallos vigorosos presente es mínimo no tiene mayor efecto en la producción. Lo que es evidente es la poca diferencia entre productos, existiendo una tendencia del glifosato a detener mas el crecimiento.

TABLA # 9: Porcentaje de biomasa de brotes laterales nueve semanas después de la aplicación.

Madurante	Flor	Noflor	Tallos vigorosos
Glifosato	37.90	32.73	24.70
Fluazifop butil	37.90	34.49	28.72
Testigo	46.20	0.00	0.00

7.4. PORCENTAJE DE BIOMASA DE BROTES LATERALES:

La emisión de brotes laterales se presentó cuando se aplicó madurante. Esta presencia es acentuada en caña no florecida y tallos vigorosos. Los tratamientos con fluazifop butil presentaron mayor porcentaje de biomasa tanto en tallos vigorosos como en caña no florecida. Algo importante de resaltar es que la caña florecida sin madurante fue la que presentó el mayor porcentaje de biomasa por brotes laterales. La impresión que se tiene es que el madurante detiene el desarrollo de los brotes. Leonardo et al, al conducir un ensayo similar en tres fechas de aplicación encontró que el uso de madurantes detuvo el desarrollo de los brotes laterales. Estos resultados concuerdan con los encontrados en este ensayo. Al perderse esta

dominancia, se estimula el desarrollo de yemas que están latentes. Las primeras yemas estimuladas son las próximas al ápice o en este caso a la flor. Ahora bien, que paso con los brotes laterales las cañas florecidas aplicadas. Cuando se aplicó madurante se tenían brotes. La acción de ambos productos es en los puntos de crecimiento. Como los únicos en crecimiento activo son los brotes laterales, la acción de estos productos se da en los mismos, esto suprime el desarrollo de dichos brotes. Leonardo afirma que de acuerdo a la dosis de madurante, pueden destruirse los brotes laterales. Ahora bien, la preocupación de la presencia de brotes laterales es porque mucha azúcar que pudo almacenarse se pierde al consumirla los mismos en su desarrollo.

Merece discusión el hecho de que la aplicación de madurantes estimule la emisión de brotes laterales en caña no florecida y tallos vigorosos. Al suprimirse el crecimiento, se pierde la dominancia apical. La pérdida de dominancia estimula el desarrollo de las yemas laterales. Algunos investigadores como Leonardo, han encontrado que con el uso de dosis elevadas de Glifosato, se estimula la emisión de brotes, pero estos son suprimidos por el mismo producto. En el presente ensayo se tuvo mas biomasa de brotes laterales con fluazifop butil, lógicamente la caña no florecida y sin madurante no presentó brotes.

7.5. AZÚCARES REDUCTORES:

Los reductores (Glucosa y Fructuosa) son productos de la hidrólisis de la sacarosa. El contenido alto de estos es un indicador de crecimiento de los meristemos apicales o laterales. Algunos investigadores han encontrado que al aplicar madurante se reducen los contenidos de azúcares reductores. Sin embargo con fluazifop butil los reductores están levemente arriba del testigo. Si no hay crecimiento, la razón de la presencia de mayor cantidad de reductores con fluazifop butil seguramente es por los brotes laterales. Estos alcanzaron un desarrollo elevado.

TABLA # 10: Contenido de azúcares reductores expresado en gramos por kilogramo de jugo.

Madurante	Flor	Noflor	Tallos vigorosos
Glifosato	0.47	0.53	0.79
Fluazifop butil	0.50	0.56	0.87
Testigo	0.49	0.47	1.21

El efecto más evidente de la merma de azúcares reductores es con tallos vigorosos, puede apreciarse la diferencia del testigo y los madurantes. Como el testigo no dejó de crecer fue necesario desdoblar la sacarosa

para producir energía y desarrollarse. Si comparamos el efecto en la caña no florecida, notamos (Ver cuadro 10) mayor contenido de reductores con madurantes. Es evidente que el glifosato muestra menos entre estos. Lo mismo se puede apreciar en los tallos vigorosos donde el glifosato presenta los menores azúcares reductores.

Entre estados fisiológicos, hay más reductores en tallos vigorosos con o sin madurante. Se cumple el supuesto de que éstos van a ser mayores en caña en crecimiento activo. El menor contenido se da en cañas florecidas, puesto que estos han detenido su crecimiento y con esto el desdoblamiento de la sacarosa en azúcares reductores. Sin embargo en la no florecida, el testigo tuvo menos azúcares reductores. Seguramente los brotes laterales motivaron el incremento en estos.

7.6. PORCENTAJE DE ENTRENUDOS ACORCHADOS:

El corcho presente en caña es un factor negativo. La presencia de este está en función del avance de la floración. De tal manera que la caña sin flor no presenta médula suberosa (Corcho). Es evidente que la caña florecida que no recibió madurante presenta los mayores porcentajes de entrenudos acorchados. De los productos es el fluazifop butil el que menos entrenudos acorchados presenta.

TABLA # 11: Porcentaje de entrenudos acorchados en caña florecida, nueve semanas después de la aplicación.

Madurante	% de entrenudos acorchados
Glifosato	41.98
Fluazifop butil	34.00
Testigo	45.50

7.7. ANÁLISIS ECONÓMICO:

El análisis económico es un factor principal en este estudio puesto que las diferencias estadísticas no resultaron significativas, por lo cual podríamos concluir que no se aplique madurante a la caña en floración puesto que sus diferencias no lo ameritan. Pero existe la peculiaridad que la tecnología de los madurantes es una de las prácticas más rentables de los Ingenios Azucareros, por lo que existe la necesidad de efectuar un análisis económico para observar si existen diferencias entre los tratamientos y el testigo.

Los datos de rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña corresponden a la parcela total y no por estados, pero se asume que estos resultados son dominados por los tallos florecidos puesto que eran la mayoría dentro de la población, ocupando un 65% del total. Los costos de aplicación de madurante, precio por tonelada de caña y costos de cosecha, se obtuvieron de un Ingenio y constituyen una media de los costos para la zafra 98-99.

Costo de aplicación de glifosato 540 g/hectárea	= Q.162.00/hectárea
Costo de aplicación de fluazifop-p-butil 62.5 g/hectárea	= Q.195.00/hectárea
Precio por Tonelada de caña (como proveedor)	= Q. 0.45/libra de rendimiento
Costo de cosecha (corte+alce+transporte)	= Q. 30.00/Tonelada

TABLA # 12: Costo de los tratamientos evaluados en el ensayo.

Trat.	Ton. Caña/Ha	KATC	C.V. Q.	B.B. Q.	C.C. Q.	B.N.R. Q.
Glifosato	165.69	96.05	162.00	15,914.52	4,970.70	10,943.82
Fluazifop	147.08	85.54	195.00	12,581.22	4,412.40	8,168.82
Testigo	174.02	79.67	0.00	13,864.17	5,220.60	8,643.57

El tratamiento que presenta el beneficio neto real más alto es el aplicado con glifosato, seguidamente se encuentra el testigo sin aplicación y por ultimo el que menor beneficio neto real presento es el tratamiento aplicado con fluazifop butil.

TABLA # 13: Análisis de dominancia a los tratamientos.

Trat.	Beneficio neto	Costos que varían	Dominancia
Testigo	Q. 8,643.57	0	No dominado
Glifosato	Q. 10,943.82	Q. 162.00	No dominado
Fluazifop	Q. 8,168.82	Q. 195.00	Dominado

El tratamiento que se presenta como no dominado es el aplicado con glifosato.

TABLA # 14: Calculo de la Tasa Marginal de Retorno de los tratamientos.

Tratamiento	Costo marginal Q.	Ingreso marginal Q.	TMR	% TMR
Testigo	0.00	0.00		
Glifosato	162.00	2300.25	14.2	1,420

La siguiente tasa marginal de retorno nos indica que por cada quetzal invertido se recuperaran 14.20 quetzales, lo cual nos indica que tenemos una ganancia del mil cuatrocientos veinte porciento.

8. CONCLUSIONES

1. El rendimiento de azúcar en kilogramos por tonelada de caña con respecto al testigo se incrementa de 79.67 kg. a 96.05 kg. de azúcar, siendo la diferencias de 16.36 kg. con el uso del madurante glifosato en caña florecida.
2. La producción de caña en toneladas por hectárea no es afectada por el uso de madurantes.
3. La reducción en el crecimiento, de 0.18 cm por efecto del madurante, no afecta la producción de caña.
4. En caña florecida el uso de madurantes detiene el desarrollo de los brotes laterales, lo cual permite mayor acumulación de sacarosa que se ahorra en el crecimiento de los mismos.
5. En caña no florecida el uso de madurantes estimula la emisión de brotes laterales. Con respecto a los azúcares reductores no existen diferencias entre la caña aplicada y la no aplicada, mientras que en rendimiento si, la caña aplicada aumentó su rendimiento en 13 kilogramos con respecto al testigo.
6. La utilización del glifosato como madurante reduce en 0.02 gramos por kilogramo de jugo la cantidad de azúcares reductores y mejora la calidad de los jugos.
7. La aplicación de madurantes, no reduce la cantidad de médula suberosa (corcho) en cañas florecidas.
8. La aplicación con glifosato es el mejor tratamiento puesto que tiene una TRM del 1,420 %.

9. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el glifosato como madurante en caña florecida, para aumentar el rendimiento en libras de azúcar por tonelada de caña.
2. Aplicar glifosato en caña florecida, para detener el crecimiento de los brotes laterales, con lo cual aumenta el contenido de sacarosa, puesto que se reduce el desdoblamiento de la misma.
3. Usar el glifosato como madurante en caña florecida, puesto que reduce la cantidad de azúcares reductores en los jugos.
4. Utilizar el glifosato como madurante en caña florecida, puesto que nos proporciona una tasa marginal de retorno del 1,420 %. Lo cual nos indica que por cada quetzal que se invierta en la aplicación de madurantes recuperaremos 14.20 quetzales.
5. Efectuar un estudio aplicando madurantes en caña florecida en diferentes fechas, con respecto a la emisión de la panícula, para determinar si en estados avanzados de la floración la aplicación del madurante ya no es eficiente.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. ARCILA ARIAS, J. 1986. El cultivo de la caña azúcar. Colombia, TECNICAÑA. p. 323-338.
2. BUENAVENTURA O, C.E. 1985. Maduración de la caña de azúcar. Colombia, CENICAÑA. 18 p.
3. _____ 1986. Control de la maduración de la caña de azúcar. Colombia, TECNICAÑA. p. 299 - 308
4. _____ 1986. Evaluación de la aplicación de madurantes químicos en caña de azúcar en Colombia. Colombia, TECNICAÑA. p. 309 - 321
5. CAMPOLLO FIGUEROA, P. S. 1992, Evaluación de cuatro dosis de glifosato aplicado como madurante, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en tres edades. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88 p.
6. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (Col.). 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. ed. Cassalett Dávila, C.; Torres Aguas, J.; Isaacs Echeverri, C. Cali, Colombia, FERIVA. 419 p.
7. EL MADURADOR. Una ayuda al agricultor de la caña de azúcar.

Sin Publicar.
8. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA del cultivo de la caña de azúcar: informe preliminar (con información de doce ingenios). 1995. ed. Mario Melgar, Adlai Meneses. Guatemala, CENGICAÑA. 51 p.
9. GARCIA SANCHEZ, A. et. l. 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 2 ed. Guatemala, CENGICAÑA. 241 p.
10. GODOY MATA, N. E. 1997. Efecto del glifosato como madurante aplicado a diferentes edades y cosechado en distintos periodos post-aplicación en caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. Variedad CP-721210 Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 44 p.
11. GOMEZ ALVAREZ, F. 1983. Caña de Azúcar. 2 ed. Venezuela, Edicampas. 673p.

12. GONZALES RUANO, N. A. 1996. Efecto del Glifosato, Fluazifop butil, Azufre y Sulfato de Potasio en la calidad y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tiquisate, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 51p.
13. LARRAONDO A. J. E.; V. F. 1995. Control y características de maduración. En Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1994. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Colombia, FERIVA. p. 297 - 313.
14. LEONARDO HERNANDEZ, A. R. 1995. Evaluación de cuatro productos químicos como maduradores en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el ingenio Tululá, Cuyotenango, Suchitepéquez, Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 67 p.
15. LETONA LOPEZ, E. A. 1997, Evaluación del ethephon como inhibidor de la floración en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad CP72-1312 en finca Cristóbal, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Investigación inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.
16. LOPEZ PINEDA, RAMIRO ARNOLDO. 1998. Evaluación del efecto de los madurantes glifosato y fluazifop butil en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) cultivar CP-722086, florecida al momento de la aplicación, en la estación experimental Camantulul, Escuintla, durante la zafra 97-98. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43p.
17. MALDONADO, M.; FILIPPI, J. Enero-marzo 1993, Resultados sobre aplicación de madurantes en el ingenio La Unión: zafra 1991 - 1992, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, ATAGUA p. 16 - 19
18. MARTINEZ GALICIA, E. E. 1993. Evaluación del efecto causado por cuatro dosis de Glifosato utilizado como madurante, en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 p.
19. MARTINEZ OVALLE, M. de J. 1999. Fisiología de la maduración en la caña de azúcar. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p. (Correspondencia Personal)
20. MORALES BATISTA, F. 1996. Obtención y selección de variedades de caña de azúcar. Fisiología de la reproducción de la caña de azúcar; Curso Regional Obtención y Selección de Variedades. Cuba, MINÁZ, 16 p

21. ORDOÑEZ CADENAS, G. 1995. Efecto de la edad del cultivo y duración del período post-aplicación sobre la eficiencia de glifosato como madurante en la variedad de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) CP 72-2086, Tiquisate, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86p.
22. ORDOÑEZ CIFUENTES, V. H. 1997. Evaluación del glifosato como madurante en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) bajo 7 diferentes niveles de humedad en el suelo, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68p.
23. SUBIROS RUIZ, F. 1975. El cultivo de la caña de azúcar. Costa Rica, EUNED. 467 p.
24. URRUTIA, V. 1993. Manual sobre características del Glifosato (Roundup). Guatemala, Monsanto. 15 p.
25. VILLEGAS T., F.; ARCHILA A. J. 1995. Uso de madurantes. En: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1994. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Colombia, FERIVA. p. 315 - 335.



Miriam De La Rosa

11. APENDICES

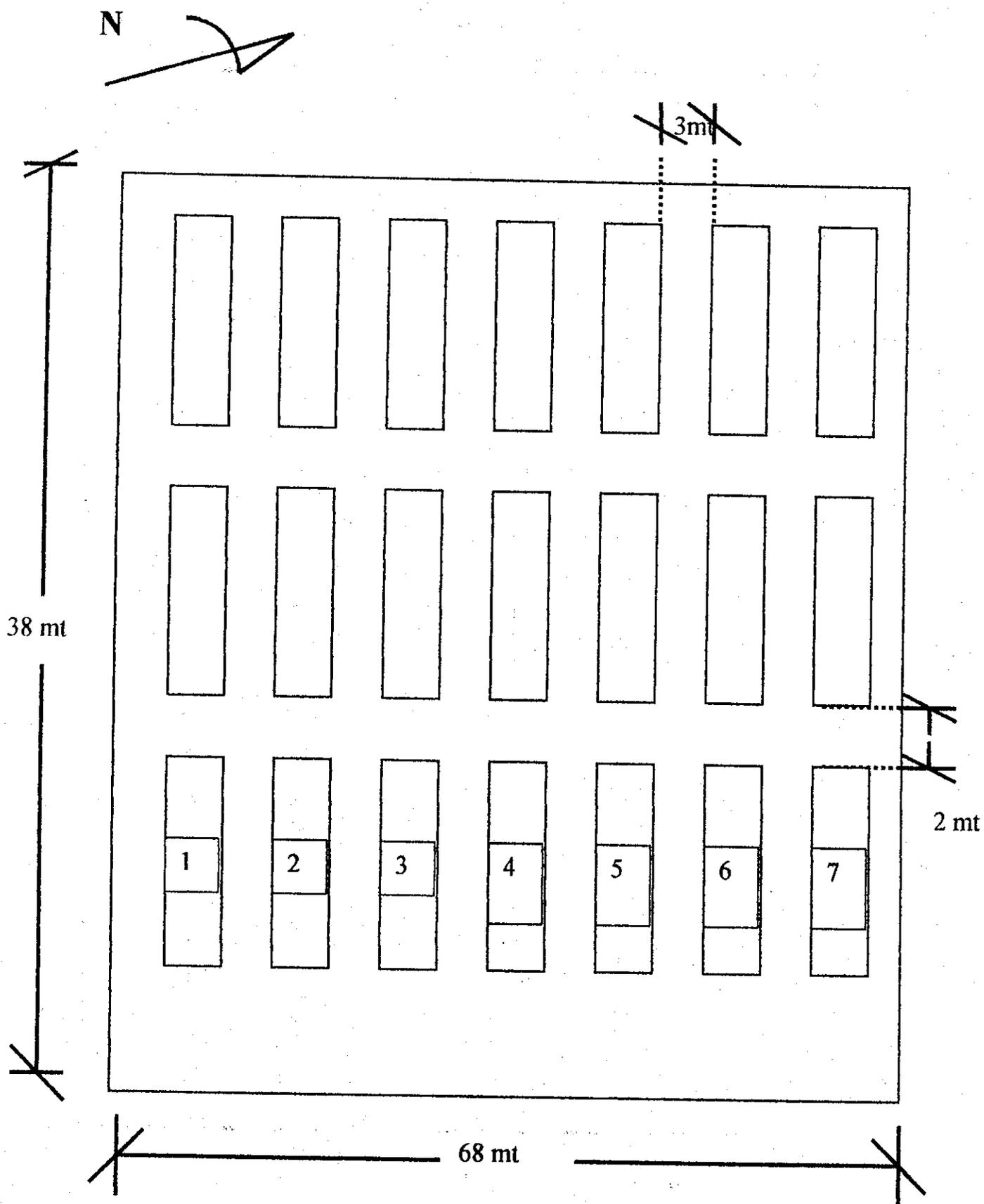


Figura 4 A. Croquis de campo utilizado en el ensayo de madurantes en caña 1998

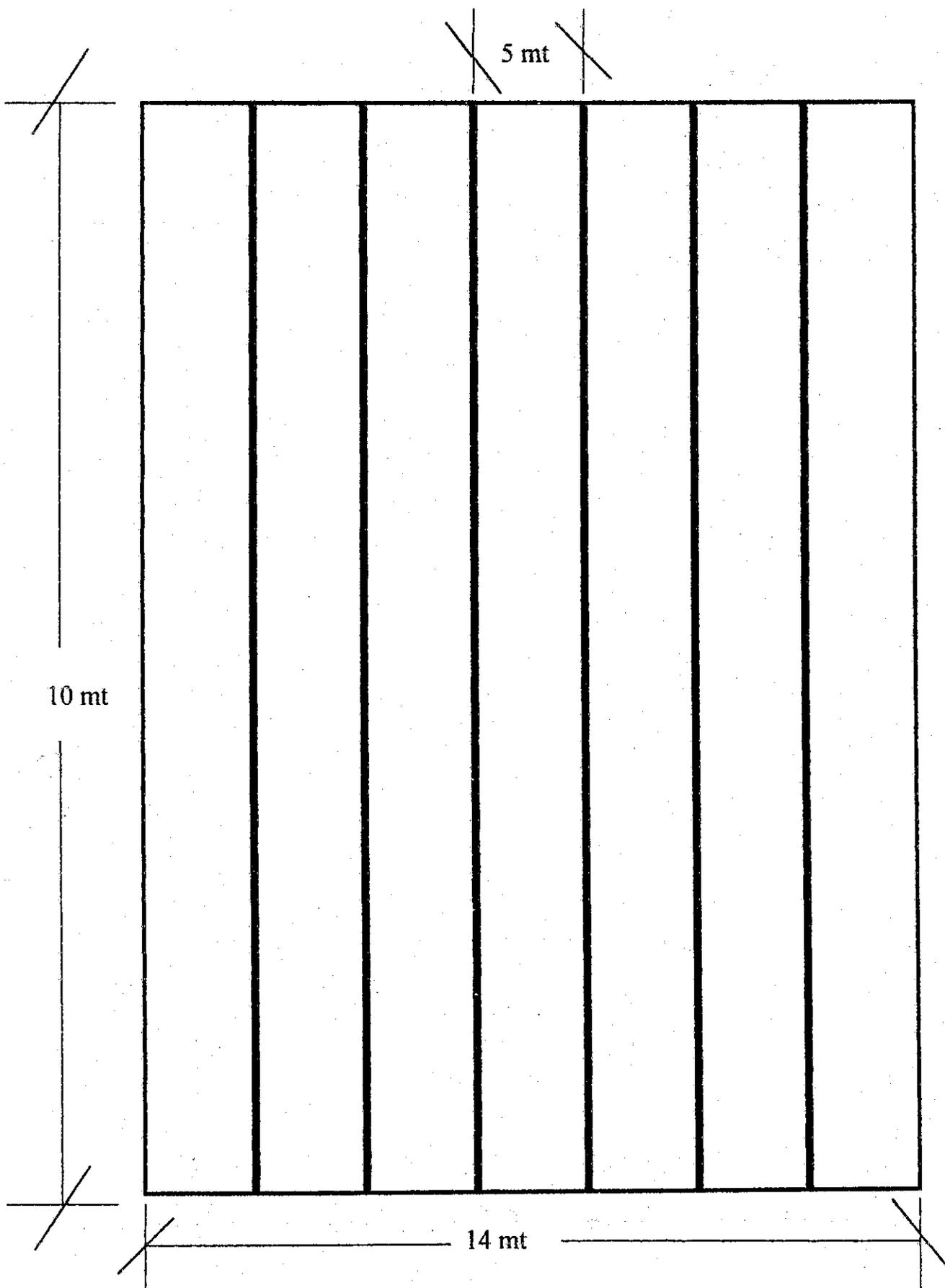


Figura 5 A: Parcela bruta ensayo madurantes en caña 1998

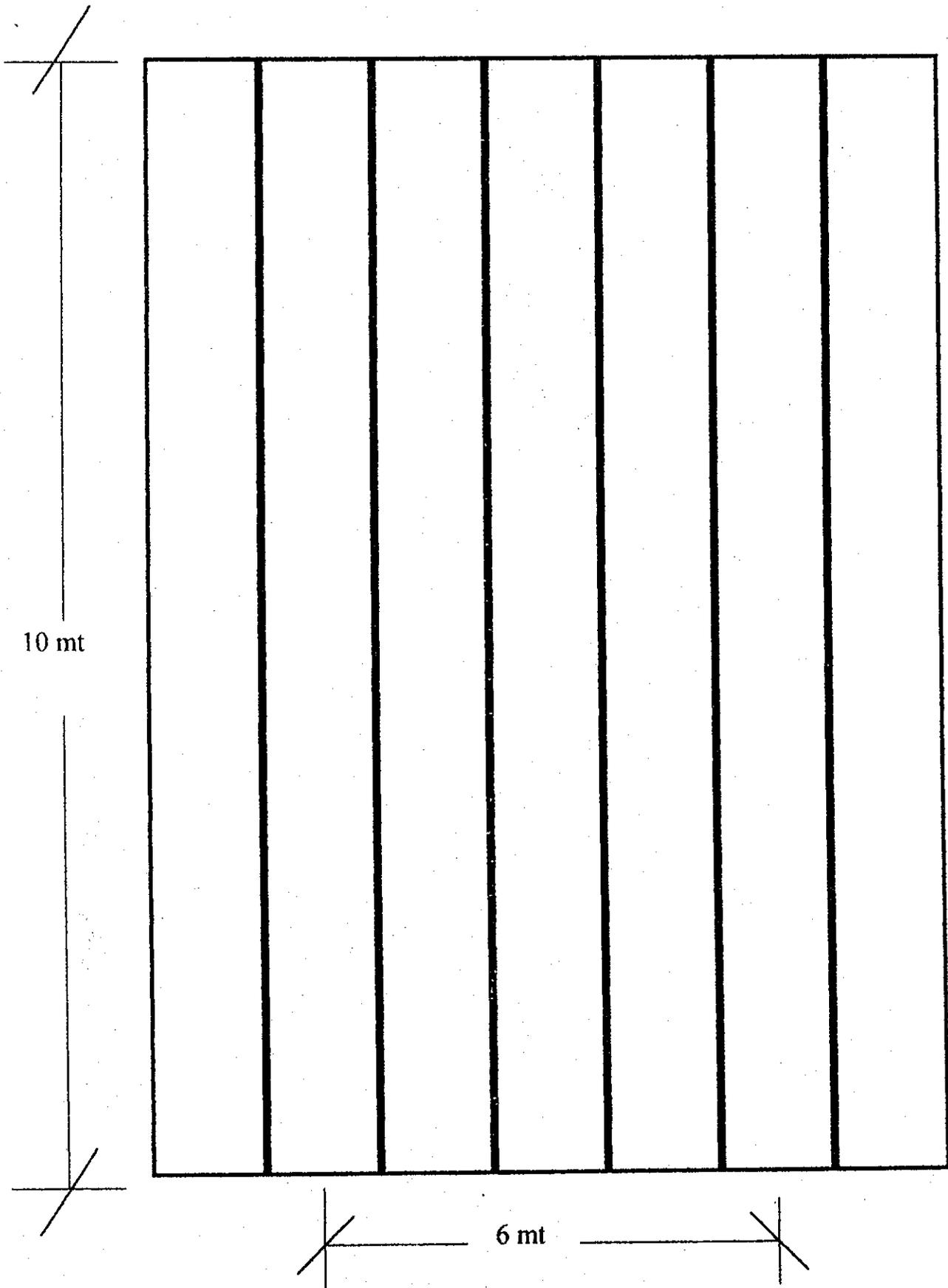


Figura 6 A: Parcela netra ensayo madurantes en caña 1998

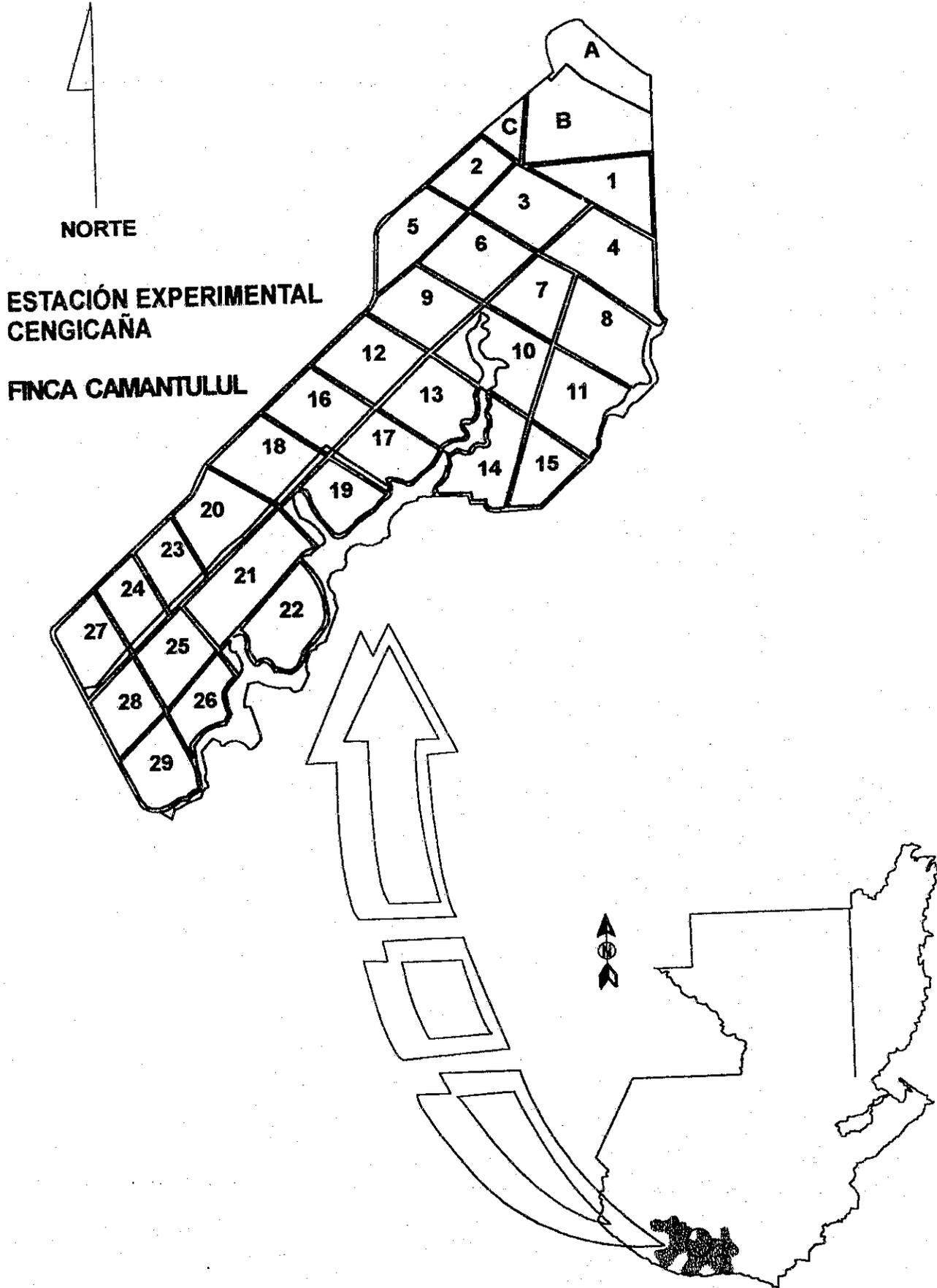


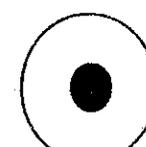
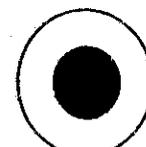
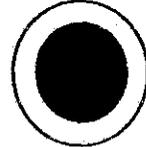
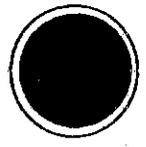
FIGURA 7A: Localización de la estación experimental Camantulul, lugar donde se llevó a cabo el ensayo de madurantes. 1998.

TABLA 15A: Ensayo Madurante Caña Floreada
Boleta para Lectura de Porcentaje de Corcho

No. Parc.															
% de corcho															
No. Ext	Tallo														
1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2		2		2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5		5		5	
Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot	

No. Parc.				No. Parc.				No. Parc.				No. Parc.			
% de corcho															
No. Ext	Tallo														
1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2		2		2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5		5		5	
Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot	

No. Parc.				No. Parc.				No. Parc.				No. Parc.			
% de corcho															
No. Ext	Tallo														
1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2		2		2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5		5		5		5	
Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot		Tot	



ESCALA DE
ACORCHAMIENTO

0-25

25-50

50-75

75-100

RAMIRO ARNOLDO LOPEZ PINEDA
EPS FAUSAC-CENGICAÑA



FACULTAD DE AGRONOMIA
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12
GUATEMALA, CENTROAMÉRICA

LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE DOS MADURANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) APLICADOS EN ESTADO DE FLORACION".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARCO ANTONIO YON QUIYUCH

CARNET No: 9310017

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito
Ing. Agr. Marco T. Aceituno Juárez
Ing. Agr. Carlos Fernández Pérez
Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin Tojón

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

Ing. Agr. M.Sc. Edgar O. Franco Rivera
ASESOR

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA
ING. AGRONOMO
COLEGIADO # 802

Ing. Agr. M.Sc. Alvaro Hernández
DIRECTOR DEL IIA.



[Signature]

Ing. Agr. M.Sc. Manuel de Jesús Martínez O.
ASESOR

I M P R I M A S E

[Signature]

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo
DECANO



cc:Control Académico
Archivo
AH/prr.

Apartado Postal 1,545 Tels.Planta (502) 476-0790 al 4 Tel/Fax (502) 476-9770
E-mail: usacagro.agro@usac.edu.gt

<http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>



