

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**EVALUACION DE HIDROTERMOTERAPIA PARA LA REDUCCION DEL RAQUITISMO
(*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*) BAJO
CONDICIONES DE NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.**



TESIS

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

POR

RAUL ESTIRLING BARNEOND BOLAÑOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,998

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar L.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro A. Hernández F.
VOCAL CUARTO	Br. Oscar Javier Guevara Pineda
VOCAL QUINTO	Br. José Domingo Mendoza C.
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo E. Méndez Beteta

Guatemala, Noviembre de 1,998.

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

Señores Miembros:

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

EVALUACION DE HIDROTERMOTERAPIA PARA LA REDUCCION DEL RAQUITISMO (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) BAJO CONDICIONES DE NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.

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

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo.

Atentamente,


Raúl Estigarribia Barahona Bolaños

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Ser supremo, por la oportunidad de vivir y de alcanzar una meta más en mi vida.
MI PADRE	Héctor Raúl Barneónd Mérida (f) En su memoria le dedico este triunfo.
MI MADRE	Thelma Gladís Bolaños Avila Como recompensa por todo ese amor, confianza y educación moral y sobre todo por su sacrificio; madre mil gracias.
MI TIO	Ricardo Roberto Barneónd M. Pilar importante en mi formación profesional, gracias por sus sabios consejos.
MI HERMANO	Marlon Steven Barneónd Bolaños Por su comprensión y cariño.
MIS AMIGOS	Por la amistad y confianza en el transcurso de mi formación profesional.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO TEORICO PRACTICO DE AGRICULTURA

INSTITUTO NACIONAL EXPERIMENTAL DE EDUCACION MEDIA BASICA CON
ORIENTACION OCUPACIONAL

COLEGIO PARROQUIAL LA INMACULADA

AGRADECIMIENTO

A:

Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García, Ing. Agr. Gustavo Alvarez e Ing. José Víctor Gómez Maldonado; por el apoyo y asesoría recibida en la presente investigación.

Agroindustrias S.A., por medio del Ingenio Tierra Buena por brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de tesis.

La Gerencia y al grupo técnico del Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio Tierra Buena.

Ing. Agr. Werner Ovalle Saénz por la ayuda brindada durante la fase de laboratorio.

CONTENIDO GENERAL

	Pág.
Indice de cuadros.....	xiii
Indice de figuras.....	xiii
Resumen.....	ix
1. Introducción.....	1
2. Definición y justificación del problema.....	2
3. Marco Teórico.....	4
3.1. Marco conceptual.....	4
3.1.1. Cultivo de la caña de azúcar.....	4
3.1.2. Características de la variedad CP73-1547.....	4
3.1.3. Enfermedades más importantes en el cultivo de la caña de azúcar.....	5
3.1.4. Raquitismo de la soca de la caña de azúcar.....	5
3.1.4.A Características del agente causal.....	6
3.1.4.B Importancia de la enfermedad.....	7
3.1.4.C Síntomas.....	7
3.1.4.D Plantas hospederas.....	9
3.1.4.E Diseminación de la enfermedad.....	9
3.1.5. Diagnóstico de la enfermedad.....	10
3.1.5.A Método visual.....	11
3.1.5.B Método del contraste de fases.....	11
3.1.5.C Método de autofluorescencia del metaxilema.....	11
3.1.5.D Método serológico.....	12
3.1.6. Control de la enfermedad.....	12
3.1.6.A Máquina para extracción de yemas.....	14
3.1.6.B Unidad termoterápica.....	14
3.1.7. Propagación vegetativa de caña de azúcar por medio de plántulas a partir de yemas extraídas.....	14
3.1.7.A Extracción de yemas.....	15
3.1.7.B Hidrotermoterapia.....	15
3.1.7.C Germinación.....	16
3.1.7.D Siembra.....	16
3.2. Marco referencial.....	17
3.2.1. Ubicación geográfica.....	17
3.2.2. Clima.....	17
3.2.3. Relieve.....	17
3.2.4. Suelos.....	18
3.2.5. Recurso hídrico.....	18
3.2.6. Fisiografía.....	18
4. Objetivos.....	19
5. Hipótesis.....	20
6. Metodología.....	21
6.1. Tratamientos.....	21
6.2. Diseño experimental.....	21
6.3. Variables de respuesta.....	21
6.4. Manejo del experimento.....	23
6.5. Análisis de la información.....	25
7. Análisis y discusión de resultados.....	26
7.1. Análisis de laboratorio para determinar presencia de (<i>Clavibacter xyli</i> subsp. <i>xyli</i> Davis et al.) al inicio y al final del experimento.....	26
7.2. Altura de planta (centímetros).....	26
7.3. Número de tallos por macolla.....	27
7.4. Diámetro de tallos (milímetros).....	28
7.5. Peso de macollas (kg. por macolla).....	29
7.6. Rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña).....	30
7.7. Producción promedio (toneladas de caña por hectárea).....	31

8. Conclusiones.....	33
9. Recomendaciones.....	34
10. Bibliografía.....	35
11. Apéndice.....	37

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1A. Resultado del diagnóstico de la presencia de (<i>Clavibacter xyli</i> subsp. <i>xyli</i> Davis et al.) al momento del corte.....	37
CUADRO 2A. Resultados del diagnóstico de la presencia de (<i>Clavibacter xyli</i> subsp. <i>xyli</i> Davis et al.) en el material experimental (inicio del experimento).....	38
CUADRO 3A. Andeva sobre la altura de planta (centímetros).....	38
CUADRO 4A. Andeva sobre el número de tallos por macolla.....	38
CUADRO 5A. Andeva sobre el diámetro de tallos (milímetros).....	39
CUADRO 6A. Andeva sobre el peso de macolla (kg. por macolla).....	39
CUADRO 7A. Andeva sobre el rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña).....	39
CUADRO 8A. Datos de las variables medidas al momento del corte.....	40
CUADRO 9A. Datos del análisis de laboratorio al momento del corte.....	41

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Altura de planta (centímetros) para cada uno de los tratamientos desde de los 90 días después del trasplante hasta el momento corte.....	27
FIGURA 2. Número de tallos por macolla para cada uno de los tratamientos desde los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte.....	28
FIGURA 3. Diámetro de tallos (milímetros) para cada uno de los tratamientos desde los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte.....	29
FIGURA 4. Peso de macollas (kg.) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).....	30
FIGURA 5. Rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).....	31
FIGURA 6. Producción promedio (toneladas de caña por hectárea) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).....	32

EVALUACION DE HIDROTERMOTERAPIA PARA LA REDUCCION DEL RAQUITISMO (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) BAJO CONDICIONES DE NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.

EVALUATION OF HYDROTERMOTHERAPY FOR THE REDUCTION OF THE RATOON STUNTING DISEASE (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) ON SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) UNDER CONDITIONS OF NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.

RESUMEN

En Guatemala el área cultivada con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) año con año se ha incrementado lo cual trae como consecuencia la generación de trabajo y divisas para el país.

Las producciones (toneladas de caña por hectárea) y el rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña) deseado básicamente están relacionados con el manejo agronómico del cultivo, por ejemplo: preparación del suelo, siembra, fertilización, control fitosanitario. Sin embargo existen algunas veces problemas en el manejo del cultivo que es un tanto costoso quizá no por falta de capacidad sino por el desconocimiento del problema.

Evidentemente es notorio en la región cañera de Guatemala el problema causado por la bacteria (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) la cual tiene su impacto directamente sobre la producción (toneladas de caña por hectárea), sin embargo anteriormente se le atribuía a otras causas la baja en la producción.

De tal manera que se realizó la evaluación de hidrotermoterapia con la finalidad de observar el comportamiento de la bacteria con respecto a la variación del tiempo de exposición de las yemas de caña de azúcar infectadas a una temperatura de 52 °C.

Sin embargo no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas, en este caso: altura de planta (centímetros) número de tallos por macolla, diámetro de tallos (milímetros), peso de macollas (kg.), rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña) y la incidencia de la enfermedad; por lo tanto aún proporcionando 2 horas consecutivas de

hidrotermoterapia no se logró eliminar la bacteria y de hecho existió presencia de la misma en todos los tratamientos evaluados.

En la evaluación se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 6 repeticiones, como material experimental se estudio la variedad CP73-1547 y se llevó a cabo en la finca Puyumate, Nueva Concepción, Escuintla.

1. INTRODUCCION

En Guatemala el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en las últimas dos décadas ha aumentado considerablemente. En los últimos tres años se observa que para la zafra del período 94-95 se cosecharon 138,600 Hectáreas. y se exportó el 54.48% del azúcar producida; para la zafra 95-96 se cosecharon 149,755 Hectáreas y se exportó el 67.9% del azúcar producida y para la zafra 96-97 se cosecharon 153,738 Hectáreas y se exportó el 48.73% del azúcar producida. Siendo esto una fuente generadora tanto de trabajo como de divisas para el país (5).

Es importante mencionar que los niveles de producción (toneladas por hectárea) y de rendimiento (Kg de azúcar por tonelada) de un cañaveral dependen mucho del manejo del cultivo, entre los cuales se puede mencionar: plagas, enfermedades, fertilización, riego, malezas, técnicas de cultivo, madurantes y otros.

Actualmente en las distintas zonas cañeras del país existe, problemas con enfermedades, dentro de las cuales el raquitismo, cuyo agente causal es la bacteria (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.) es de suma importancia por el efecto negativo que produce especialmente en la producción (toneladas por hectárea). Dicha enfermedad se concentra principalmente en el metaxilema del sistema vascular de la planta y puede llegar a causar pérdidas de hasta un 60% de la producción (8).

El raquitismo se transmite mecánicamente por medio de la herramienta de corte y la incidencia de la enfermedad se incrementa en cada soca. La planta se ve afectada en su crecimiento, presenta entrenudos cortos, tallos delgados; y en donde existe mayor evapotranspiración y poca humedad en el suelo los síntomas son más evidentes (10).

La importancia del presente estudio fue llegar a buscar una solución para la eliminación de la bacteria, mediante la utilización de tratamientos hidrotérmicos a las yemas, previo a la realización de los semilleros, y como consecuencia de ello obtener caña de azúcar libre de bacteria; ya que la renovación de cañaverales se hace a partir de dichos semilleros.

2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

La importancia del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Guatemala esta dada por la generación de fuente de trabajo que ofrece en la zona Sur del país y por la generación de divisas.

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es afectado por el raquitismo, cuyo agente causal es la bacteria (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.). Esta bacteria se reproduce y se concentra en el sistema vascular de la planta y causa un taponamiento de los haces vasculares lo cual impide que exista una normal absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo (8).

El problema es severo en lugares donde existe poca humedad en el suelo y alta evapotranspiración, causando problemas en la planta, tales como: desarrollo deficiente, entrenudos cortos, tallos delgados y lo más importante reducción de la producción de caña por unidad de área.

El raquitismo se transmite por medio de las herramientas de corte y como resultado de ello los niveles de bacteria aumentan en cada soca, llegando a causar pérdidas de hasta un 60% de la producción (8).

Es importante hacer mención que la enfermedad se presenta tanto en lotes comerciales como en semilleros y por lo tanto la semilla que se utiliza en la renovación de los cañaverales ya va infectada con la bacteria; y siendo los semilleros la fuente de inóculo es en esta fase en donde se hace más fácil y más barato producir caña sana, ya que los semilleros comerciales provienen de semilleros primarios los cuales se establecen con yemas tratadas hidrotermicamente, por lo tanto en esta fase es posible obtener un mejor control de la enfermedad.

De tal manera que es importante establecer medidas de producción de semilleros libres de la bacteria los cuales se utilizarán en las renovaciones de cañaverales comerciales, y de esta manera contrarrestar los efectos negativos en la producción.

Por el impacto que tiene esta bacteria sobretodo en la producción (toneladas de caña por hectárea) se hizo necesaria la evaluación mediante la implementación de un método de control físico, aplicando la hidrotermoterapia, lo cual consistió en exponer yemas extraídas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a una temperatura de 52 °C, a diferente tiempo de exposición con el objeto de eliminar la bacteria en la planta; y de esta manera llegar a obtener semilleros libres de la enfermedad.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

La caña de azúcar es una gramínea originaria de la India. En China apareció 800 años antes de Cristo y se utilizaba para el pago de tributos y contribuciones. 300 años antes de Cristo, Alejandro El Grande llevó la caña de azúcar a Europa (Sicilia, Italia y España), aunque su cultivo se estableció mucho tiempo después (hasta el año 703 de nuestra era) (13).

El 1493 Cristóbal Colón, en su segundo viaje, introdujo la caña al continente Americano, siendo en la isla de la Hispaniola (ahora República Dominicana), donde se fabricó azúcar por primera vez (1509) (13).

Se le atribuye a Pedro de Alvarado la introducción de la caña de azúcar a Guatemala. Los primeros trapiches se establecieron cerca de San Jerónimo, Baja Verapaz. Luego se extendió hasta el Sur, desde Antigua Guatemala hasta Escuintla y Santa Rosa (13).

3.1.2 Características de la variedad CP73-1547

Sus progenitores CP66-1043 X CP56-63 (3).

Posee hábito de crecimiento erecto, sin deshoje natural, escasa cantidad de follaje, capacidad de macollamiento intermedio, 75% de floración, tipo de nudo cilíndrico, protuberancia intermedia del anillo de crecimiento (11).

La banda de raíces con 3 hileras al lado de la yema (LY) y 3 al lado opuesto de la yema (LOY), arreglo al tresbolillo y un ancho de 9 mm al lado de la yema (LY) y de 7 mm al lado opuesto de la yema (LOY) con una protuberancia lisa (11).

La forma de la yema aproximadamente redonda con alas y con protuberancia prominente, con proyección al mismo nivel respecto al anillo de crecimiento y a la cicatriz foliar (11).

El entrenudo de forma constreñida, con 30 mm de diámetro, una longitud de 15 cm., tipo de crecimiento en zig-zag, banda cerosa abundante, diámetro menor respecto al nudo, canal de la yema con profundidad casi superficial y 1/5 del largo del entrenudo (11).

La vaina de la hoja verde claro, con una longitud de 36 cm. de textura coracea, con cerosidad intermedia, presencia de afate intermedia así como también la adhesión al tallo. La lámina foliar verde claro con un largo de 175 cm., un ancho de 4.5 cm, un índice foliar de 38.9 (número de veces que el ancho de la hoja cabe en el largo de la misma), forma de crecimiento decumbente en el ápice con margen aserrado fino. Forma de la aurícula lanceolada corta, forma de la lígula deltoide. Protuberancia de la cicatriz foliar intermedia. El último cuello visible café con superficie lisa (11).

3.1.3 Enfermedades más importantes en el cultivo de la caña de azúcar

Entre las 85 enfermedades de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se consideran como las más importantes; el raquitismo (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.), el escaldado de la hoja (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson), el carbón (*Ustilago scitaminea* H. Sydow), estriado rojo (*Pseudomonas rubrilineans* (Lee et al) Stapp), mancha de ojo (*Helminthosporium sachari* ((Butl, apud. Butl y Kahn) Shoemaker), corazón negro (*Ceratocystis paradoxa* (Dade) C. Moreau), pudrición roja (*Glomerella tucumanensis* Speg), enfermedad de Fiji (virus) y el mosaico (virus) (17).

3.1.4 Raquitismo de la soca de la caña de azúcar

Esta enfermedad fue registrada por primera vez en Australia en el año de 1945 y el Colombia en 1961 (9).

El agente causal de dicha enfermedad es la bacteria (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.), es una enfermedad de importancia económica por el efecto negativo que tiene sobre la producción de caña de azúcar, ya que esta asociada a factores ambientales tales como; precipitación pluvial, evapotranspiración, tipo de suelo, pudrición de raíces y reacción varietal (10).

Esta bacteria se localiza principalmente en los vasos del xilema del tallo, evitando el movimiento de agua y nutrientes, la cual bajo condiciones de baja humedad del suelo origina un pobre desarrollo de los entrenudos del tallo (10).

La enfermedad se encuentra en casi todas las áreas donde se cultiva caña de azúcar en el mundo. Por muchos años se pensó que el raquitismo era causado por un virus, debido a las características de la enfermedad. Trabajos realizados en 1973 indicaron que una bacteria del grupo corineforme podría ser el agente causal (17).

En 1984 en un trabajo sobre la taxonomía y caracterización del raquitismo se propuso un nuevo género *Clavibacter*, para designar al agente causal del raquitismo y bacterias corineformes relacionadas; también se propuso la especie *xyli* y subsp. *xyli* para llamar al agente causal del raquitismo (9).

3.1.4.A Características del agente causal

El organismo causal (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.), es una pequeña bacteria corineforme que mide 0.25 x 0.5 x 10 μm . con longitudes de 10 μm , es pleomórfica, no produce esporas, es gram-positiva, presenta bastones rectos o curvos, divididos por formaciones de septas y contienen mesosomas. Las paredes de la célula bacterial contiene ácido 2,4-diaminobutírico, ácido glutámico, glicina y alanina. Las colonias en medio de cultivo son circulares con márgenes enteros (diámetro de 0.1-0.3 mm), convexa y brillante. Su óptimo desarrollo ocurre entre 26-30 °C; no crece hasta los 32 °C. Las colonias producen gradualmente un color blanco que se intensifica con la edad del cultivo. Produce fermentación ácida oxidativa de glucosa, maltosa, almidón y dextrina. Existe la formación de catalasa y acetona (1).

3.1.4.B Importancia de la enfermedad

Se postula que el raquitismo de las socas en los últimos 50 años ha causado grandes pérdidas en todas las partes de la agroindustria cañera que cualquier otra enfermedad. Se presume también que esta enfermedad sea la causante de la eliminación de muchas variedades comerciales como variedades promisorias que han sido afectadas grandemente en los procesos de selección debido a la susceptibilidad a la enfermedad (4).

El patógeno se transmite fácilmente en forma mecánica y puesto que toda la caña para siembra se corta, la diseminación es muy rápida y en pocos años los niveles de infección llegan a ser muy altos. El rendimiento se reduce en forma considerable, especialmente la soca y es necesario cambiar cultivares. En Australia, donde se demostró primero que el problema era una enfermedad, el cultivar susceptible Q28, que produjo más de 800,000 toneladas en 1948, pronto llegó a ser de menor importancia debido a la enfermedad. Se cree que muchos de los cambios en cultivares en las áreas cañeras del mundo, se deben en gran parte a la presencia del raquitismo en los mejores cultivares (17).

En Luisiana informaron de un incremento en el rendimiento del 33% para la primera cosecha y del 86% para la primera soca, al eliminar la enfermedad. En Colombia informaron de pérdidas en rendimiento del 70% en el cv EPC - 33833 para la primera cosecha (17).

La mayor incidencia del raquitismo de la soca se encuentra en suertes (lotes o pantes) con el mayor número de cortes (8).

4.1.4.C Síntomas

Los síntomas de esta enfermedad son: retardo en el crecimiento, reducción de la longitud de tallos y entrenudos causados por el déficit de agua y nutrientes que sufre la planta, al producirse un taponamiento en los vasos del metaxilema por la multiplicación de la bacteria en ellos; tomando en cuenta que estos síntomas pueden variar de acuerdo a la variedad, condiciones del cultivo y edad (9).

La caña enferma puede ser especialmente susceptible a la falta de humedad y en algunos cultivares la caña enferma se marchita más rápidamente que la caña sana. Una decoloración interna se asocia usualmente con el raquitismo. En las cañas maduras enfermas de muchos cultivares, hay una decoloración rojiza del sistema vascular, a nivel de los nudos. En cañas muy jóvenes de algunos cultivares, los nudos son rosados. El color puede variar de naranja a café rojizo. El color de los síntomas es bastante variable y se deben conocer los colores del material sano. Pueden ocurrir portadores de la enfermedad sin síntomas y algunos otros factores pueden causar la decoloración de los tejidos vasculares de la caña de azúcar; entonces al encontrar una decoloración rojiza del tejido vascular no es un diagnóstico positivo de la enfermedad. Actualmente, la diagnosis positiva del raquitismo se basa en detectar la presencia de la bacteria corineforme por medio del microscopio de fase o inoculando una planta indicadora sensitiva como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) o el cultivar de caña Q28 (17).

En algunos casos este tipo de sintomatología puede deberse a la interacción de cualquiera de los siguientes factores: suelos pobres (de muy baja fertilidad), preparación inadecuada del suelo, fertilización inadecuada, bajo contenido de humedad del suelo, drenaje deficiente, salinidad, etc. (4).

Variedades susceptibles a la enfermedad presentan a menudo una germinación lenta y errática; teniendo como resultado la obtención de resultados insatisfactorios en cuanto a producción (toneladas por hectárea) se refiere, lo cual también esta en función de la susceptibilidad de cada variedad. (4).

A nivel de laboratorio, los tallos afectados presentan internamente un síntoma que consiste en la presencia en algunos casos de una coloración rojiza en forma de "coma" en la base de los entrenudos, los cuales se observan al realizar cortes longitudinales del tallo (8).

Cuando existe en el suelo déficit de humedad las hojas de las plantas enfermas se enrollan en los bordes como en el ápice de las mismas (4).

3.1.4.D Plantas hospederas

Se ha investigado sobre el límite de hospederos, principalmente con la esperanza de encontrar una planta que muestre síntomas para diagnóstico, pero también con el objeto de determinar el papel de otras plantas que pueden servir como fuentes de la bacteria. Se han encontrado un número de hospederos que incluyen el maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum vulgare* L.), y numerosas malezas gramíneas que se encuentran comúnmente en los campos de caña. El pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) fue descrito por Matsuoka (1972) como una planta indicadora útil, en la cual los síntomas aparecen 20-30 días después de la inoculación (17).

3.1.4.E Diseminación de la enfermedad

Es conocido que uno de los medios de diseminación más importante de la enfermedad de una planta infectada a una planta sana o de una plantación a otra es a través del corte mecánico de los tallos (10).

Esto ocurre porque la herramienta se impregna de jugo infectado e inocula el agente causal en los tallos sanos. Se ha encontrado que la bacteria puede permanecer viva en la herramienta de corte hasta por cuatro días (10).

Teniendo en cuenta que a un cultivo de caña de azúcar en particular se le pueden efectuar varios cortes antes de que ese campo sea renovado, es de esperar que a partir de cierto nivel de infección, la enfermedad se incrementa después de cada corte (10).

Otro factor importante de transmisión de la bacteria causal del raquitismo de la soca de la caña de azúcar es por medio de semilla vegetativa infectada, por lo cual el método de control más utilizado es el tratamiento térmico con aire caliente, vapor aireado o agua caliente; sin embargo en ocasiones no ocurre la eliminación completa del patógeno incrementándose nuevamente la enfermedad en el siguiente corte (9).

La bacteria se encuentra en todas las partes de la planta de la caña de azúcar y se transmite fácilmente por medios mecánicos. Jugo de plantas enfermas a diluciones de 1/25,000 es infeccioso. Las máquinas que se usan para la cosecha también transmiten el patógeno. El hombre es el agente primario para la diseminación de la bacteria. No hay evidencia de transmisión a través de la semilla verdadera y no se conoce insecto vector (17).

Trabajos recientes en Africa del Sur han demostrado que (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.); puede permanecer viable e infeccioso en el suelo hasta por tres meses en el tejido muerto como resultado de la eliminación de la plantación (renovaciones), y que puede infectar nuevas plantaciones.(4)

En Cuba se ha demostrado que los roedores (ratas específicamente) son capaces de transmitir la enfermedad. Es también probable que otros animales como los zorros y perros al masticar tallos infectados con la enfermedad logren diseminar la misma dentro del mismo campo o entre campos adyacentes (4).

3.1.5 Diagnóstico de la enfermedad

La eficacia de los métodos de diagnóstico es uno de los factores más importantes que se debe de tener en cuenta para el control del raquitismo de la soca de la caña de azúcar, porque a través de ellos se puede evaluar la incidencia en los campos, la efectividad de los tratamientos de los semilleros establecidos en los ingenios y la evolución de la enfermedad a través del número de cortes y prácticas de manejo del cultivo (8).

La enfermedad es de difícil diagnóstico por cuanto no siempre presenta síntomas específicos. Uno de los sistemas de diagnóstico más usado consiste en la observación directa de síntomas internos en los nudos del tallo. Sin embargo, este método es muy impreciso y por lo tanto se han adoptado otras técnicas de laboratorio, como son la de contraste de fase y la autofluorescencia del metaxilema en la diagnosis de la enfermedad (8).

3.1.5.A Método visual

Consiste en la observación de cortes longitudinales de la base de los tallos, determinando la presencia del síntoma interno del raquitismo de la soca de la caña de azúcar, el cual se caracteriza por la formación de una coloración anaranjada-rojiza en forma de "comas" en la base de los nudos (8).

3.1.5.B Método del contraste de fases

Es un método rápido y requiere de un microscopio compuesto con condensador de contraste de fase, consiste en la observación directa del jugo de la caña obtenido por presión positiva en donde se pueden apreciar las células bacterianas características (8).

Sin embargo presenta algunas desventajas como son las de que el análisis de la muestra se requiere sea lo más rápido posible para evitar que se sequen los tallos y se multipliquen otro tipo de bacterias que impiden una fácil observación al microscopio. En ocasiones se requiere experiencia para distinguir la bacteria que por su morfología es de aspecto parecido con otras que se encuentran en el jugo bajo evaluación (8).

3.1.5.C Método de autofluorescencia del metaxilema

En este método se pueden utilizar las mismas muestras de tejido de entrenudos utilizadas por el sistema de contraste de fases; este consiste en exponer el material afectado frente a la luz ultravioleta. Sin embargo, este método requiere de equipo costoso y personal capacitado, lo cual hace que su aplicación sea restringida a algunos laboratorios y no se encuentre al alcance de todos los cultivadores de caña de azúcar. Tiene la ventaja que el tejido puede ser analizado varios días después de cortadas las muestras sin sufrir ningún deterioro; es más sensible que el método de contraste de fase debido a que muestras con muy baja concentración bacteriana, ofrecen una buena reacción de autofluorescencia del metaxilema (8).

3.1.5.D Método serológico

Desde 1978 varios investigadores han trabajado con el método serológico y han obtenido antisueros específicos contra la bacteria causal del raquitismo de la soca y los han utilizado en la técnica indirecta de anticuerpos fluorescentes.

Recientemente se utilizó el antisuero contra el raquitismo de la soca en la prueba de hemaglutinación y se encontró que ésta es más rápida que la prueba de inmunofluorescencia. Otros métodos serológicos como la prueba de aglutinación de látex y la técnica de Elisa se han utilizado ampliamente en el estudio de virus y hongos fitopatógenos (8).

3.1.6 Control de la enfermedad

Uno de los factores más importantes para el control de una enfermedad, es además de conocer los síntomas, tener métodos adecuados de diagnóstico para poder establecer el grado de infección del campo a evaluar y así establecer las medidas de control adecuadas (11).

Básicamente uno de los métodos de control de la enfermedad consiste en el tratamiento térmico de la semilla asexual con vapor aireado a una temperatura de 54 °C por un tiempo de 4 horas, otro método consiste en la exposición de la semilla al aire caliente a una temperatura de 54 °C por un tiempo de 8 horas y por último el método de inmersión de la semilla en agua caliente a una temperatura de 52 °C con una duración de tiempo de 1 hora (19).

Sin embargo algunas veces estos métodos no ofrecen un control total de la enfermedad, por lo que se considera que su presencia se incrementa en los siguientes cortes, por lo que se recomienda un tratamiento químico de la herramienta de corte al momento de entrar a los cafiverales; para este tratamiento se puede utilizar algunos productos tales como el Vanodine (complejo de yodo-etanol nonil-fenol, Polioxi etileno-propileno) y Sanivet (O-fenil fenol, O-bencil-P-clorofenol, P.Omilfenol terciario) al 0.1% durante 10 segundos, esto introduciendo la herramienta en la solución (11).

Para la herramienta de corte puede utilizarse también amonio cuaternario compuesto, ethanol al 50% y flameo. En el caso de las sustancias químicas la herramienta deberá estar en contacto por lo menos por 5 minutos (4).

El control de la enfermedad por uso de variedades resistentes, hasta el momento, no es viable, por falta de las mismas. La termoterapia o sea, la inactivación del agente etiológico por el calor en el sistema actual, ha sido una práctica hasta cierto punto paliativa en el control de la enfermedad. En ese método tradicional los tallos enteros o individualizados son tratados térmicamente pero cierto porcentaje de los mismos permanece enfermo lo que proporciona en el vivero secundario una completa contaminación. Los motivos de este fracaso pueden ser los siguientes:

a. Grande variación del diámetro del tallo dentro de la misma variedad. En estudios sobre la transmisión de calor en tallos de una y dos yemas, se verificó que el diámetro es más importante que su largura, concluyéndose que tallos más delgados reciben más rápidamente, en su centro, el calor suficiente para inactivar el agente etiológico del raquitismo de las socas que aquellos de diámetro más grueso.

b. Los tallos de caña de azúcar son pobres conductores de calor. Es de suponer que cuando envueltos por la cáscara el problema se agrava mucho más, pues la naturaleza de la misma varía de variedad en variedad.

c. Variedades con hábitos de crecimiento erectos, cuando sus tallos son colocados en las cestas para ser tratados térmicamente, forman una masa compacta que además de dificultar la circulación de agua por entre los mismos, aquellos localizados en el centro de las cestas no reciben tratamiento adecuado.

d. Como el tratamiento térmico es hecho en material voluminoso, el equipamiento para la termoterapia es de gran porte, imposibilitando, de esta forma, un perfecto control y precisión de temperatura.

Con el descubrimiento del método de la inmunofluorescencia se ha aumentado el número de candidatos que se pueden proteger en un programa de selección de variedades, lográndose identificar variedades potenciales que tienen alta tolerancia a la enfermedad (4).

3.1.6.A Máquina para extracción de las yemas

Es un motor-reductor que acciona un dispositivo que hace llegar el tallo cortado longitudinalmente hasta la herramienta de corte que aísla el disco conteniendo la yema. Conectado con esa herramienta de corte, existe un tubo fijo, de 22 milímetros de diámetro, por el cual las yemas aisladas van fluyendo hasta llegar al recipiente de colecta. Después del aislamiento, esas yemas deben ser seleccionadas para descarte de aquellas defectuosas y taladradas o barrenadas (14).

3.1.6.B Unidad termoterápica

Construida en chapas de acero inoxidable con aislación térmica en lana de vidrio. De capacidad variable, siendo el agua calentada por resistencias eléctricas. Para el control de la temperatura está equipada de un termómetro de contacto de mercurio y relay, conjunto ese que proporciona una precisión de 0.1°C. La circulación del caudal es hecha a través de bomba centrífuga de inmersión, eléctrica, trifásica, de 220 V (voltios) y 0.12 C.V. (caballos de vapor) (14).

3.1.7 Propagación vegetativa de caña de azúcar por medio de plántulas a partir de yemas extraídas

La extracción de yemas de caña de azúcar y su germinación es una técnica que data a principios del año de 1970. Brasil desarrolló la técnica de extracción de yemas para producir un material uniforme y adecuado para el tratamiento de agua caliente para contrarrestar la bacteria del raquitismo de la soca (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al.) (16).

En Australia, la evaluación de siembras por medio de plántulas comparada con siembras convencionales de trozos de cañas o esquejes data desde principios del año de 1980. En este país, estudios reportan que la mejor distancia entre plántulas es de 0.7 m y 1.4 m entre surcos (16).

Experimentos conducidos en el Centro de Investigación de la Caña en Colombia CENICAÑA inician al comparar siembras de plántulas provenientes de yemas extraídas (0.8 m entre plantas y 1.5 m entre surcos con siembras convencionales a 12 m al bandereo, a 18 m de bandereo y al paso (el sembrador bota un esqueje cada vez que da un paso) (16).

El uso de plántulas provenientes de yemas extraídas tiene relevancia para la multiplicación acelerada de una variedad promisoría con proyección de uso en plantaciones comerciales (16).

3.1.7.A Extracción de yemas

Se puede realizar mediante máquinas sencillas operadas manualmente o máquinas automatizadas que permiten obtener desde unas 200 a 300 yemas por hora hasta unos 750 a 1,000 yemas por hora con un solo operario (16).

Ambos sistemas extraen en un cilindro de tallo de 20 a 25 milímetros de diámetro al cual van adheridas las yemas. el largo del cilindro puede ser todo el diámetro de la caña o la mitad (16).

3.1.7.B Hidrotermoterapia

Las especificaciones para el control de raquitismo son el tratamiento de agua caliente a 51 °C por 2 horas.; aunque la germinación puede reducirse hasta un 50%. Un pretratamiento de 10 minutos a 52 °C y 12 horas después tratamiento de 1 hora en agua a 52 °C mejoran la germinación de la semilla. En semilla sin tratar se obtienen germinaciones arriba del 95% (16).

3.1.7.C Germinación

Existen diferentes formas de hacer germinar las semillas todas con buenos resultados. El método brasileño es hacer tablonces de 1 m de ancho y 0.25 m de profundidad y largo variable. El sustrato de germinación arena de textura media a gruesa, este método no utiliza materia orgánica para evitar microorganismos que puedan afectar la germinación. Los discos conteniendo las yemas se colocan sin ningún espaciamiento entre ellos y se cubren con una capa de arena de 1 cm. Con este sistema se pueden hacer germinar 800 yemas por metro cuadrado. El otro método que da buenos resultados es por medio de bandejas de plástico con agujeros individuales de 1 ¼" de diámetro y 2 ½" de largo con un sustrato compuesto de partes iguales de arena, cachaza y tierra negra previamente desinfectada, las yemas se cubren con una capa de 1 cm de sustrato. De los sistemas, el último ofrece plantas más vigorosas y fácil de manejarlas (16).

Los cuidados en la fase de vivero son riegos adecuados evitando que las plantas estén bajo condiciones extremas de humedad. La fertilización se puede realizar por medio de abonos foliares o convencionales disueltos en agua (16).

3.1.7.D Siembra

Las plántulas se trasladan del vivero para el campo definitivo entre las 6 y 8 semanas de edad, cuando estas alcanzan aproximadamente 30 cm de altura. Los distanciamientos de siembra entre 50 y 80 cm entre plántulas dan resultados comparables a siembras comerciales (16).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Ubicación geográfica

La finca Puyumate se ubica al Norte del Municipio de Nueva Concepción, Escuintla; a una distancia de 130 Km. de la ciudad capital sobre la carretera que conduce de Cocales hacia la Nueva Concepción, y 3.75 Km. de la carretera asfaltada hasta el casco de la finca (2).

Se localiza a una altura de 90 msnm, a una Latitud Norte de 14°17'53" y una Longitud Oeste de 91°14'47" (2).

Limita al Norte con la finca Cuntán y la finca Bandurria; al Sur con las fincas Alcoy, Los Laureles, El Mico, Kapzín, La Gloria, El Manantial y Luisiana; al Este con la carretera asfaltada y al Oeste con el río Madre Vieja (2).

3.2.2 Clima

Según el sistema de clasificación de Holdridge la zona de vida pertenece al bosque húmedo sub-tropical cálido (bmh-Sc) (6).

El clima de la zona según el sistema de clasificación climático de Thornthwaite presenta las siguientes características: cálido sin estación fría bien definida, húmedo y con invierno seco (6).

3.2.3 Relieve

El relieve de la finca es semiplano a suavemente ondulado con la mayoría de lotes nivelados para ser regados por gravedad (2).

3.2.4 Suelos

Pertenece a los suelos de la serie Tiquisate franco. El material madre esta compuesto de ceniza de aluvión volcánico de color oscuro, relieve casi plano, drenaje interno moderado. El suelo superficial es gris muy oscuro franco arenoso fino a franco suelto, espesor de 40-50 cm. El subsuelo café claro, consistencia de friable a suelta, textura franca arenosa a franca arenosa fina (15).

La capacidad de uso, según Tobías están clasificados en suelos clase I, II y III (18).

3.2.5 Recurso hídrico

Las fuentes de agua que se utilizan en la finca son las del río Madre Vieja, río Seco, río Negro y río Puyumate (nacimiento) (2).

3.2.6 Fisiografía

La finca Puyumate esta ubicada en la región fisiográfica del litoral del pacífico, el cual es considerado como un llano semiplano que ocupa relieves suavemente inclinados (12).

4. OBJETIVOS

- a. Comparar el efecto del tiempo de exposición a hidrotérmodoterapia de las yemas de caña de azúcar sobre la incidencia de la enfermedad causado por (Clavibacter xyli subsp. xyli Davis et al.).

- b. Determinar el efecto de los tratamientos hidrotérmicos sobre las variables: altura de planta (centímetros), número de tallos por macolla, diámetro de tallos (milímetros), peso de macollas (kg.) y rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña).

5. HIPOTESIS

- a. **No existe diferencia significativa en la incidencia de la enfermedad en plantaciones establecidas con yemas extraídas y sometidas a diferentes tiempos de exposición a hidrotermoterapia.**

- b. **No existe diferencia significativa sobre la altura de planta (centímetros) número de tallos por macolla, diámetro de tallos (milímetros), peso de macollas (kg.) y el rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña) en plantaciones establecidas con yemas extraídas y sometidas a diferentes tiempos de exposición a hidrotermoterapia.**

6. METODOLOGIA

6.1 Tratamientos

T1 = 0.5 horas de exposición a 52 ° C.

T2 = 1.0 horas de exposición a 52 °C.

T3 = 1.5 horas de exposición a 52 °C.

T4 = 2 horas de exposición a 52 °C.

T5 = Testigo

6.2 Diseño experimental

Para realizar el estudio, se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y seis repeticiones. Las dimensiones del área experimental fueron las siguientes:

Parcela neta: 90 metros cuadrados

Parcela bruta: 90 metros cuadrados

Area neta del experimento: 2700 metros cuadrados

Número de unidades experimentales: 30

Cada unidad experimental con un área de 90 metros cuadrados y compuesta por 5 surcos distanciados 1.5 m entre sí y 12 m de largo; entre cada tratamiento existió un surco muerto (1.5 m) y entre cada repetición una distancia de 5 m, totalizando 75 plantas por unidad experimental.

6.3 Variables de respuesta

El modelo estadístico utilizado para el análisis de las variables fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = rendimiento asociado a la i,j-ésima unidad experimental

μ = valor de la media general

α_j = efecto de tratamientos

β_i = efecto de bloques

ϵ_{ij} = error experimental

Las variables evaluadas durante la investigación fueron: altura de planta (centímetros), número de tallos por macolla, peso de macollas (kg.), diámetro promedio de tallos (milímetros), rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña), producción (toneladas de caña por hectárea) y la incidencia de (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.).

Para evaluar la altura de planta se utilizó una cinta métrica y se midió desde la base del tallo hasta el último cuello visible; la población se determinó contando el número de tallos por macolla y el diámetro de tallos se tomó utilizando un calibrador vernier (pie de rey). Esto se hizo en 10 macollas de caña por unidad experimental en cada tratamiento, las cuales fueron seleccionadas al azar e identificadas.

En el caso del rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña) se tomaron 5 tallos al azar por unidad experimental los cuales luego de pesados fueron ingresados al laboratorio del Ingenio para su análisis respectivo.

Para determinar la producción (toneladas de caña por hectárea) se cortaron las 10 macollas que habían sido identificadas en cada unidad experimental las cuales posteriormente se pesaron.

Para determinar la incidencia de la enfermedad se llevaron al laboratorio de CENGICAÑA 10 tallos por unidad experimental y se observaron las muestras en el microscopio de contraste de

fases únicamente estableciendo como positiva o negativa la muestra.

6.4 Manejo del experimento

Para estar plenamente seguros de que la semilla a utilizar en la evaluación estaba infectada con la bacteria se realizó un muestreo al inicio del experimento (análisis previo) para determinar la incidencia de la enfermedad; por lo tanto se hizo dos tipos de muestreo en el lote, uno dirigido y otro al azar, para lo cual se tomaron 10 cañas por hectárea con una longitud de 80 cm. cortadas al ras del suelo (en esta parte se concentra en mayor cantidad la bacteria) para cada uno de los muestreos, las que luego se llevaron al laboratorio de Fitopatología de CENGICAÑA en donde por medio del método de contraste de fases se determinó la presencia de la enfermedad (incidencia de la enfermedad) únicamente identificando a cada muestra (en este caso el jugo extraído de cada caña) como muestra positiva o negativa ya que no existe un método que nos ayude a cuantificar la población de bacteria por campo de observación al microscopio.

Se prepararon los semilleros (vivero) en la finca Barranquilla, compuestos por una mezcla de cachaza, tierra y arena en proporción 1:1:1. Al suelo se le aplicó un fertilizante compuesto 18-46-0 a razón de 195.45 kg. por hectárea más insecticida al suelo en este caso terbufos (Terbugran 5%) a razón de 31.82 kg. por hectárea.

Luego se cortó la semilla de caña en la finca Puyumate, cada maletín (paquete de semilla) estuvo compuesto de 30 esquejes de 50-60 centímetros de longitud con 4-5 yemas cada uno.

Los paquetes de semilla se trasladaron a la planta de tratamiento térmico localizada en finca Barranquilla en donde se realizó la extracción de yemas utilizando la desyemadora eléctrica, con una capacidad de extracción entre 700-900 yemas por hora por operador.

Seguidamente se procedió a realizar el tratamiento térmico a las yemas proporcionando el tiempo necesario para cada uno de los tratamientos evaluados. En este caso lo que varió fue el tiempo de exposición al agua caliente ya que la temperatura fue constante a 52 °C.

Luego se procedió a realizar la siembra de las yemas ya tratadas, la cual se hizo sembrando las mismas en hileras pegadas unas con otras. Después de esto se les aplicó a las yemas una solución de Captan y carboxín (Vitavax 300) a una dosis de 2%. Después se cubrió la semilla dejando una capa de suelo de 2 centímetros.

Seguido a la siembra se aplicó un riego y los riegos posteriores se proporcionaron según los requerimientos de humedad del suelo.

Se efectuaron podas cada 8 días iniciando la primera a los 25 días después de la siembra, para su efecto se utilizó una tijera podadora. La fase de vivero duró 50 días.

Dos días antes de realizar la siembra al terreno definitivo se aplicó herbicida pre-emergente utilizando 0.16 kg. por hectárea de Hexazinona (Velpar 90 SP) más 2.14 litros por hectárea de Pendimethalina (Prowl 500 EC) y 1.95 kg. por hectárea de Atrazina (Gesaprim 90 WDG).

A los 50 días después de la siembra en el vivero se efectuó el trasplante a campo definitivo dejando una distancia de 0.8 m entre planta y 1.5 m entre surco. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 5 surcos de 12 m de largo (15 plantas por surco) y 7.5 m de ancho con un total de 90 metros cuadrados, con un total de 75 plantas por unidad experimental.

Al momento de la siembra se aplicó fertilizante compuesto utilizando 18-46-0 (fosfato monoamónico) a razón de 195.45 kg. por hectárea (dosis utilizada en el Ingenio), el mismo se depositó al fondo del agujero. Cinco días después del trasplante se aplicó insecticida al suelo en este caso terbufos (Terbugran 5%) a razón de 31.82 kg. por hectárea depositando el mismo al pie de cada plántula.

A los 40 días después del trasplante se realizó un arranque manual de caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* Lour) (maleza de mayor incidencia en el cultivo de la caña de azúcar) sobre el surco de caña. El resto de limpiezas se realizaron cuando fue necesario.

A los 50 días después del trasplante se realizó cultivo-abono a razón de 195.45 kg. por hectárea de 46-0-0 (urea) (dosis utilizada en el Ingenio).

A los 70 días después del trasplante se realizó una aplicación de herbicida post-emergente utilizando 1.36 kg. por hectárea de Diuron (Karmex 80 DF) más 0.32 kg. por hectárea de Hexazinona (Velpar 90 SP).

Se realizaron lecturas de altura de planta (centímetros), número de tallos por macolla y diámetro de tallos (milímetros) a los 90, 120, 150, 180, 210 días después del trasplante y al momento de la cosecha.

Se efectuó un muestreo para determinar la incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados, para tal caso se tomaron 10 tallos de cada unidad experimental (los tallos marcados al azar a los cuales se les tomo las lecturas de cada variable) y fueron analizados en el laboratorio de Fitopatología de CENGICAÑA. A estas cañas cortadas se les determinó el peso para agregarlo al peso obtenido al momento de la cosecha. Este muestreo se realizó previo a cosechar el ensayo.

La cosecha se efectuó en Abril de 1,997 a los 9 meses de edad del cultivo (se hizo a esta edad para enciclar a la variedad, ya que es de maduración temprana). Al momento de la cosecha se tomaron 5 cañas por unidad experimental. Las muestras tomadas de cada unidad experimental se llevaron al laboratorio en donde se les hizo sus respectivos análisis (pureza, fibra, PCC, grados Poll, grados Brix). A las cañas se les tomó el peso para sumarlo a cada tratamiento correspondiente. La caña cosechada fue pesada en cada parcela, en tal caso se pesaron 10 macollas por unidad experimental (las macollas marcadas al azar a las cuales se les tomo las lecturas de cada variable).

6.5 Análisis de la información

A los datos de las variables evaluadas se les efectuó análisis de varianza.

7. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

7.1 Análisis de laboratorio para determinar presencia de (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis et al) al inicio y al final del experimento

Del diagnóstico del laboratorio del material experimental (inicio del experimento), el muestreo al azar presentó un 90% de incidencia de la enfermedad y el muestreo dirigido presentó un 100% de incidencia de la enfermedad (cuadro 2A).

Mientras que en el diagnóstico de laboratorio al momento del corte (final del experimento) todas las muestras resultaron positivas (cuadro 1 A.). Por lo tanto se logró observar mayor cantidad de bacteria en los tratamientos 1 (0.5 hora de tratamiento térmico), 2 (1 hora de tratamiento térmico) y 5 (testigo); en el tratamiento 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) menos cantidad de bacteria comparado con los anteriores tratamientos y el tratamiento 4 (2 horas de tratamiento térmico) que presentó menor cantidad de bacteria; esto al momento de observarse cada una de las muestras en el microscopio de contraste de fases. Esto de tal manera nos permite poder tomar una decisión sobre el tratamiento a seguir utilizando para posteriores estudios en donde eliminar la bacteria es el objetivo.

7.2 Altura de planta (centímetros)

La altura promedio general fue de 251 centímetros con un coeficiente de variación de 10.88%. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > F = 0.1413$, ver cuadro 3 A); lo cual significa que la hidrotermoterapia no influyó sobre el crecimiento de la planta.

Las lecturas se realizaron mensualmente a partir de los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte. Se logró observar que el crecimiento se mantuvo relativamente igual para los tratamientos. Para ello se realizó el análisis de varianza pero no existió diferencia significativa. La tendencia del crecimiento en altura es similar en todos los tratamientos según se puede apreciar en

la figura 1.

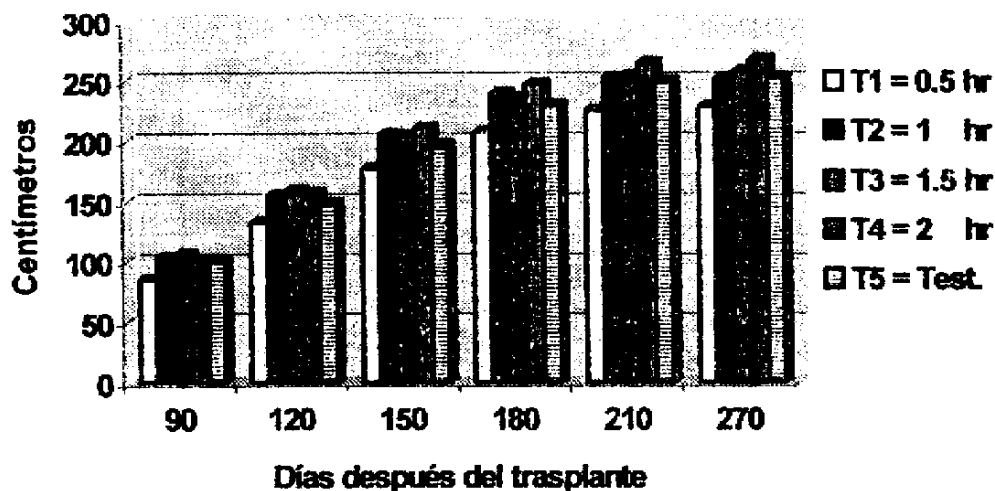


Figura 1. Altura de planta (centímetros) para cada uno de los tratamientos desde los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte.

7.3 Número de tallos por macolla

El promedio general del número de tallos por macolla fue de 9, con un coeficiente de variación de 10.11%. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($Pr > F = 0.3697$, ver cuadro 4 A), lo que nos indica que la hidrotermoterapia no influyó sobre el número de tallos.

Las lecturas se realizaron mensualmente a partir de los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte. Hasta los 210 días después del trasplante la tendencia del número de tallos fue similar para cada uno de los tratamientos, pero al momento del corte la población se redujo ya que por ejemplo; los tratamientos 1 (0.5 hora de tratamiento térmico) y 5 (testigo) presentaron 10 tallos por macolla y los tratamientos 2 (1 hora de tratamiento térmico), 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) y 4 (2 horas de tratamiento térmico) presentaron 9 tallos por macolla, (según se observa

en la figura 2). La capacidad de macollamiento (producción de hijos) se inicio a partir de los 120 días después del trasplante alcanzando su mayor capacidad a los 180 días después del trasplante, mientras que a los 210 días después del trasplante se mantuvo y la misma empezó a declinar al momento del corte (270 días después del trasplante); lo cual se da por los diferentes factores entre ellos: competencia de agua, luz, espacio y nutrientes.

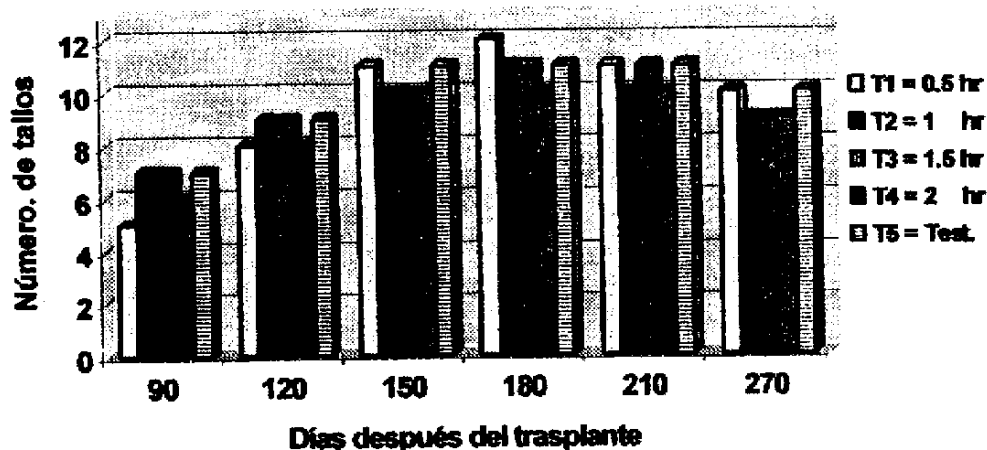


Figura 2. Número de tallos por macolla para cada uno de los tratamientos desde los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte.

7.4 Diámetro de tallos (milímetros)

El diámetro de tallos, presentó un promedio de 30 milímetros por tallo y un coeficiente de variación de 3.84%; no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($Pr > F = 0.4382$, ver cuadro 5 A), lo que indica que la hidrotermoterapia no influyó sobre el diámetro del tallo; ya que por característica varietal esta presenta diámetro promedio de 30 milímetros.

Mensualmente a partir de los 90 días después del trasplante hasta el momento del corte (270 días después del trasplante) se realizaron las lecturas de diámetro de tallo. El mismo se incremento a partir de los 120 días después del trasplante y se mantuvo constante hasta el momento del corte (270 días después del trasplante), ya que por ejemplo los tratamientos 1 (0.5

hora de tratamiento térmico), 2 (1 hora de tratamiento térmico), 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) y 4 (2 horas de tratamiento térmico) presentaron un diámetro de 30 milímetros; mientras que el tratamiento 5 (testigo) presentó un diámetro de 29 milímetros (ver figura 3).

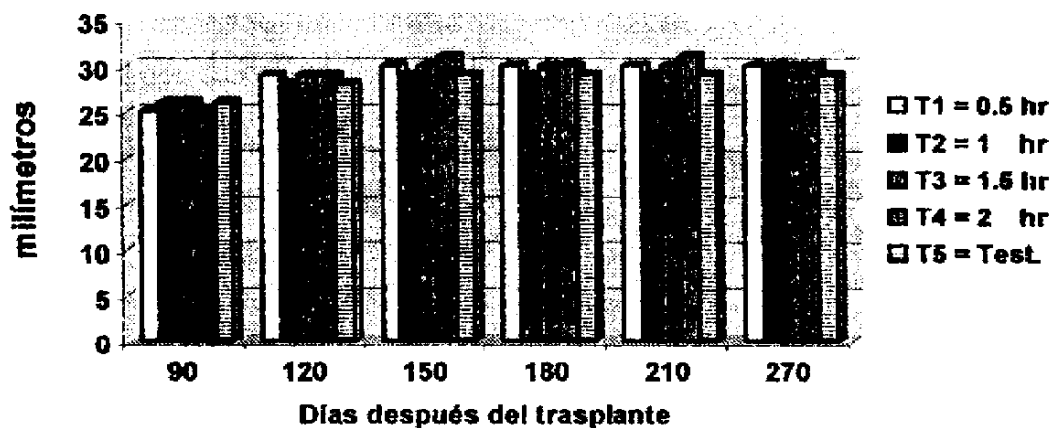


Figura 3. Diámetro de tallos (milímetros) para cada uno de los tratamientos desde los 90 días después Del trasplante hasta el momento del corte.

7.5 Peso de macollas (kg. por macolla)

El promedio general por macolla fue de 9.55 kg. y presentó un coeficiente de variación de 18.17%, así mismo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($Pr > F = 0.7965$, según lo indica el cuadro 6 A) esto debido a que la hidrotermoterapia no logró eliminar la bacteria.

Al momento del corte (270 días después del trasplante), se pesaron las 10 macollas (las identificadas desde el inicio) por unidad experimental. Existió variación entre todos los tratamientos; ya que para los tratamientos 1 (0.5 hora de tratamiento térmico) y 5 (testigo) se obtuvo un peso promedio de 9.55 kg. por macolla; para los tratamientos 2 (1 hora de tratamiento térmico) y 4 (2 horas de tratamiento térmico) un peso promedio de 9.09 kg. y para el tratamiento 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) un peso promedio de 10 kg. por macolla (ver figura 4).

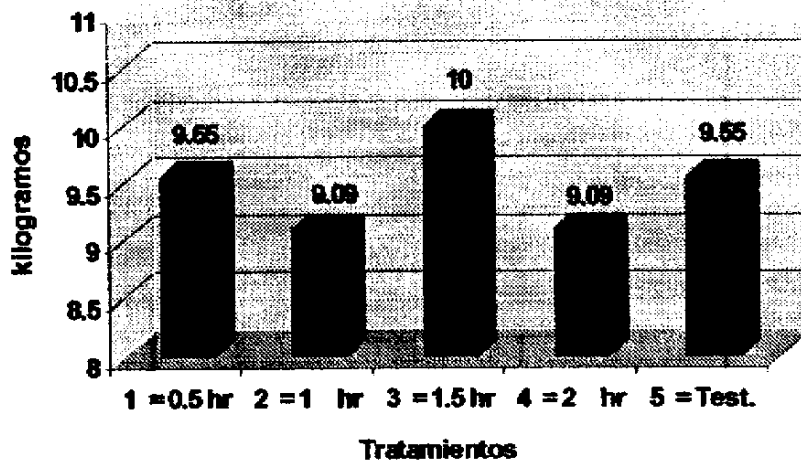


Figura 4. Peso de macollas (kg.) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).

7.6 Rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña)

El coeficiente de variación fue de 10.19% con un rendimiento promedio de 121.49 kg. de azúcar por tonelada. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($Pr > F = 0.5069$, ver cuadro 7 A).

El tratamiento 1 (0.5 hora de tratamiento térmico) presentó un rendimiento de 113.64 kg. de azúcar por tonelada de caña, el tratamiento 2 (1 hora de tratamiento térmico) un rendimiento de 121.36 kg. de azúcar por tonelada de caña, el tratamiento 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) un rendimiento de 125 kg. de azúcar por tonelada de caña, el tratamiento 4 (2 horas de tratamiento térmico) un rendimiento de 124.55 kg. de azúcar por tonelada de caña y con el tratamiento 5 (testigo) un rendimiento de 122.73 kg. de azúcar por tonelada de caña (ver figura 5). Aunque no existen diferencias significativas entre tratamientos existe una tendencia de mayor rendimiento en los tratamientos 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) y 4 (2 horas de tratamiento térmico); aunque en la teoría la bacteria únicamente causa efectos negativos en la producción (toneladas de caña por hectárea).

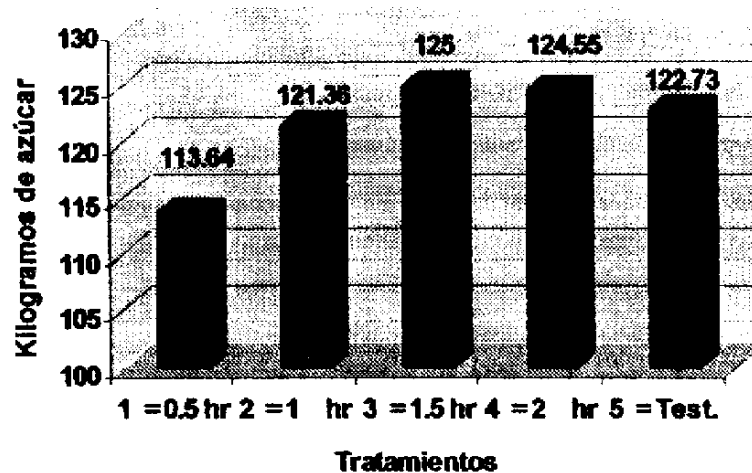


Figura 5. Rendimiento (kg. de azúcar por tonelada) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).

7.7 Producción promedio (toneladas de caña por hectárea)

Tomando el peso de macolla para cada uno de los tratamientos y partiendo de utilizar una distancia de siembra de 0.8 m entre planta (distanciamiento utilizado en semillero), se tendría entonces 8333 plantas por hectárea; por lo tanto con fines de producción de semilla se puede determinar la cantidad obtenida por hectárea para cada uno de los tratamientos evaluados.

Para este caso con los tratamientos 1 (0.5 hora de tratamiento térmico) y 5 (testigo) se obtuvo una producción promedio de 87.50 toneladas de caña por hectárea, con los tratamientos 2 (1 hora de tratamiento térmico) y 4 (2 horas de tratamiento térmico) una producción promedio de 83.33 toneladas de caña por hectárea y con el tratamiento 3 (1.5 horas de tratamiento térmico) una producción promedio de 91.67 toneladas de caña por hectárea (ver figura 6).

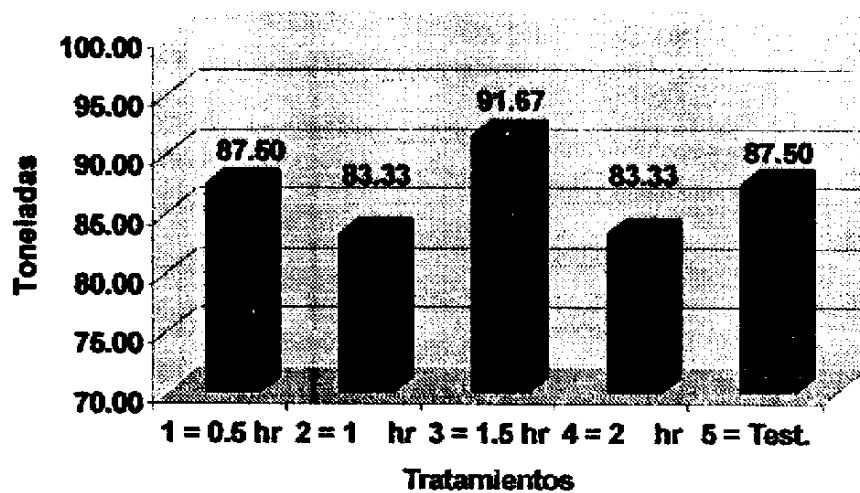


Figura 6. Producción promedio (toneladas de caña por hectárea) para cada uno de los tratamientos al momento del corte (270 días después del trasplante).

8. CONCLUSIONES

- 8.1 El tiempo de hidrotérmodoterapia aplicada a yemas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para eliminar (*Clavibacter xyli subsp. xyli Davis et al.*) no produjo diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas: altura de planta (centímetros), número de tallos por macolla, diámetro de tallos (milímetros), peso de macollas (kg.), rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña), e incidencia de la enfermedad.
- 8.2 Existe presencia de bacteria (*Clavibacter xyli subsp. xyli Davis et al.*) en todos los tratamientos evaluados y sometidos a diferentes tiempos de exposición; por lo tanto el rango de temperatura y los tiempos de exposición utilizados en la hidrotérmodoterapia no lograron eliminar la bacteria.
- 8.3 Se logro determinar que aún proporcionando 2 horas consecutivas de tratamiento hidrotérmico a 52°C no ocasiona consecuencias perjudiciales en ninguna de las variables evaluadas.

9. RECOMENDACIONES

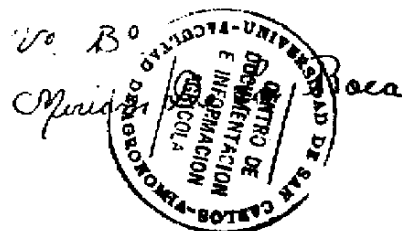
9.1 Aplicar otros rangos de temperaturas y tiempos de exposición en yemas de caña de azúcar para lograr evaluar el efecto tanto sobre la bacteria como variables de producción.

9.2 Darle seguimiento a la evaluación hasta por cinco ciclos para obtener mayor evidencia del efecto de la bacteria sobre las características de la caña, considerando que los métodos de diagnóstico aún no permiten cuantificar población de bacteria y en consecuencia evaluar la duración del comportamiento de los tratamientos aplicados sobre las yemas de caña de azúcar; ya que es de esperar que a mayor número de cortes mayor será el efecto de la bacteria sobre el cultivo.

10. BIBLIOGRAFIA

1. DAVIS, M. J. et al. 1984. *Clavibacter*: A new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*, sp. nov., subsp. nov. and *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis* subsp. nov., pathogens that cause ratoon stunting disease of sugar cane and bermuda grass stunting disease. *International Journal of Systematic Bacteriology*. (EE.UU.) 34 (2): 107-117.
2. FAJARDO, J. W. 1993. Diagnóstico general de la finca Puyumate del Ingenio Tierra Buena, Nueva Concepción, Escuintla. Investigación inferencial E.P.S. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 35 p.
3. FUENTE MACHADO, G. R. 1994. Sugarcane variety notes and international directory. Piracicaba, Brasil, Cooperativa de Productores de caña de azúcar y Alcohol del Estado de Sao Paulo. 57 p.
4. GLYN J. 1996. A review of ratoon stunting disease. *International Sugar Journal*. (EE.UU). 98 (1174): 532-545.
5. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. DEPARTAMENTO DE ESTADISTICAS. 1997. Estadísticas económicas de producción, exportación, importación y precios de los principales productos agrícolas. Guatemala. p. 11.
6. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. s.f.. Atlas de Guatemala; mapa de regiones fisiográficas. Guatemala. Esc. 1:100,000. Color.
7. GUZMAN R. et al. 1987. El diagnóstico del raquitismo de la soca en semilleros de caña de azúcar. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, TECNICAÑA. tomo 1, p. 217-230.
8. GUZMAN, M. L.; VICTORIA K., J. 1990. Incidencia del raquitismo de la soca en semilleros de la caña de azúcar. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (3., 1990, Cali, Colombia); Congreso Asociación de Técnicos Azucareros de América Latina y del Caribe (1., 1990, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, TECNICAÑA. tomo 1, p. 167-176.
9. JIMENEZ, L. J.; FERNANDEZ, B. 1987. Distribución, incidencia y comparación fenotípica de cepas de *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*, causante del raquitismo del retoño de la caña de azúcar en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* (C.R.) 11 (1): 103-108.

10. OCHOA B., O. et al. 1987. Diseminación del raquitismo de la caña de azúcar mediante herramienta de corte. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Colombia, TECNICAÑA. tomo I. P. 209-216.
11. OROZCO, H.; SOTO, G.J. 1996. Morfología de las variedades de caña de azúcar *Saccharum spp.* importantes de Guatemala y de variedades en evaluación regional grupo CGVO. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento Técnico no. 7. 36 p.
12. REYES S., W. A. 1994. Evaluación de diferentes secuencias de labores para el control de malezas en caña de azúcar *Saccharum spp.* Investigación Inferencial EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 21 p.
13. SARAVIA R., M. E. 1990. Cultivos tradicionales de exportación. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales. 243 p.
14. SILVA, W. M. DA. 1979. Termoterapia en yemas aisladas para control del raquitismo de las socas. *In* Congreso Centroamericano de Técnicos Azucareros (2., 1975, Guatemala). Memoria. Guatemala, ATAGUA. p. 85-91.
15. SIMMONS, C.H.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José Pineda Ibarra. 1000 p.
16. SOTO, G. J.; OROZCO, H. Propagación vegetativa de caña de azúcar por medio de plántulas a partir de yemas extraídas, una alternativa para la multiplicación rápida de variedades. Escuintla, Guatemala, Centro Nacional Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar. 12 p.
- Sin Publicar.
- Presentado en: Exposición Agroindustrial del Sur (1., 1995, Escuintla, Gua)
17. THURSTON, H. D. 1989. Enfermedades de cultivos en el trópico. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 232 p.
18. TOBIAS, H. 1986. Clasificación de capacidad de uso de la tierra. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 12 p.
19. VICTORIA K., J; GUZMAN, M. L.; OCHOA, O. 1987. Control químico y físico del raquitismo de la soca de la caña de azúcar. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2., 1987, Cali, Colombia). Memorias TECNICAÑA. tomo 1. p. 231-236.



Cuadro 2 A . Resultado del diagnóstico de la presencia de (*Clavibacter xyli subsp. xyli* Davis et al.) en el material experimental (inicio del experimento).

No. Muestra	Tipo de muestreo			
	Muestreo al azar		Muestreo dirigido	
	(+)	(-)	(+)	(-)
1	X		X	
2	X		X	
3	X		X	
4	X		X	
5	X		X	
6		X	X	
7	X		X	
8	X		X	
9	X		X	
10	X		X	

Cuadro 3 A. Andeva de altura de planta (centímetros).

FUENTE	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
TRAT.	4	50,30.53	1,257.63	1.95	0.1413
REPET.	5	12,162.30			

Coefficiente de variación (C.V.): 10.88 %
 Altura promedio: 251 centímetros

Cuadro 4 A. Andeva del número de tallos por macolla.

FUENTE	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
TRAT.	4	4.80	1.20	1.13	0.3697
REPET.	5	5.46			

Coefficiente de variación (C.V.): 10.11 %
 Número de tallos promedio 9 tallos

Cuadro 5 A. Andeva del diámetro de tallos (milímetros).

FUENTE	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
TRAT.	4	5.02	1.30	0.98	0.4382
REPET.	5	16.26			

Coefficiente de variación (C.V.): 3.84 %
 Diámetro de tallos promedio 30 milímetros

Cuadro 6 A. Andeva del peso de macolla (kilogramos).

FUENTE	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
TRAT.	4	23.80	5.95	0.41	0.7965
REPET.	5	576.27			

Coefficiente de variación (C.V.): 18.17 %
 Peso de macolla promedio 21 kilogramos

Cuadro 7 A. Andeva del rendimiento (kg. de azúcar por tonelada de caña)

FUENTE	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
TRAT.	4	2,541.20	635.30	0.86	0.7965
REPET.	5	6,045.06			

Coefficiente de variación (C.V.): 10.19 %
 Rendimiento promedio: 121.49 kg. de azúcar por tonelada de caña

Cuadro 8 A . Datos de las variables medidas al momento del corte.

Tratamiento	Repetición	Altura (centímetros)	Población (número de tallos por macolla)	Diámetro de tallos (milímetros)	Peso (kgs)	Rendimiento (kgs de azúcar por tonelada)
1	1	266	9	31	11.36	126.73
	2	276	9	31	11.36	121.36
	3	170	13	29	11.36	80.00
	4	228	9	31	7.27	124.27
	5	270	11	31	11.36	109.36
	6	156	10	28	5.45	119.73
2	1	280	10	30	11.82	111.55
	2	270	10	29	12.27	113.73
	3	227	10	31	6.82	134.18
	4	246	8	30	7.73	132.82
	5	261	9	31	8.18	119.18
	6	225	8	28	7.27	116.64
3	1	263	11	30	12.27	116.64
	2	289	10	32	12.73	134.73
	3	275	8	31	9.55	128.18
	4	237	10	32	11.36	140.18
	5	261	9	28	8.18	122.82
	6	217	9	28	6.82	108.00
4	1	276	10	30	11.82	105.73
	2	301	9	31	10.91	129.45
	3	277	9	32	10	112.00
	4	235	8	29	5	147.64
	5	259	9	30	8.18	120.91
	6	254	9	30	9.1	132.00
5	1	285	10	29	13.64	129.09
	2	254	10	29	13.64	114.45
	3	247	9	29	8.18	107.27
	4	261	9	31	6.82	124.18
	5	217	10	29	5.91	129.36
	6	250	9	28	8.18	132.82

Cuadro 9 A. Datos del análisis de Laboratorio. Abril 1997.

Tratamiento	Repetición	Brix	Poll	Fibra	pcc	Pureza
1	1	20.63	18.56	9.86	15.94	89.97
	2	20.41	18.02	10.61	15.35	88.29
	3	16.33	12.80	11.45	10.80	78.38
	4	20.59	18.19	9.61	15.67	88.34
	5	19.38	16.43	10.40	14.03	84.78
	6	20.20	17.87	10.94	15.17	88.47
2	1	19.09	16.93	11.54	14.27	88.69
	2	19.50	16.91	9.99	14.51	86.72
	3	22.46	19.54	9.98	16.76	87.00
	4	23.035	19.72	11.60	16.61	84.45
	5	20.49	17.84	11.11	15.11	87.07
	6	20.18	17.40	10.54	14.83	86.22
3	1	19.77	17.27	9.87	14.83	87.35
	2	21.93	19.67	10.25	16.82	89.69
	3	21.32	18.79	10.10	16.10	88.13
	4	22.37	20.22	9.59	17.42	90.39
	5	20.26	18.30	11.04	15.51	90.33
	6	19.27	16.12	9.63	13.88	83.65
4	1	18.78	16.05	10.92	13.63	85.46
	2	21.19	19.16	11.04	16.24	90.42
	3	19.67	16.92	11.17	14.32	86.02
	4	23.46	21.36	10.38	18.24	91.05
	5	20.92	17.87	10.15	15.30	85.42
	6	21.65	19.45	19.89	16.52	89.84
5	1	20.92	18.98	10.42	16.20	90.73
	2	19.60	17.18	10.91	14.59	87.65
	3	19.17	16.25	10.89	13.80	84.77
	4	21.20	18.41	10.74	15.66	86.84
	5	21.69	19.08	10.76	16.23	87.97
	6	21.72	19.51	10.68	16.61	89.83



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

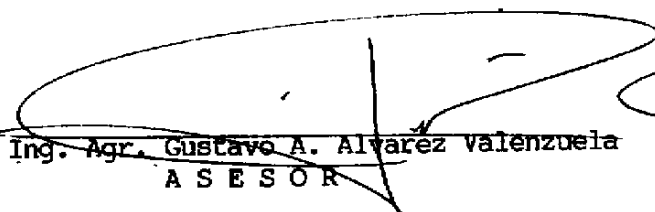
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE HIDROTERMOTERAPIA PARA LA REDUCCION DEL RAQUITISMO (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli*) EN LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) BAJO CONDICIONES DE NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA".

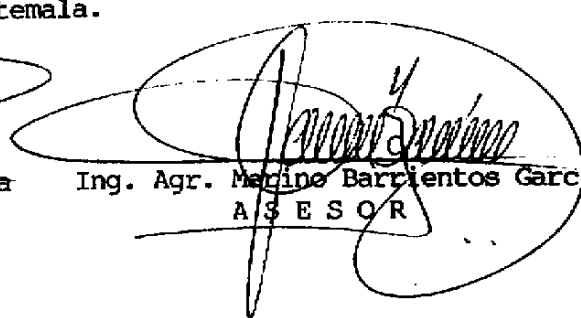
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RAUL ESTERLING BARNEOND BOLAÑOS

CARNET No: 9014549

HA SIDO DESARROLLADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Ing. Agr. José H. Calderón Díaz
Ing. Agr. Edil René Rodríguez Q.

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.

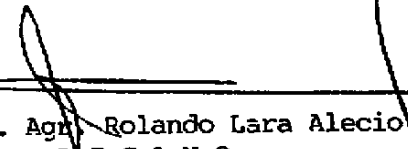

Ing. Agr. Gustavo A. Álvarez Valenzuela
A S E S O R


Ing. Agr. Marino Barrientos García
A S E S O R


Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


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



cc:Control Académico
Archivo
FR/pr

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