

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

EVALUACION DE CUATRO METODOS DE INOCULACION PARA
LA DETERMINACION DE RESISTENCIA A ESCALDADURA
DE LA HOJA (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) EN CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum spp.*)

TESIS

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

POR

ALEX ROLANDO GONZALEZ FIGUEROA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 1997

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

Ing. Agr. Msc. José Rolando Lara Alecio

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. Juan José Castillo Mont

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. William Roberto Escobar López

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa

VOCAL CUARTO

Br. Estuardo Enrique Lira Prera

VOCAL QUINTO

Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta

SECRETARIO

Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta

Guatemala, julio de 1997

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

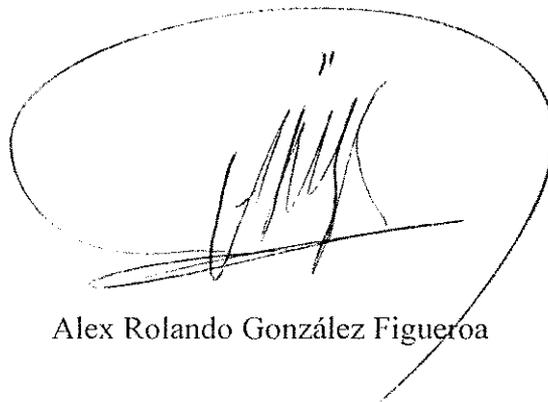
Distinguidos miembros:

De la manera más cordial y de acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DE CUATRO METODOS DE INOCULACION PARA
LA DETERMINACION DE RESISTENCIA A ESCALDADURA
DE LA HOJA (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) EN CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum spp.*)**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Alex Rolando González Figueroa'.

Alex Rolando González Figueroa

ACTO QUE DEDICO

- A:** **DIOS**
- mis padres** **Licenciado German Rafael González Enríquez
P.E.M. en Historia y C. Soc. Martha Flora Figueroa Ruíz de González
Eterna gratitud por el cariño brindado**
- mi esposa** **Telma Elizabeth Díaz Terraza de González
Por su apoyo y amor**
- mis hijos** **Germán Rafael, Alex Rolando y Martha Alejandra Elizabeth
Artífices de mi superación**
- mis hermanos** **Dr. Ph.D. en Recursos Naturales Alan Roberto, Ing. Agr. Edgar
Milton e Ing. Civil MSc. German Rafael González Figueroa**
- mis sobrinos** **María José, María del Rosario, Pedro José, María de Lourdes, María
de los Angeles, Edgar Estuardo, Alan Roberto, María Andrea y Pablo
Andrés**
- mi abuela** **Vitalina Ruíz de Figueroa**
- mis cuñados** **Merlyn Jovita Xiomara, Madyluz del Rosario, Maria Eugenia,
Norberto, Francisco Adolfo, Elsa Marina, Melvin Liliana y Miguel
Enrique**
- mis compadres** **José Anibal Hernández Nova y Licda. María Sugeiry Guzman de
Hernández.**

TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. - CENGICAÑA -, Dr. Ph.D. Mario Francisco Melgar Morales, personal profesional, técnico, administrativo y de campo por la ayuda prestada en el trabajo de investigación

Ingenio Magdalena

Mis compañeros y amigos en general en especial Antonio Molina Perdomo, Faustino Barrera y Juan Fernando Regalado Pazos

AGRADECIMIENTOS

A **Ing. Agr. Msc. Werner Roderico Ovalle Saenz, por haberme dado la oportunidad de trabajar y convivir sus experiencias fitopatológicas; y especialmente en el asesoramiento de la realización de esta investigación, las cuales hicieron posible su culminación.**

Ing. Agr. Msc. Edil Rodríguez Quezada, Profesor, Compañero y amigo, por sus orientaciones en el transcurso de la carrera de Ingeniero Agrónomo y por el apoyo dado en la presente investigación.

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Hernández Arreaga por su valiosa colaboración en el diseño y análisis estadístico de los resultados de la investigación.

Ingeniero Jorge Luis Juárez por haber sido el primer investigador de la caña de azúcar en observar la escaldadura de la hoja en caña de azúcar en Guatemala y por el apoyo dado en la etapa de campo

Ing. Agr. Waldemar Dell Campollo por la ayuda prestada en la etapa de campo.

Licenciado Roberto Hernández, por la revisión ortográfica del presente trabajo.

CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	5
3.1 MARCO CONCEPTUAL	5
3.1.1 Importancia del cultivo de la caña de azúcar	5
3.1.2 Morfología y anatomía de la caña de azúcar	6
3.1.2.A Tallo	6
3.1.2.B Longitud del tallo	7
3.1.2.C Diámetro de los tallos	7
3.1.2.D Color del tallo	7
3.1.2.E Raíz	8
3.1.2.F Hojas	8
3.1.2.G Vaina de la hoja	9
3.1.2.H Cuello de hoja	10
3.1.2.I Lámina de la hoja o limbo	10
3.1.2.J Biología floral	11
3.1.3 Descripción de la caña de azúcar	11
3.1.4 Enfermedades de la caña de azúcar	13
3.1.5 Bacterias	14
3.1.6 Clasificación e identificación de Xanthomonas	15
3.1.7 Características de las Xanthomonas	15
3.1.8 Escaldadura de la hoja	15
3.1.8.A Historia de la enfermedad	16
3.1.8.B Síntomas	17
3.1.8.C Importancia económica	18
3.1.8.D Plantas huéspedes	19
3.1.8.E Transmisión y control	19
3.1.9 Resistencia varietal	21
3.1.10 Métodos artificiales de inoculación	22
3.2 MARCO REFERENCIAL	24
3.2.1 Descripción del área de estudio	24
4. OBJETIVO	25
5. HIPOTESIS	26
6. MATERIALES Y METODOS	27
6.1 METODOS DE INOCULACION	28
6.2 MANEJO DEL INOCULO	29
6.2.1 Obtención del material enfermo	29
6.2.2 Aislamiento del patógeno	29
6.2.3 Procedimiento de inoculación	30
6.2.3.A Inoculación en bandeja	31
6.2.3.B Inoculación en campo definitivo	32
6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	32
6.3.1 Unidad Experimental	34

6.3.1.A Bandeja de plástico	34
6.3.1.B Campo definitivo	34
6.3.2 Variables respuesta	35
6.3.3 Manejo de la Unidad Experimental	35
6.3.4 Análisis de la información	35
7. RESULTADOS Y DISCUSION	36
8. CONCLUSIONES	43
9. RECOMENDACIONES	44
10. BIBLIOGRAFIA	45
11. APENDICE	47

INDICE DE CUADROS

1. Variedades con reacción conocida utilizadas en el trabajo de evaluación de cuatro métodos de inoculación para la determinación de resistencia a escaldadura de la hoja (<i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson) en caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>).	27
2. Estructura factorial del arreglo de los tratamiento por bandeja.	32
3. Estructura factorial del arreglo de los tratamientos a los cuatro meses.	33
4. Análisis de varianza para porcentajes de incidencia de escaldadura de la hoja (<i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson) en caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>) en inoculación en bandeja	36
5. Prueba de medias (Tukey) para la interacción entre variedad x método de la variable porcentaje de incidencia de escaldadura de la hoja (<i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson) de las variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>), inoculadas en bandeja.	37
6. Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con <i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson, por el método de atomizado en bandeja.	38
7. Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con <i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson, por el método de presión en bandeja.	39
8. Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con <i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson, por el método de gota en bandeja.	39
9. Análisis de varianza para porcentajes de incidencia de escaldadura de la hoja (<i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson) en caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>) en inoculación en campo por el método de atomizado a los cuatro meses de edad.	40
10. Prueba de medias de reacción a inoculación con <i>Xanthomonas albilineans</i> Ashby, Dowson, por el método de atomizado en campo a los cuatro meses de edad.	41

EVALUACION DE CUATRO METODOS DE INOCULACION PARA LA DETERMINACION DE RESISTENCIA A ESCALDADURA DE LA HOJA (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*)

EVALUATION OF FOUR ARTIFICIAL INOCULATION METHODS OF LEAF SCALD DISEASE (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) ON SUGAR CANE (*Saccharum spp.*) TO DETERMINE ITS GENETIC RESISTANCE

RESUMEN

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), evalúa clones introducidos y generados en el mismo Centro, con el propósito de identificar aquellos que cumplan con los requisitos necesarios en cuanto a contenido de sacarosa, tonelaje, hábito de crecimiento, reacción a plagas y enfermedades, etc.

En la evaluación de reacción a enfermedades, algunas de ellas requieren de la inoculación del patógeno causante para asegurar la exposición uniforme de los materiales evaluados. En esa situación se encuentra la enfermedad escaldadura de la hoja. Hasta el momento se han usado tres métodos de inoculación y los resultados han sido variables dependiendo del método. El objetivo fue identificar el método de inoculación adecuado para la evaluación de resistencia a escaldadura de la hoja en caña de azúcar.

Se utilizaron cinco variedades de reacción conocida (dos susceptibles, dos medianamente susceptibles y una resistente), las cuales se inocularon con cuatro métodos distintos. Tres métodos fueron con plántulas en bandejas y uno con plantas en el campo. En todos se usó una suspensión bacteriana preparada a partir del

patógeno multiplicado en laboratorio con concentración estandarizada en espectrofotómetro. Se identificó el método más adecuado tomando como base la efectividad en ubicar a cada variedad dentro del tipo de reacción correcto. Tal método es en bandeja, con plántulas de 1.5 meses de edad, cortadas a una pulgada del nivel del suelo e inoculadas con una gota de suspensión bacteriana sobre la superficie del corte.

I. INTRODUCCION

El Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de azúcar -CENGICAÑA-, tiene dentro de sus atribuciones principales la generación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). En el proceso se evalúan materiales genéticos (variedades o clones) promisorios y se seleccionan aquellos que reúnen los requisitos de tonelaje de caña y rendimientos de azúcar en el tiempo y en el espacio, adaptabilidad, características agronómicas, tolerancia a plagas y enfermedades, etc. (22).

En lo que respecta a enfermedades, éstas pueden ser controladas en forma práctica por medio de resistencia varietal, por lo que es necesario realizar pruebas de inoculación artificial a las variedades o clones de caña de azúcar para evaluarlas, ya que es un procedimiento en el cual los resultados se producen rápidamente y han probado su utilidad en otros países.

Dentro de las enfermedades reportadas en Guatemala, está la escaldadura de la hoja cuyo agente causal es la bacteria *Xanthomonas albilineans*, Ashby, Dowson. En CENGICAÑA se ubica dentro de las 3 enfermedades más importantes. En criterio de técnicos de la industria azucarera ocupa el quinto lugar de importancia (9), debido a que esta enfermedad bacteriana causa pérdidas tanto en el rendimiento azúcar por tonelada, como en toneladas de caña/hectárea (18).

En el proceso de evaluación de resistencia a escaldadura de la hoja, en CENGICAÑA se efectúan inoculaciones en una de las fases del mejoramiento. Hasta el momento se han probado diferentes métodos usados en otros países. Los resultados han sido variables dependiendo del método probado.

Por lo indicado anteriormente se hizo necesario definir el método adecuado para las condiciones de Guatemala, lo cual se hizo evaluando los métodos conocidos sobre variedades de reacción conocida en el campo.

El objetivo principal del trabajo fue identificar el método adecuado de inoculación para la evaluación de la resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en procesos de mejoramiento.

La metodología utilizada consistió en inocular artificialmente cinco variedades de caña de azúcar utilizando cuatro métodos de inoculación: a) Tres métodos de inoculación de plántulas en bandejas en un diseño completamente al azar con 6 repeticiones y b) Un método de inoculación en plantación de cuatro meses de edad con un diseño en bloques al azar con 6 repeticiones. La incidencia de enfermedad en los tratamientos se efectuó sobre infección sistémica.

2. DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El rendimiento de la caña de azúcar es afectado por diferentes factores, entre los cuales tenemos el material genético, las plagas y enfermedades, malezas, prácticas agronómicas y otros.

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar -CENGICAÑA-, evalúa materiales genéticos (variedades o clones) promisorias para lo cual se seleccionan aquellos que reúnan los requisitos de tonelaje de caña y rendimientos de azúcar en el tiempo y en el espacio, características agronómicas, tolerancia a plagas y enfermedades, etc. Para ello se hace importación de variedades de la Estación Experimental Canal Point, Florida, Estados Unidos, Estación Experimental del Instituto de Mejoramiento de caña de azúcar de Chiapas, México y de la Estación Experimental de Camamú, Brasil. Además se efectúan cruzamientos para producir variedades propias con las cuales se pueda incrementar los niveles de producción de azúcar (22).

Estas variedades deben reunir características tales como alto rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, alta adaptabilidad a las diferentes zonas del cultivo y respuesta a las principales prácticas agronómicas. Para evaluar la resistencia de las variedades promisorias se hacen inoculaciones para tener certeza que las variedades que el Centro incorpore a la zona cañera estén libres de enfermedades (22).

Actualmente, no existe un método adecuado de inoculación artificial para evaluar resistencia o tolerancia de las diferentes variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a la enfermedad bacteriana de la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby. Dowson). Para obtener resultados confiables en las pruebas de inoculación se deben utilizar métodos que hayan probado ser adecuados para las condiciones de Guatemala.

Con el presente trabajo se determinó dentro de los probados, el método adecuado para evaluar la resistencia de variedades a la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson), enfermedad de la caña de azúcar reportada en Guatemala, en 1995 (16).

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Importancia del cultivo de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala ocupa actualmente aproximadamente un área de 170,000 hectáreas (de 342,000 hectáreas potenciales), localizadas principalmente en la planicie costera del Océano Pacífico, entre las coordenadas 14° 00' -14° 40' Latitud Norte y 90° 30' - 91° 45' Longitud Oeste (15).

Buenaventura (4), reporta rendimientos promedio de 78.89 toneladas de caña por hectárea para el año azucarero 89-90 en Guatemala. En la zafra 95-96 se obtuvo una producción total de 1.277 millones de toneladas métricas de azúcar en los 17 ingenios azucareros existentes en el país, con lo que la caña de azúcar se ha convertido en el segundo producto generador de divisas al país, después del café y con una generación de empleo de 50,000 jornales (2).

Guatemala figura como el tercer país exportador de azúcar en latinoamérica, después de Brasil y Cuba. Para este año azucarero se espera producir 1.364 millones de toneladas métricas de azúcar. En la última zafra la agroindustria generó un ingreso de divisas al país por exportaciones al 1/agosto/1996 de US \$ 205.9 millones, cifra que supera en US\$ 14.9 millones a la registrada en 1995 en el mismo período, no obstante que los precios del mercado externo han bajado (3).

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es considerada como uno de los cultivos agroindustriales de mayor importancia económica para Guatemala, es fuente de trabajo para miles de personas, a la vez que genera divisas para el país por la exportación de azúcar (3).

3.1.2 Morfología y anatomía de la caña de azúcar

3.1.2.A Tallo

"El tallo de la caña de azúcar se desarrolla en dos tipos: el subterráneo, denominado rizoma que es del tipo definido o determinado, y el tallo aéreo, que es el que se aprovecha para la extracción del azúcar. El tallo de la caña se desarrolla a partir de las yemas de otro tallo que haya sido colocado en condiciones favorables, mediante la propagación asexual o vegetativa usual. Esta se realiza por medio de los trozos de tallo (estacas o propágulos) que contienen una o más yemas cada uno. Estas yemas pueden desarrollarse y dar paso a la formación de un tallo, que se denomina tallo primario, éste, a su vez, continuando el proceso iniciado en él, movilizará las yemas a su porción basal, lo que provocará la formación de otros tallos, los llamados tallos secundarios. Este proceso se repetirá de forma ininterrumpida hasta que las condiciones del medio lo impidan. El factor que mayor incidencia tiene en este proceso es la luz solar. Los entrenudos o canutos de tallos desarrollados a partir de las yemas son muy cortos en la base, aumentan de longitud de manera paulatina hasta alcanzar un máximo aproximadamente hacia la parte media y comienzan de forma gradual a decrecer hasta el ápice, donde se tornan de nuevo muy cortos, por lo que, de modo esquemático, el tallo de la caña puede definirse como un huso. La base del tallo es rica en sacarosa, mientras que la punta o ápice del mismo es muy pobre en el contenido de esta sustancia, pero muy rica en sustancias melasigénicas (con mayor proporción de azúcares reductores) y con un bajo contenido en fibra. Existe una parte del tallo que a simple vista no puede observarse, ya que se encuentra protegida por la macolla o cogollo de la caña" (14).

3.1.2.B Longitud del tallo

"El tallo de la caña se encuentra formado por canutos y estos a su vez, se componen de los nudos y el entrenudo. El entrenudo es la porción del tallo limitada por dos nudos, lo que convierte a cada canuto en una unidad, cuya longitud está limitada por factores internos y externos. La tendencia de los canutos a adquirir una longitud determinada esta íntimamente asociada al período de crecimiento, y éste, a su vez, se encuentra definido tanto por las características de la variedad como por los factores del ambiente en el cual dicha variedad se desarrolle" (14).

3.1.2.C Diámetro de los tallos

"El diámetro de los entrenudos presenta una tendencia determinada. Estos son más gruesos a partir del nivel del suelo y van disminuyendo en grosor a medida que se asciende en altura hasta alcanzar un valor constante, para comenzar, a partir de la parte media del tallo, con un decrecimiento gradual hasta el ápice. Este comportamiento corresponde con el manifestado por la longitud de los canutos. Tal característica es de gran importancia práctica, ya que un mayor grosor en la sección basal indicará una mayor resistencia al acamado" (14).

3.1.2.D Color del tallo

"Las variedades de caña de azúcar presentan en sus tallos una gran diversidad de colores y combinaciones de éstos. El color de un tallo depende en gran medida de las condiciones en las cuales se desarrolla, ya que el color propio puede ser modificado por el ambiente, en el que la luz solar tiene un lugar primordial. La altitud y el clima, en general, son factores que pueden hacer cambiar el color de una variedad. La gama de colores que presentan los tallos de la caña se deben a dos pigmentos básicos y a sus combinaciones y mezclas: el color rojo

y sus diversos matices se deben al pigmento conocido como antocianina, contenido en las células epidérmicas del tallo, mientras que el color verde es provocado por la clorofila, contenida en los tejidos más profundos de aquel. De ambos pigmentos, el que mayor variación presenta en su contenido es la antocianina. La combinación de los dos y la proporción en que ambos se encuentran, dan como resultado la amplia gama de tintes que caracterizan a la caña de azúcar" (14).

3.1.2.E Raíz

"La caña de azúcar presenta dos tipos de sistemas radiculares: El primero, conocido como adventicio, se forma a partir del anillo radicular de la estaca plantada y tiene como función absorber agua del medio para facilitar la hidrólisis de los carbohidratos contenidos en el entrenudo, que servirán para nutrir al nuevo vástago hasta que éste establezca relaciones con el medio en el cual se desarrollará. El otro tipo de raíz es el permanente, es un sistema nodal y fasciculado, que puede presentar varias caracterizaciones: a) de sostén, b) de absorción y c) de madeja o cordón. Entre éstas, la última, no se encuentra siempre en todas las variedades, sólo esporádicamente; está ausente en las variedades nobles. El desarrollo radicular de la caña de azúcar sigue el patrón general de las monocotiledóneas. Los pelos radiculares se originan en la cutícula unicapa y son protuberancias celulares de corta vida. La epidermis celular consiste en capas de células en las que el espacio intercelular es aeroconductor. Los vasos leñosos y cribosos enclavados en el cilindro central (haz fibrovascular), están directamente conectados al tallo" (14).

3.1.2.F Hojas

"Las hojas brotan de los nudos del tallo en forma alterna, formando dos hileras opuestas en un mismo plano. La hoja consta de dos partes fundamentales: la lámina y la vaina. En los tallos muy jóvenes y hacia el

ápice, las vainas se superponen, lo que garantiza una magnífica protección a las yemas jóvenes allí ubicadas, así como al meristemo apical. A medida que las hojas envejecen, se van separando del eje del tallo y toman la posición inclinada que las caracteriza, lo que está íntimamente ligado a la variedad. La posición definitiva de las mismas representan en la actualidad motivo de estudio de fisiólogos, ya que de ella depende el grado de aprovechamiento de la energía solar. El ancho y el largo de la hoja son caracteres dependientes de las especies originales. Así, el Saccharum officinarum L. tiene hojas largas y anchas, el Saccharum robustum Jesw. las tiene anchas y de mediano largo, el Saccharum barberi Jesw. presenta hojas cortas y estrechas, el Saccharum sinense L. las muestra largas y estrechas, y por último, el Saccharum spontaneum L. posee hojas muy estrechas" (14).

3.1.2.G Vaina de la hoja:

Según Clements, 1961 citado por Martín (14) la vaina de la hoja está formada por un tejido que representa más el tejido del tallo que el de la hoja, de ahí la importancia de este tejido como indicador, y el amplio uso que tiene en los diversos sistemas de diagnóstico tisular para el control de la fertilización, la irrigación y la maduración.

"La vaina de la hoja es de forma tubular y cónica hacia el cuello. En ella puede apreciarse dos caras: una interior generalmente blanquecina y lisa, y otra exterior de color verde, que con frecuencia presenta abundantes pilosidades o vellos. Estos fueron primeramente descritos y clasificados por Jeswiet (1916), y después Artschwager (1940, 1942 y 1948) complementó la información sobre los mismos. Este sistema de pelos o vellosidades fue propuesto como un método para la clasificación de variedades por el propio Jeswiet y sus colaboradores en Java, Smith Twigg (1923 a y b) en Hawaii, Fawcett (1929) en Argentina y Artschwager (1942 y 1948) en los Estados Unidos. Por su parte Eva Mameli de Calvino (1925), en Cuba, puso en dudas el sistema, ya que según su opinión, el desarrollo de los grupos de pelos depende fuertemente de las condiciones del ambiente, y dicho método sólo es de utilidad al personal de alto adiestramiento técnico" (14).

3.1.2.H Cuello de la hoja

"La unión de la vaina con la lámina de la hoja se denomina cuello. Estas uniones varían en las diferentes variedades, así como también en una misma variedad, en la medida en que ésta madure. La forma de los cuellos en hojas ya maduras constituye una característica varietal, Artschwager (1923 y 1940) clasificó tres tipos principales: rectangular o cuadrado, deltoide o triangular y ligular. Aparte de los tres citados, existen infinidad de tipos intermedios. Además de las partes mencionadas de la vaina, en la misma pueden observarse lígula y las aurículas. La lígula no es más que un apéndice membranoso que sirve de separación entre la vaina y la lámina. Las condiciones ambientales ejercen poca influencia en la morfología de la misma, por lo que es de gran utilidad para las claves de identificación, aspecto reconocido por Jeswiet (1916), Panje (1933) y Artschwager (1925, 1942, 1948 y 1951). Las aurículas, como su nombre indica, son unos apéndices de formas que recuerdan a las orejas, ubicados en el margen de la vaina y en su extremo superior" (14).

3.1.2.I Lámina de la hoja o limbo

"La lámina o limbo de la hoja de caña puede alcanzar una longitud de hasta 2 metros, y su ancho varía entre 3 a 7 centímetros. Estas dimensiones cambian en cada variedad, de modo que se manifiestan los caracteres predominantes de las especies originales. La lámina termina en un extremo puntiagudo. La nervadura central, como su nombre indica, corre a lo largo y por la parte media de la lámina, y sirve para el acarreo de agua y sustancias nutritivas de la planta, al mismo tiempo que cumple la función mecánica de proveer soporte a la hoja. Paralelamente a la nervadura central corren diversos haces vasculares. En la cutícula, que se encuentra tanto en el haz como en el envés de la lámina, se hallan los estomas; en caso de escasez de agua, la presión osmótica de los mismos decrece y pierden volumen, lo que provoca que la hoja se enrolle (protección contra la evaporación). Los numerosos haces vasculares están acompañados por células esclerenquimatosas (xilema), que mejoran el soporte estático de las hojas. Las células parenquimatosas de la hoja son de suma importancia para el

metabolismo de la planta. Ellas rodean a los haces vasculares en dos capas: la más profunda, consiste en células grandes con granos gruesos de clorofila; la más superficial, está compuesta de células más pequeñas y con granos más finos de clorofila. El número de haces fibrovasculares en la lámina aumenta a medida que el limbo se ensancha, para volver a estrecharse hacia el ápice del mismo" (14).

3.1.2.J Biología Floral

"La inflorescencia de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), como ocurre con otras gramíneas, depende en forma natural de la polinización anemófila. Cuando la planta ha alcanzado cierto grado de desarrollo, puede cambiar, bajo determinadas condiciones, de la fase vegetativa a la fase reproductiva, es decir, que el punto de crecimiento cesa en su formación del primordio foliar y comienza la producción del primordio floral. La inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula abierta y ramificada, con forma de espiga o flecha. Dicha forma varía de acuerdo con la longitud de los ejes principales y laterales, es característica para cada espiga y varía aún más dentro de variedades. Las espiguillas están dispuestas en pares, y en cada par una espiguilla es sésil y la otra pedunculada. Lo que se llama semilla de la caña de azúcar es en realidad un cariósido o fruto. Estas semillas son extremadamente pequeñas. El embrión se encuentra separado del endospermo por el escutelo, órgano que segrega las enzimas que movilizan el alimento almacenado en el endospermo" (14).

3.1.3 Descripción de la Caña de azúcar

Aguilar, citado por Tejeda (23), indica que "es una gramínea perenne, y que además posee la característica de ser una de las mejores captadoras de energía y transformadoras de carbohidratos en azúcares; se ubica dentro del género *Saccharum* y tiene asignada la especie *Saccharum officinarum L.*"

"Esta especie del género Saccharum es conocida como caña noble, a causa de su riqueza en sacarosa y de su relativamente bajo contenido de fibra. En sus células somáticas existen 80 cromosomas. Los tallos de los representantes de la especie Saccharum officinarum L. son en general vigorosos, altos y gruesos. Estas cañas son las usadas para producir azúcar en forma comercial (o combinaciones en las cuales su porcentaje es muy alto). Normalmente, cuando se señala la especie de officinarum, aunque, en la época actual, a causa de la complejidad genética de los individuos que se explotan comercialmente se está generalizando el uso del término Saccharum spp. híbrido" (14).

"Sin embargo, la taxonomía del género Saccharum, y de otros géneros afines, que de una u otra forma han contribuido a formar las variedades o cultivares híbridos comerciales actuales, permanece con muchas incógnitas que aún es necesario esclarecer" (14).

"La caña de azúcar fue clasificada por Linneo en 1753 como Saccharum officinarum, y posteriormente sufrió numerosos intentos de sistematización por diversos autores (Roxburgh, 1832; Hackel, 1887; Hooker, 1897). En el transcurso del tiempo y en la medida en que se producían los adelantos científicos, nuevos intentos en la sistematización de la caña se produjeron, entre ellos los estudios de Jeswiet (1916, 1925 y 1927). Los trabajos de Jeswiet son en la actualidad reconocidos como válidos por la mayoría de autores y él dividió al género Saccharum en cinco especies" (14).

Según Botta (1978), citado por Martín Oria, y a su vez por Martín O., J.E. (14), "se acepta como clasificación taxonómica de la caña de azúcar el siguiente esquema:"

Reino:	Eukariota
Subreino:	Cormobionta
División:	Magnoliophytina
Clase:	Liliatae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae (Gramineae)
Tribu:	Andropogonoideae
Género:	<u>Saccharum</u>
Especies:	<u>Saccharum officinarum</u> L. <u>Saccharum robustum</u> Jesw. <u>Saccharum spontaneum</u> L. <u>Saccharum barberi</u> Jesw. <u>Saccharum sinense</u> L.

3.1.4 Enfermedades de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar, como otros cultivos, es susceptible al ataque de insectos y enfermedades, los cuales afectan el desarrollo de la caña y disminuyen el rendimiento en un 10% (8).

Entre las enfermedades reportadas en Guatemala y que pueden causar daños económicos al cultivo de la caña de azúcar tenemos: a) Causadas por hongos: carbón (Ustilago scitaminea H. Syd & P. Syd.), roya (Puccinia melanocephala H. Syd & P. Syd.), pokka boeng (Fusarium moniliforme Sheld. Snyd et Hans.), peca amarilla (Mycovellosiella koepkei (Krüger) Deighton), mancha púrpura (Dimeriella sacchari (B. de Haan) Hansford), mancha de ojo (Helminthosporium sacchari (Butler y Kahn) Shoemaker), mancha café (Cercospora longipes Butler), mancha de anillo (Leptosphacteria sacchari B. de Haan), muermo rojo (Colletotrichum falcatum Went),

chamuscado de la hoja (*Stagonospora sacchari* Lo and Ling), mal de piña (*Ceratocystis paradoxa* de Seynes), enfermedad de la corteza (*Phaeocystostroma sacchari* (Ell. y Ev) Sutton), y raya negra (*Cercospora atrofiformis* Yen Lo et Chi). b) Causadas por virus: mosaico (SCMV) y síndrome de la hoja amarilla (YLV). c) Causadas por bacterias: raya roja (*Pseudomonas rubrilineans* (Lee et al.) Stapp), raquitismo de las socas (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli* Davis), raya moteada (*Pseudomonas rubrisubalbicans* (Christopher y Edgerton) Hayward) y escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson) (9).

3.1.5 Bacterias

Las bacterias son organismos microscópicos sumamente pequeños. Se conocen alrededor de 1,600 especies. La inmensa mayoría de ellas son organismos estrictamente saprófitos y como tales benefician al hombre. Se conocen alrededor de 200 especies de bacterias que producen enfermedades en las plantas. Todas las bacterias patógenas son organismos saprófitos facultativos y pueden cultivarse en medios nutritivos. Las bacterias son microorganismos simples que normalmente están constituidos por células procarióticas simples, es decir células que contienen un solo cromosoma pero carecen de membrana nuclear o de organelos internos equivalentes a las mitocondrias y los cloroplastos. Las bacterias pueden tener forma de bastón (bacilo), ser esféricas, elipsoidales, espirales, en forma de una coma o filamentosas. Algunas de ellas se desplazan en medio líquido, mediante flagelos, mientras que otras, carecen de ellos y son estáticas. Algunas pueden transformarse en esporas y ciertas formas filamentosas pueden producir esporas, denominadas conidias, en el extremo del filamento. Sin embargo, algunas bacterias no producen ningún tipo de spora. Las etapas vegetativas de la mayoría de los tipos de bacterias se reproducen mediante simple fisión. Las bacterias se reproducen con una rapidez asombrosa y su importancia como patógenos radica principalmente en que pueden producir cantidades enormes de células en un breve lapso. Las enfermedades bacterianas de las plantas se reproducen en cualquier sitio que sea suficientemente húmedo o cálido y afectan a casi todos los tipos de plantas y, bajo condiciones ambientales adecuadas, pueden ser extremadamente destructivas (1).

3.1.6 Clasificación e identificación de Xanthomonas

En el Manual de Bacteriología Determinativa de Berger (1974), citado por Agrios (1), *Xanthomonas albilineans* se ha clasificado de la siguiente manera:

REYNO:	Prokaryotae
DIVISION:	Procariontes
CLASE:	I
GRUPO:	Cocos y bacilos aerobios gram negativos
FAMILIA:	Pseudomonadaceae
GENERO:	<i>Xanthomonas</i>
ESPECIE:	<i>Xanthomonas albilineans</i>

3.1.7 Características de Xanthomonas

Son bastones rectos, con dimensiones de 0.4 a 1.0 X 1.2 a 1.3 *micras*. Se desplazan por medio de un flagelo polar. Cuando se desarrollan en un medio de agar, a menudo son de color amarillo. La mayoría de ellas crece muy lentamente. Todas las especies son fitopatógenas y se encuentran sólo en asociación con plantas o con órganos de éstas (1).

3.1.8 Escaldadura de la hoja

La escaldadura de la hoja fue identificada como una enfermedad bacteriana fibrovascular de la caña de azúcar en los años 1920 en Australia y en Java. Fue descubierta poco después en otros países. Ocasionó serias pérdidas durante los primeros años en las cañas nobles pero su control fue gradualmente asegurado por el

reemplazamiento de variedades híbridas resistentes. Actualmente la enfermedad ha sido catalogada en 44 países. El organismo causante de la enfermedad (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) es una bacteria en forma de bastón de 0.25 a 0.3 micras, solitarias o en cadenas con un sólo flagelo polar. Las colonias son de color amarillo pálido, son viscosas pero no mucosas (19).

La escaldadura de la hoja afecta el rendimiento de la caña así como la calidad del jugo. La enfermedad frena el crecimiento, reduce el número de tallos y afecta el crecimiento de los brotes. La fase aguda puede acarrear serias pérdidas. La escaldadura de la hoja es controlada principalmente por el cultivo de variedades resistentes (19).

3.1.8.A Historia de la enfermedad

La escaldadura de la hoja atrajo la atención de la industria azucarera durante los años 1920 a 1926 en Java, muchos investigadores la confundieron con la gomosis. Algunos creyeron que se trataba de una fase de la enfermedad conocida por Sereh. En Australia se reportó primeramente en la variedad Mahona. (13)

La enfermedad fue estudiada simultáneamente por Wilbrink en 1920 en Java; y North, en 1926, en Australia y Java aisló la bacteria responsable de la enfermedad y demostró que se trataba de una especie distinta a la que causaba la gomosis (13).

Esquivel (7) menciona que Ashby, en 1926 estudio la bacteria suministrada por North, clasificándola como *Bacterium albilineans*, que significa "bacterias que producen líneas blancas" que son los síntomas foliares característicos de la enfermedad. En 1943, Dowson reclasificó la bacteria en el género *Xanthomonas* por sus características morfológicas y fisiológicas.

3.1.8.B Síntomas

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por la aparición de rayas largas y estrechas de color blanco, con bordes bien definidos y paralelas a la nervadura central. En algunos casos, dichas rayas pueden pasar a la vaina y al tallo. Cuando las condiciones ambientales son favorables y en presencia de variedades susceptibles, se presenta el enanismo de los tallos como resultado del acortamiento de los entrenudos, las yemas laterales brotan (lalas), pueden morir las plantas o el plantón completo. Los nuevos brotes exhiben los mismos síntomas que las plantas adultas; existe una tendencia a aumentar la enfermedad en relación con el número de cosechas de la plantación (19).

La escaldadura de la hoja se manifiesta en dos fases diferenciadas: la forma crónica y la forma aguda. La fase crónica presenta varios síntomas exteriores. El síntoma más típico es la presencia de una raya blanca fina de 1 - 2 mm de ancho que sigue la dirección de las venas principales, con rayas necróticas rojas. La raya puede extenderse a lo largo de la vaina donde puede tomar un tinte malva. En la fase aguda, la raya puede ser más ancha y más difusa y puede extenderse hasta el borde de la hoja, provocando un marchitamiento y una necrosis. La enfermedad puede también presentar clorosis parcial o total. Se puede producir un desarrollo abundante de brotes laterales en los tallos adultos, partiendo de la base hacia lo alto del tallo. Los tallos pueden ser enanos y mostrar signos de marchitamiento, con hojas rígidas que se vuelven hacia el interior en las extremidades. Si se cortan los tallos infectados se observan rayas de un rojo vivo o pardo en el interior, debidas a la necrosis de los vasos vasculares. Estas rayas son más evidentes en los nudos que en los entrenudos y están siempre presentes en las yemas laterales. En los nudos y entrenudos pueden aparecer cavidades prominentes. En la fase aguda, la enfermedad desarrolla un marchitamiento brusco, seguido de la muerte de los tallos, a menudo sin mostrar síntoma alguno previamente (19).

Uno de los inconvenientes de la escaldadura de la hoja es que puede existir a menudo en forma latente. En variedades tolerantes, y cuando las condiciones son muy favorables al crecimiento, los tallos infectados parecen recuperarse; las cepas pueden no mostrar ya síntomas durante largos períodos, ni las plantas salidas de esquejes que han sido sacados de ellos, hasta que un día, ciertas condiciones desencadenan la reaparición de la enfermedad. La fase aguda se manifiesta en socas donde la enfermedad subsiste bajo forma latente. Este aspecto de la enfermedad crea problemas en cuarentena y necesita el recurso de técnicas de diagnóstico precisas y la adopción de termoterapia, como medida de precaución (19).

La bacteria está confinada en los vasos vasculares como los que muestran la raya blanca fina. No está presente en el parénquima de las partes cloróticas. Ha sido demostrado que la clorosis es debida a una fitotoxina llamada albicidina, que afecta el desarrollo de los cloroplastos. El aislamiento puede hacerse cortando un trozo de hoja desinfectada que contiene raya blanca o por exposición de exudación de tejidos de las hojas o de tallos infectados macerados en agua (19).

3.1.8.C Importancia económica

Ricaud, C. y Ryan C.C., citados por Victoria K., J. (24) indican que los efectos económicos de la escaldadura de la hoja en la producción dependen mucho del nivel de susceptibilidad de la variedad afectada, de las condiciones ambientales existentes en la zona y de la virulencia que presente el organismo causal.

Ricaud, C. citado por Victoria K., J. (24) indica que la enfermedad se ha observado con mayor severidad en variedades susceptibles sembradas en zonas con altas precipitaciones y sobre todo cuando éstas siguen un período de sequía, en contraste con los efectos producidos en zonas de ambiente estable donde la enfermedad no reviste mayor importancia, principalmente en variedades con cierto nivel de resistencia.

En las zonas en donde la enfermedad ha tenido condiciones favorables para su desarrollo se han presentado reducciones significativas en la producción, principalmente cuando las variedades afectadas son altamente susceptibles. Además del efecto en la producción, la calidad de los jugos se ha visto seriamente deteriorada, tanto por reducciones en el Brix como en la pureza, efectos estrechamente correlacionadas con el nivel de infección (24).

En Guatemala se encontraron pérdidas del 8.69% de sacarosa en la variedad CC 84-75 y de 2.48% en la variedad CP 70-1547 (11) (18).

3.1.8.D Plantas huéspedes

En distintos países se han registrado diversas gramíneas como hospedantes naturales de la bacteria *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, agente causal de la escaldadura de la hoja. Entre otras se cuentan los pastos dallis (*Paspalum dilatatum* Poir.), horquetilla (*Paspalum commerconii* Lam.), brachiaria (*Brachiaria piligera* R.S.W.), guinea (*Panicum maximum* Jacq.), elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), maíz (*Zea mays* L.), bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad.) (24).

3.1.8.E Transmisión y control

La transmisión de la bacteria causante de la escaldadura de la hoja ocurre principalmente por la utilización de semilla infectada en el establecimiento de campos comerciales y por empleo de equipo y herramienta infestada, sobre la cual se ha comprobado que el patógeno puede sobrevivir hasta por seis días. Una vez las herramientas son contaminadas, éstas transmiten con relativa facilidad la bacteria causal de la afección a tallos sanos (24).

También ha sido demostrado que la bacteria puede ser diseminada dentro de un campo, por efecto de lluvias y vientos fuertes (24).

En Australia, una de las principales regiones del mundo afectadas por la enfermedad, la propagación de la bacteria ocurre durante el corte de caña, a través del uso de cosechadoras mecánicas cuyas cuchillas se contaminan fácilmente al cortar tallos enfermos, convirtiéndose en excelentes diseminadoras de la bacteria hacia los tallos sanos. Eventualmente, el agua de riego superficial, utilizada en una plantación afectada, también puede constituirse en un agente efectivo de transmisión, al pasar la bacteria de plantas enfermas a sanas, o cuando los sobrantes del riego de una plantación afectada son utilizados para el riego de otras plantaciones (24).

Para su control se recomienda el empleo de variedades resistentes, la selección de la semilla y la desinfección del machete y otros medios utilizados para la cosecha (5).

Como el uso de semillas enfermas es en gran medida responsable de la propagación de la escaldadura de la hoja de un campo y de un país a otro, deben imponerse regulaciones de cuarentena para evitar que la enfermedad se propague. Por lo general, se usan los tres métodos siguientes para controlar la enfermedad: (13)

- 1) Variedades resistentes. En los países donde la enfermedad ha estado presente durante algún tiempo, el método más satisfactorio para controlarla consiste en sustituir las variedades susceptibles con las resistentes.
- 2) Establecimiento de restricciones de cuarentena
- 3) Erradicación de plantas madres enfermas

En 1972, Egan, citado por Liu L. J. y Bernard A. F. (13), reportó que las fuentes originales de la resistencia a la escaldadura de la hoja quizás pueda atribuirse a los clones de *Saccharum spontaneum* L. Los clones de *Saccharum robustum* Jesw. y *Saccharum officinarum* L. eran muy susceptibles.

Un procedimiento de control es el uso de un tratamiento terapéutico que comprende remojo en agua fría durante 72 horas, seguidas de un tratamiento en agua caliente a 50 grados centígrados durante 3 horas, en el establecimiento de viveros con semilla sanas (19).

3.1.9 Resistencia varietal

El nivel de resistencia requerido en una región dada depende de las condiciones climáticas que afectan la enfermedad y también de la eficacia con la cual otros métodos de control complementarios pueden ser asegurados. La resistencia de las nuevas variedades puede ser probada según un método de inoculación que simula la transmisión por machete. Los tallos jóvenes son cortados por encima de la yema apical e inoculados con una suspensión de cultivo bacteriano.

Pruebas de resistencia específica para la enfermedad de la escaldadura de la hoja en la caña de azúcar en Houma, Louisiana. (12). Puesto que la enfermedad puede ser controlada efectivamente sólo por medio de variedades resistentes, es necesario realizar pruebas de variedades de caña de azúcar para la resistencia donde la enfermedad se encuentre presente. Los factores que se necesita ser considerados son:

- 1) Edad de la planta al tiempo de la inoculación
- 2) Limitaciones de la prueba bacteriana

- 3) Preparación del inóculo
- 4) Métodos de introducción del inóculo
- 5) Condiciones ambientales de acuerdo a su afectación en el síntoma
- 6) Grado de la respuesta de las plantas en términos de susceptibilidad y resistencia

3.1.10 Métodos artificiales de inoculación

A través del tiempo se han usado métodos artificiales de inoculación en pruebas de resistencia con dependencia muy limitada en la infección natural. Los métodos artificiales de inoculación producen resultados más rápidamente y en exposición más uniforme para todas las variedades en las pruebas para el organismo causal. Se han utilizado varios métodos artificiales de inoculación (12).

- 1) El método de la copa de presión usa un aparato consistente en un cilindro montado en una base rectangular. Una copa de acero inoxidable se coloca adentro de la base; la porción superior de la copa es modelada para dar una orilla de corte fino. El cilindro es llenado con el inóculo de tal manera que el nivel de inóculo sea un poco mayor que la orilla de corte de la copa. El corte fresco preparado es luego puesto central y verticalmente en la orilla de la copa y forzado hacia abajo hasta que es parado por los flancos. El inóculo es así forzado hacia arriba a través de los haces vasculares. El método de la copa de presión ha sido modificado por otros investigadores y usado ampliamente en diferentes países.

- 2) El método de inoculación por corte, en el cual la copa central del inoculador de presión es reemplazado por cuatro piezas de punta de metal de acero inoxidable. El corte es presionado verticalmente hacia abajo de tal manera que es atravesado por dos piezas de metal o más.
- 3) Inmersión del corte durante 20 minutos en una suspensión machacada de hojas infectadas y colocación del tallo en agua, inmediatamente antes de plantar.
- 4) Inoculación de los tallos con una aguja hipodérmica, cerca del punto de crecimiento, con una suspensión de la bacteria en agua.
- 5) Inoculación de partes vegetales cortadas, por medio de la cual los tallos se cortan y este corte fresco es inoculado, colocando el inóculo con una brocha suave. Las superficies inoculadas son luego cubiertas con remanentes vegetales.
- 6) Se cortan pequeños brotes por encima del punto de crecimiento y el inóculo se coloca en la superficie de corte. La superficie inoculada puede ser cubierta con una pieza de algodón empapado en el inóculo antes de ser cubierto con remanentes vegetales. o la superficie inoculada puede ser una cubierta de aluminio, si el día es soleado, o dejada sin cubrirse si el día es nublado.

En Hawaii se evaluaron diversos métodos de inoculación los cuales no dieron resultados confiables, posteriormente, el método de la cubierta de aluminio fué el más confiable (12).

Otro de los métodos de inoculación utilizados en CENGICAÑA es el de presión (usado también en el Programa de Mejoramiento en COPERSUCAR, Brasil), el cual es realizado cortando los nudos de la variedad a inocular; al nudo se le coloca una gota de suspensión bacteriana de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, luego se hace penetrar esta gota por presión. Esto se realiza antes de la siembra en bandejas¹.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Descripción del área de estudio

La finca Santa Elisa se localiza en el municipio de La Democracia, km 97.5 de la carretera que conduce de La Democracia hacia La Gomera, Escuintla; en esta se ubicó el ensayo de inoculación por atomizado en plantas de cuatro meses de edad. La finca San Patricio, del Ingenio Magdalena, se localiza en el km 101 carretera que conduce de La Democracia hacia La Gomera, Escuintla, en esta se ubicó el trabajo de inoculación por bandeja a los dos meses de edad.

Las fincas Santa Elisa y San Patricio se encuentran a 50 msnm, con una temperatura promedio de 27.9 °C., precipitación anual mínima de 1,719 mm, máxima anual de 2,441 mm y con promedio del período de 2,002 mm. Poseen suelos del orden mollisol, suelos medianamente evolucionados, de perfil arenoso y complejos saturados. Se localiza en el cuerpo y parte distal de los abanicos aluvio-coluviales, con relieve ligeramente plano, presenta un horizonte superficial grueso de color oscuro, rico en materia orgánica, el cual es un suelo medianamente evolucionado de perfil ABC con textura predominantemente franco arenosa y complejo saturado, saturación de bases mayor del 50% en todos sus horizontes. El pH es ligeramente ácido (15).

¹ SOTO, G. 1996. Inoculación por presión en Brasil. CENGICAÑA (comunicación personal).

4. OBJETIVO

Identificar el método adecuado para la evaluación de resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) bajo condiciones de Guatemala.

5. HIPOTESIS

Al menos un método de inoculación será adecuado para la evaluación de resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Guatemala.

6. MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron cuatro métodos de inoculación de la bacteria *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson en cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Las variedades en las cuales se midió la eficiencia de la inoculación con la bacteria (porcentaje de incidencia) fueron las siguientes:

CUADRO 1: Variedades con reacción conocida utilizadas en el trabajo de evaluación de cuatro métodos de inoculación para la determinación de resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

VARIEDAD	REACCION
CC 84 -75	Susceptible (+ 30% incidencia)
MEX 64-1487	Susceptible (+ 30% incidencia)
CP 72-1210	Medianamente susceptible (11 - 29% de incidencia)
MEX 69-290	Medianamente susceptible (11 - 29% de incidencia)
CP 72-2086	Resistente (0 - 10% de incidencia)

En el proceso de selección, CENGICAÑA mide la enfermedad escaldadura de la hoja en tres reacciones: susceptibles, arriba del 30% de incidencia; medianamente susceptible, entre 11% al 29%; y resistente, de 0% a 10%.

La variedad CC 84-75 se utilizó debido a que ha causado pérdidas económicas al cultivo de caña en Guatemala (11, 18). La MEX 64-1487 ha sido afectada en México provocando la pérdida 800 hectáreas y, además, con una alta incidencia en Guatemala (20). La CP 72-1210 y MEX 69-290 son variedades que han mostrado síntomas de la enfermedad pero sin llegar a ser severos. La CP 72-2086 es una variedad que no ha presentado síntomas en el campo y aunque ha sido inoculada repetidamente en CENGICAÑA, presenta un bajo porcentaje de incidencia de infección sistémica (9).

6.1 METODOS DE INOCULACION

Se evaluaron cuatro métodos de inoculación, los cuales fueron tres métodos rápidos que se hicieron en bandejas de plástico y el otro fue sobre plantas en campo definitivo. A continuación se describen los cuatro métodos:

- 6.1.1 Inoculación de plantas de 1.5 meses de edad en bandejas por corte de ápice a una pulgada del suelo, aplicando sobre el corte 0.033 cc de suspensión de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson.
- 6.1.2 Inoculación de plantas de 1.5 meses de edad en bandejas por corte de ápice a una pulgada del suelo, atomizando 9.504 cc/bandeja de 24 plantas de una suspensión de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson. Se utilizó para la aspersión un atomizador manual de medio litro.
- 6.1.3 Inoculación de trozos de semilla con una yema por medio de presión, aplicando 0.033 cc de suspensión de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson. Esta inoculación se hizo antes de sembrar las yemas en bandeja, utilizando para el efecto un compresor de aire.
- 6.1.4 Inoculación de plantas de cuatro meses edad por corte de ápice, entre el segundo y tercer cuello visible atomizando 1.118 cc/tallo cortado con una suspensión de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson. Para la aspersión se usó un atomizador manual de medio litro.

En los tres casos la suspensión bacteriana se preparó con 77.9% de transmitancia (es una indicación de la fracción de luz inicial que pasa a través de la muestra y llega al detector y el porcentaje de transmitancia es expresado en términos de porcentaje $\%T = 100 I_f/I_o$) a 600 nanómetros de longitud de luz. La lectura se hizo dos meses después de la inoculación.

6.2 MANEJO DEL INOCULO

6.2.1 Obtención del inóculo

El inóculo se obtuvo de variedades con síntomas de escaldadura de la hoja (línea de lápiz en las hojas y brotación de yemas laterales), las cuales se obtuvieron en la finca Santa Elisa, Ingenio Magdalena, municipio La Democracia, Escuintla.

Luego de localizar las plantas enfermas, se procedió a cortar aquellas hojas con el síntoma de línea de lápiz y brotación de yemas laterales, las cuales se introdujeron en una bolsa de polietileno y se trasladaron al laboratorio de Fitopatología de CENGICAÑA.

6.2.2 Aislamiento del patógeno

Para efectuar el aislamiento de la bacteria se utilizó el método de Dean (6). Se procedió a separar una tira delgada de hoja con línea de lápiz, se cortaron trozos de uno o dos milímetros y se observaron al microscopio compuesto de contraste de fases, para comprobar exudado abundante de la bacteria.

Una vez comprobado, se cortaron pequeños trozos (10-15 mm) y se sellaron en los bordes con barniz para uñas. Se introdujeron en hipoclorito de sodio al 3% durante cinco minutos y luego se enjuagaron tres veces en agua destilada estéril. A continuación se eliminaron los bordes sellados y se colocaron los trozos en 0.33 cc de agua esteril sobre un portaobjetos en una caja de Petri para permitir el exudado de *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson. La suspensión bacteriana que se obtuvo se sembró en medio Bacto Agar Nutritivo 1.5 % deshidratado (DIFCO) sellando las cajas petri con Parafilm. Todo este proceso se realizó en una cámara de flujo

laminar (Labconco Purifier Class II) previamente desinfectada y aplicando luz ultravioleta durante 25 minutos.

Las cajas de petri cultivadas se dejaron diez días en cámara de incubación, a 28 grados centígrados, posteriormente, se trasladaron a la refrigeradora a una temperatura de cuatro grados centígrados para su conservación.

La identificación se basó en apariencia de las colonias y velocidad de crecimiento, tomando como base las características observadas en aislamientos originales efectuados en el proceso de determinación de la presencia de la enfermedad escaldadura de la hoja. En medio bacto agar nutritivo *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson presenta crecimiento lento, colonias pequeñas (menos de 1/2 milimetro de diámetro) después de 10 días de incubación y una coloración miel claro de poco contraste.

6.2.3 Procedimiento de inoculación

La suspensión bacteriana se preparó agregando 15 cc de agua destilada estéril por caja de petri frotando con una asa para separar las bacterias del medio. Se agitó y se tomó una muestra de 15 cc de la suspensión la cual se usó como base para medir la transmitancia. Se colocó en una celda de cuarzo y se introdujo en el espectrofotómetro de luz visible (Perkin Elmers, Lambda IIB), calibrado a 600 nanómetros de longitud de luz (la calibración se hace por ajuste digital en el aparato). Por adición gradual de volúmenes conocidos de agua destilada se llevó la suspensión a 77.9% de transmitancia. Por cálculos matemáticos se determinó el volumen necesario para lograr la misma transmitancia en la suspensión bacteriana a usar en la inoculación.

6.2.3.A Inoculación en bandejas

Para la inoculación por el método de gota y atomizada, se procedió a cortar el ápice de los tallos a una altura de aproximadamente una pulgada del suelo; posteriormente se colocó el inóculo, (suspensión bacteriana que durante el traslado y proceso se mantuvo en hielera portátil para su preservación) en la superficie del corte. La inoculación se efectuó bajo techo para protección del sol; se dejaron toda la noche y al día siguiente se trasladaron al campo. Este sitio contó con riego diario.

Para el método de presión, se procedió a cortar trozos de tallo con una yema de cada variedad por medio de una máquina cortadora de yemas, posteriormente se colocó el inóculo (suspensión bacteriana que durante el traslado y proceso se mantuvo en hielera portátil para su preservación) en la porción cortada, y se aplicó presión utilizando un compresor haciendo pasar el aire a través de un quitasato con un tapón perforado.

Se sembraron los trozos inoculados de las cinco variedades en bandejas. Este procedimiento se realizó bajo techo para evitar efectos de sol directo. Al día siguiente se trasladaron al campo junto a las bandejas con los otros métodos.

Las plantas recién inoculadas se protegieron del sol ya que según Koike (12) en pruebas de campo en Brisbane, Australia los tallos inoculados y sin cubrir, presentan infección excelente cuando los días son nublados y con baja humedad. Esto se realizó ya que según Egan (1970), citado por Koike (12), indica que los resultados de dos evaluaciones mostraron que si el corte del tallo e inoculación se hace en días nublados la cubierta de aluminio no es necesaria; en esas pruebas, los síntomas de infección sistémica no fueron infectados por eliminar la cubierta de aluminio, aunque con la cubierta ocurrió una mayor producción de líneas en las hojas inoculadas.

6.2.3.B Inoculación en campo definitivo

Para la inoculación se procedió a cortar el ápice de los tallos de una edad de cuatro meses, a una altura entre la 2da. y 3era. lígula visible, tal como lo indica Koike (12) en evaluaciones de resistencia a escaldadura realizadas en Hawaii, posteriormente se asperjó con un atomizador manual el inóculo, (suspensión bacteriana que durante el traslado y proceso se mantuvo en hielera portátil para su preservación), en la superficie del corte. La inoculación fue realizada alrededor de las cinco de la tarde y en día lluvioso.

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación en bandejas de plástico se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El arreglo de los tratamientos fue producto de una estructura factorial, siendo el siguiente:

CUADRO 2: Estructura factorial del arreglo de los tratamientos por bandeja

FACTOR VARIEDAD	FACTOR METODO
CC 84 -75	
MEX 64-1487	GOTA
CP 72-1210	ATOMIZADO
MEX 69-290	PRESION
CP 72-2086	

Los tratamientos se replicaron seis veces.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + A_i + \beta_j + A\beta_{ij} + e_{ijk}, i=1,\dots,r, j, k = 1,\dots,t$$

en donde

y_{ij} = Efecto observado en la ijk -ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

A_i = Efecto de la i -ésimo nivel del factor A (variedades)

β_j = Efecto de la j -ésimo nivel del factor B (métodos)

$A\beta_{ij}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo niveles del factor A (variedades) con los j -ésimos niveles del factor B (métodos)

e_{ijk} = Efecto del error experimental

Para el caso del corte de ápice a los cuatro meses se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con seis repeticiones, siendo los tratamientos:

CUADRO 3: Estructura factorial del arreglo de los tratamientos por inoculación a los cuatro meses

FACTOR VARIEDAD	FACTOR METODO
CC 84 -75	ATOMIZADO
MEX 64-1487	
CP 72-1210	
MEX 69-290	
CP 72-2086	

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + e_{ij}, i = 1, \dots, r, j = 1, \dots, t$$

En donde

y_{ij} = Efecto observado en la ij-ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

β_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto de la j-ésima variedad

e_{ij} = Efecto del error experimental

6.3.1 Unidad experimental

6.3.1.A Bandeja de plástico

La unidad experimental fue una bandeja de plástico de 28 cm de ancho X 40 cm de largo y 15 cm de profundidad en la cual se depositó sustrato (partes iguales de cachaza, tierra negra y arena) previamente esterilizado con bromuro de metilo. En cada unidad experimental se sembraron 24 plántulas de la variedad respectiva. Para los métodos de gota y aspersión fueron puestas a germinar las yemas en camas germinadoras (en una proporción de 2/4 de arena de río, 1/4 de tierra negra y 1/4 de cachaza seca) 15 días antes de ser llevadas a bandeja.

6.3.1.B Campo definitivo

La unidad experimental fue de 4 surcos de 5 metros de largo inoculando 20 tallos por surco. la unidad experimental fue de 5 metros X 6 metros = 30 m²

6.3.2 Variables respuesta

La variable respuesta fue el grado de incidencia (en porcentaje) de la enfermedad, la cual se determinó contando el número de plantas con síntomas de reacción sistémica (hojas sin inocular con línea de lápiz y/o emisión de brotes laterales) y el número de plantas sanas.

6.3.3 Manejo de la unidad experimental

A cada unidad experimental (en bandejas) se le dio riego diario y control de malezas. En el campo al momento de la siembra, se aplicó fertilizante 18-46-0 a razón de 4 qq/ha y el insecticida Diasagran 5g (Diazinon) a razón de 40 kg/ha para control de insectos.

6.3.4 Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el sistema SAS. Se realizaron análisis de varianza para cada uno de los ensayos; para el de bandejas se probaron cuatro transformaciones sin lograr normalizar la distribución de los datos. Derivado de lo anterior se procedió a utilizar estadística no paramétrica utilizando para el efecto la técnica de Kruskal Wallis; se realizó el análisis de varianza y separación de medias por el método de Tukey. Para la etapa de campo se utilizó análisis de varianza y separación de medias por el método de Tukey.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

CUADRO 4: Análisis de varianza para porcentajes de incidencia de escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum. spp.*) en inoculación en bandeja

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
VARIEDAD	4	24384.17892	6096.04473	20.81	0.0001 **
METODO	2	6053.81331	3026.90666	10.35	0.0001 **
VARIEDAD Y METODO	8	4939.59110	617.44889	2.11	0.0451 *
ERROR	74	21632.91667	292.33671		
TOTAL	88	57010.50000			

C.V. = 37.99

Previo a realizar el análisis de varianza cuya variable respuesta fue porcentaje de incidencia se probó la normalidad de los datos por medio de la prueba de Shapiro Wilks, con lo cual se determinó que la distribución no era normal, por lo que se intentó normalizar la misma con las transformaciones de raíz cuadrada, raíz cuadrada inversa, logaritmo de base 10 y arcoseno de la incidencia. Con las transformaciones anteriores no se logró normalizar la variable respuesta incidencia, por lo que se procedió a usar estadística no paramétrica, específicamente la técnica de Kruskal Wallis (X^2 aproximado) en el análisis de varianza. Finalmente se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey al 0.05p, dado que hubo diferencias para la interacción variedad por método.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de escaldadura, podemos observar que para el factor variedad se encontraron diferencias altamente

significativas. Esto indica que al menos una variedad, en promedio de diferentes métodos, tuvo diferente reacción de susceptibilidad a la enfermedad.

Para el factor método se encontraron diferencias altamente significativas, lo que demuestra el problema que dio origen a la presente investigación.

CUADRO 5: Prueba de medias (Tukey) para la interacción variedad por método de la variable porcentaje de incidencia de escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), inoculadas en bandeja

No.	METODO	VARIEDAD	MEDIA	GRUPO
1	Gota	MEX 64-1487	53.47%	a
2	Presión	MEX 64-1487	35.12%	ab
3	Atomizado	MEX 64-1487	31.31%	bc
4	Gota	MEX 69-290	23.31%	bc
5	Presión	CP 72-1210	30.42%	bc
6	Gota	CC 84-75	21.53%	bc
7	Gota	CP 72-1210	17.06%	bcd
8	Presión	CC 84-75	17.93%	bcd
9	Atomizado	MEX 69-290	11.11%	cde
10	Atomizado	CP 72-1210	7.89%	def
11	Atomizado	CC 84-75	5.56%	efg
12	Gota	CP 72-2086	2.81%	efg
13	Presión	MEX 69-290	2.00%	fg
14	Presión	CP 72-2086	0.00%	g
15	Atomizado	CP 72-2086	0.00%	g

Para la interacción de variedad por método se encontraron diferencias significativas, lo cual indica que cada variedad va reaccionar de diferente manera a los métodos evaluados. Derivado de lo anterior se procedió

a realizar prueba de medias para la interacción.

Para el método de atomizado en bandeja (cuadro 6), la agrupación estadística ubicó correctamente (de acuerdo con su reacción natural en campo) a las variedades MEX 64-1487, MEX 69-290, CP 72-1210 y CP 72-2086. Sin embargo la variedad CC 84-75 fue clasificada como intermedia (en campo se manifiesta como una variedad susceptible). Tal fenómeno es similar al observado por Hughes, Steindl y Egan en Australia (1966), cuando utilizaron el método de corte, gota y cubierta de aluminio. En ese caso la reacción de las variedades evaluadas estuvo de acuerdo con su reacción en campo, exceptuando una variedad (Q57) que comercialmente se mostraba resistente y en la prueba presentó 33 % de infección sistémica (12).

CUADRO 6: Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, por el método de atomizado en bandeja

VARIEDAD	MEDIA
MEX 64-1487	31.31 a
MEX 69-290	11.11 b
CP 72-1210	7.89 b
CC 84-75	5.56 b
CP 72-286	0.00 c

Con el criterio de selección de CENGICANA (10% de incidencia como límite de aceptación para variedades resistentes), las variedades CP 72-1210 (de susceptibilidad intermedia) y CC 84-75 (susceptible), habrían sido seleccionadas equivocadamente como resistentes. Este fenómeno fue indicado por Koike (12) para la isla de Mauricio con diversos métodos de inoculación, los cuales no fueron satisfactorios ya que los resultados obtenidos en las pruebas no siempre estuvieron de acuerdo con la reacción en el campo.

CUADRO 7: Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, por el método de presión en bandeja

VARIEDAD	MEDIA
MEX 64-1487	35.12 a
CP 72-1210	30.42 b
CC 84-75	17.93 b
MEX 69-290	2.00 c
CP 72-2086	0.00 c

Para el método de presión y siembra en bandeja (cuadro 7), las variedades MEX 64-1487, CP 72-1210 y CP 72-2086 fueron ubicadas correctamente. Con el criterio de selección de CENGICAÑA, la variedad MEX 69-290 (de susceptibilidad intermedia) habría sido seleccionada como variedad resistente lo cual es incorrecto.

CUADRO 8: Agrupación estadística de medias de reacción a inoculación con *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, por el método de gota en bandeja

VARIEDAD	MEDIA
MEX 64-1487	53.47 a
MEX 69-290	23.31 b
CC 84-75	21.55 b
CP 72-1210	17.06 b
CP 72-286	2.81 c

Como se observa en el cuadro 8, para el método de gota solamente la variedad CC 84-75 fue clasificada dentro de un grupo incorrecto (como de susceptibilidad intermedia cuando su reacción natural en el campo es de susceptibilidad). Con el criterio de selección de CENGICAÑA habría sido seleccionada solamente la CP 72-

2086 lo cual es correcto.

Para la etapa de campo, se probó la normalidad de la variable respuesta incidencia por medio de la prueba de Shapiro Wilks, con lo cual se determinó que su distribución es normal, por lo que se procedió a realizar el análisis de varianza, habiéndose obtenido diferencias significativas entre variedades. Posteriormente, se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey al 0.05p.

CUADRO 9: Análisis de varianza para porcentajes de incidencia de escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en inoculación en campo por el método de atomizado a los cuatro meses de edad

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
BLOQUE	5	948.381870	189.676374	2.58	0.0587 NS
VARIEDAD	4	6267.434933	1566.858733	21.32	0.0001 **
ERROR	20	1469.865347	73.493267		
TOTAL	29	8685.682150			

C.V. = 37.47

Para el método de atomizado en campo, a los cuatro meses de edad, como se observa en el cuadro 9, el factor variedad mostró diferencias altamente significativas, por lo cual se efectuó prueba de medias para ese factor.

CUADRO 10: Prueba de medias de reacción a inoculación con *Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson, por el método de atomizado en campo a los cuatro meses de edad

VARIEDAD	MEDIA	GRUPO
MEX 64-1487	37.710	a
CP 72-1210	36.625	a
MEX 69-290	26.943	b
CC 84-75	13.097	b
CP 72-2086	00.000	c

En el cuadro 10 se observa que dos variedades fueron ubicadas en grupos de reacción incorrectos (CP 72-1210 y CC 84-75). La variedad CC 84-75 es de reacción susceptible. En cuanto a la CP 72-1210 (de reacción intermedia) el método la ubica dentro del grupo de susceptibles. Las tres variedades que se ubicaron con su reacción natural fueron MEX 64-1487 (reacción susceptible), MEX 69-290 (reacción intermedia) y CP 72-2086 (reacción resistente).

Con base en las medias de incidencia, CENGICAÑA habría seleccionado la variedad CP 72-2086 como una variedad resistente a la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson), lo cual es su reacción normal en campo.

Tomando como base lo discutido en los cuadros del 4 al 10, con el propósito de selección para resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson), los métodos que pueden permitir una selección correcta son el de gota y el de atomizado en campo. Sin embargo, por consideraciones de costo y tiempo necesario para cada uno de ellos, el método a elegir es el de gota con plantas en bandeja. Esto concuerda con Koike (12), cuando indica que la principal objeción al método de campo es el tiempo necesario para obtener

resultados los cuales pueden ser muy similares a los obtenidos con métodos de bandeja en menor tiempo y que el objetivo primario de las pruebas de resistencia es la determinación de la reacción de nuevas variedades a la enfermedad en un período tan corto como sea posible.

Ninguno de los métodos evaluados ubicó a todas las variedades en su grupo correcto de reacción natural a la enfermedad (como se observa en el campo a las variedades utilizadas) , pero el que más se aproximó a ello, fue el método de gota con plantas en bandeja. Este método permite, a la vez, utilizar una cama germinadora para aumentar el porcentaje de brotación. Cuando se utilizó este método, las plántulas tenían buen vigor con lo cual se obtuvo una brotación del 100%.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Dentro de los evaluados, el método de gota en bandeja, aplicado en plántulas de dos meses de edad, es el más adecuado para evaluación de resistencia a escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* Ashby, Dowson) en variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).
- 8.2 Ninguno de los métodos evaluados permitió la diferenciación clara entre variedades susceptibles y variedades de resistencia intermedia. Para propósitos de selección, tiene importancia relativa, ya que en el proceso de selección las variedades o clones de resistencia intermedia y susceptibles son eliminadas.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda utilizar el método de inoculación por gota en bandejas a las variedades y clones promisorios que CENGICAÑA está generando en el Programa de Mejoramiento de Plantas.
- 9.2 Dentro del proceso de siembra en bandejas se recomienda que previo a la siembra, se haga una cama de germinación, a efecto de unificar el tamaño y vigor de las plántulas.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G. N. 1991. Fitopatología. 5 ed. México, Limusa. 756 p.
2. BOESCHE, A. R. 1996. Guatemala subió al sexto lugar en producción mundial azucarera, reportaje económicas. Prensa Libre, Guatemala; enero, 18: 97,100
3. _____. 1996. Guatemala: tercer exportador de azúcar en Latinoamérica, Siglo Veintiuno, Guatemala; agosto, 8: 10
4. BUENAVENTURA, C.E. 1992. Estudio para la conformación del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar de Guatemala. Guatemala, CENGICA. Documento Técnico no. 1 52 p.
5. CHINEA M., A.; RODRIGUEZ L., E. L. 1994. Enfermedades de la caña de azúcar. Cuba, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 100 p.
6. DEAN, J.L. 1974. A method for isolating Xanthomonas albilineans from sugar cane leaves. Plant Disease (USA) 58 (5): 439-441
7. ESQUIVEL, E. 1980. La escaldadura de la hoja de la caña de azúcar Xanthomonas albilineans (Ashby), Dowson, en Panamá. In International Society of Sugar Cane Technologists (17, 1980, Manila). Proceedings. Philipines, Print-Inn. p. 99-111
8. FLORES, S. 1976. Manual de caña de azúcar. Guatemala, INTECAP p. irr.
9. GONZALEZ F., A. R. 1995. Diagnóstico de las enfermedades más importantes en la caña de azúcar en Guatemala. EPSA Diagnóstico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 24 p.
10. _____. 1995. Evaluación de tres métodos de inoculación para la determinación de la resistencia a escaldadura de la hoja (Xanthomonas albilineans Ashby, Dowson) en la caña de azúcar (Saccharum officinarum). EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36 p.
11. _____. 1995. Informe final de servicios del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. EPSA Informe General de Servicios. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45 p.
12. KOIKE, H. 1980. Testing sugarcane varieties for leaf scald disease resistance. In International Society of Sugar Cane Technologist. (17, 1980, Manila). Proceedings. Philipines, Print-Inn. p. 909-919.
13. LIU, L.J; BERNARD, A. F. 1973. Enfermedades de la caña de azúcar en la República Dominicana. República Dominicana, Consejo Estatal del Azúcar. p. 26 - 28
14. MARTIN O. J.R. *et al.* 1987. La caña de azúcar en Cuba. Cuba, Científico-Técnica. 612 p.

15. OROZCO H. *et al.* 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum sp*) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento Técnico no. 6. 33 p.
16. OVALLE S., W. *et al.* 1995. First report of leaf scald of sugarcane (*Xanthomonas albilineans*) in Guatemala. Plant Disease (USA) 79 (2): 212
17. _____. 1995. Evaluación de enfermedades. Boletín Técnico Informativo (Gua.) 3 (2): 7-8
18. _____. 1996. Pérdidas causadas por escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), en las variedades CP 70-1547 y CC 84-75. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. 117 p.
19. RICAUD, C. ; RYAN C.C. 1989. Leaf scald; diseases of sugar cane major diseases. Amsterdam. Elsevier Science Publisher Company. p. 39 - 57
20. ROTT, P. 1995. L'échaudure des feuilles de la canne á sucre. Agriculture et Développement (Fr) no 6: 49-56
21. SINGH, D.P. s. f. Breeding for resistance to diseases and insect pests. New York, Estados Unidos, Springer-Verlag. p. 90-153.
22. SOTO, G. J. *et al.* 1995. Evaluación regional de variedades promisorias de caña de azúcar en plantilla, zafra 1994-95. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Documento Técnico no. 3. 32 p.
23. TEJEDA POMA, V. H. 1993. Evaluación de cuatro unidades de muestreo para estimar densidades de plagas en caña de azúcar (*Saccharum Officinarum* L.). Siquinálá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía 81 p.
24. VICTORIA K., J. I. 1994. Escaldadura de la hoja en Colombia, situación, prevención y control. Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica no. 5. p. 1-4

Vo. Bo. Rolando Barrios.



11. APENDICE

APENDICE 1. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ESCALDADURA EN TRES METODOS EN BANDEJA

REPETICION	FACTOR A VARIEDAD	FACTOR B METODO	INCIDENCIA %	MEDIA %
1	CC 84-75	GOTA	16.67	2.153,00
2	CC 84-75	GOTA	37.50	
3	CC 84-75	GOTA	25.00	
4	CC 84-75	GOTA	16.67	
5	CC 84-75	GOTA	20.83	
6	CC 84-75	GOTA	12.5	
1	CC 84-75	PRESION	00.00	17.93
2	CC 84-75	PRESION	00.00	
3	CC 84-75	PRESION	39.13	
4	CC 84-75	PRESION	25.00	
5	CC 84-75	PRESION	29.17	
6	CC 84-75	PRESION	14.29	
1	CC 84-75	ATOMIZADO	00.00	5.56
2	CC 84-75	ATOMIZADO	8.33	
3	CC 84-75	ATOMIZADO	8.33	
4	CC 84-75	ATOMIZADO	00.00	
5	CC 84-75	ATOMIZADO	16.67	
6	CC 84-75	ATOMIZADO	00.00	
1	CP 72-1210	GOTA	26.09	17.06
2	CP 72-1210	GOTA	4.35	
3	CP 72-1210	GOTA	8.33	
4	CP 72-1210	GOTA	8.33	
5	CP 72-1210	GOTA	29.17	
6	CP 72-1210	GOTA	26.09	
1	CP 72-1210	PRESION	12.50	30.42
2	CP 72-1210	PRESION	20.00	
3	CP 72-1210	PRESION	66.67	
4	CP 72-1210	PRESION	33.33	
5	CP 72-1210	PRESION	00.00	
6	CP 72-1210	PRESION	50.00	
1	CP 72-1210	ATOMIZADO	9.09	7.89
2	CP 72-1210	ATOMIZADO	4.17	
3	CP 72-1210	ATOMIZADO	17.39	
4	CP 72-1210	ATOMIZADO	0	
5	CP 72-1210	ATOMIZADO	4.17	
6	CP 72-1210	ATOMIZADO	12.5	

REPETICION	FACTOR A VARIEDAD	FACTOR B METODO	INCIDENCIA %	MEDIA %
1	CP 72-2086	GOTA	00.00	2.81
2	CP 72-2086	GOTA	4.17	
3	CP 72-2086	GOTA	4.35	
4	CP 72-2086	GOTA	4.17	
5	CP 72-2086	GOTA	4.17	
6	CP 72-2086	GOTA	00.00	
1	CP 72-2086	PRESION	00.00	00.00
2	CP 72-2086	PRESION	00.00	
3	CP 72-2086	PRESION	00.00	
4	CP 72-2086	PRESION	00.00	
5	CP 72-2086	PRESION	00.00	
6	CP 72-2086	PRESION	00.00	
1	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	00.00
2	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	
3	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	
4	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	
5	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	
6	CP 72-2086	ATOMIZADO	00.00	
1	MEX 64-1487	GOTA	66.67	53.47
2	MEX 64-1487	GOTA	37.50	
3	MEX 64-1487	GOTA	54.17	
4	MEX 64-1487	GOTA	62.50	
5	MEX 64-1487	GOTA	45.83	
6	MEX 64-1487	GOTA	54.17	
1	MEX 64-1487	PRESION	35.00	35.12
2	MEX 64-1487	PRESION	77.78	
3	MEX 64-1487	PRESION	33.33	
4	MEX 64-1487	PRESION	00.00	
5	MEX 64-1487	PRESION	33.33	
6	MEX 64-1487	PRESION	31.25	
1	MEX 64-1487	ATOMIZADO	25.00	31.31
2	MEX 64-1487	ATOMIZADO	60.87	
3	MEX 64-1487	ATOMIZADO	37.50	
4	MEX 64-1487	ATOMIZADO	52.00	
5	MEX 64-1487	ATOMIZADO	00.00	
6	MEX 64-1487	ATOMIZADO	12.50	

REPETICION	FACTOR A VARIEDAD	FACTOR B METODO	INCIDENCIA %	MEDIA %
1	MEX 69-290	GOTA	21.74	23.31
2	MEX 69-290	GOTA	12.50	
3	MEX 69-290	GOTA	34.78	
4	MEX 69-290	GOTA	16.67	
5	MEX 69-290	GOTA	20.83	
6	MEX 69-290	GOTA	33.33	
1	MEX 69-290	PRESION	0	2.00
2	MEX 69-290	PRESION	0	
3	MEX 69-290	PRESION	0	
4	MEX 69-290	PRESION	0	
5	MEX 69-290	PRESION	0	
6	MEX 69-290	PRESION	10	
1	MEX 69-290	ATOMIZADO	8.33	11.10
2	MEX 69-290	ATOMIZADO	12.5	
3	MEX 69-290	ATOMIZADO	4.17	
4	MEX 69-290	ATOMIZADO	33.33	
5	MEX 69-290	ATOMIZADO	4.17	
6	MEX 69-290	ATOMIZADO	4.17	

APENDICE 2. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ESCALDADURA POR EL METODO DE INOCULACION EN CAMPO

REPETICION	VARIEDAD	INCIDENCIA (%)	MEDIA (%)
1	MEX 64-1487	50.00	37.71
2	MEX 64-1487	28.57	
3	MEX 64-1487	30.00	
4	MEX 64-1487	21.11	
5	MEX 64-1487	65.00	
6	MEX 64-1487	31.58	
1	CP 72-1210	43.36	36.625
2	CP 72-1210	35.60	
3	CP 72-1210	40.00	
4	CP 72-1210	15.79	
5	CP 72-1210	50.00	
6	CP 72-1210	35.00	
1	MEX 69-290	30.00	26.943
2	MEX 69-290	30.00	
3	MEX 69-290	35.00	
4	MEX 69-290	25.00	
5	MEX 69-290	25.00	
6	MEX 69-290	16.66	
1	CC 84-75	15.79	13.096
2	CC 84-75	5.50	
3	CC 84-75	21.00	
4	CC 84-75	15.00	
5	CC 84-75	15.79	
6	CC 84-75	5.50	
1	CP 72-2086	00.00	00.00
2	CP 72-2086	00.00	
3	CP 72-2086	00.00	
4	CP 72-2086	00.00	
5	CP 72-2086	00.00	
6	CP 72-2086	00.00	



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

Sem-019/97

LA TESIS TITULADA: EVALUACION DE CUATRO METODOS DE INOCULACION
 PARA LA DETERMINACION DE RESISTENCIA A ESCAL-
 DADURA DE LA HOJA(Xanthomonas albilineas
 Ashby Dowson) EN CANA DE AZUCAR (Saccharum spp.).

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE ALEX ROLANDO GONZALEZ FIGUEROA

CARNET No. 53156

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES Ing. Agr. José Calderon Diaz
 Ing. Agr. Víctor Alvarez Cajas

LOS ASESORES Y LAS AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA HACEN
 CONSTAR QUE HA CUMPLIDO CON LAS NORMAS Y REGLAMENTOS DE LA FACULTAD
 DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Ing. 
 ASESOR

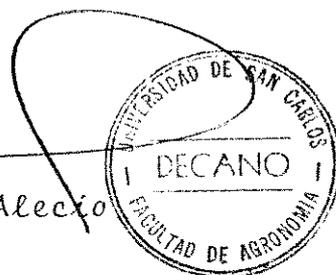
Ing. 
 ASESOR

Ing. 
 DIRECTOR IIA



IMP R I M A S E

Ing. 
 DECANO



CC. Control Acad. APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

Archivo

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770