



**Ministerio de Educación Superior
Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Agronomía.**

Maestría en Ciencias Agrícolas.

**Tesis presentada en opción al Título Académico de
Master en Ciencias Agrícolas.**

**Escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans*
(Ashby) Dowson de la Caña de Azúcar: evaluación
de la resistencia varietal y algunos aspectos
epidemiológicos.**

Autor: Ing. Yosel Pérez Pérez.

**Tutor (es): Dr. José Ramón Pérez Milián.
Dr. Antonio Chinaa Martín.**

Año 53 de la Revolución.

Mayo, 2011

Resumen

La escaldadura foliar, una enfermedad fibrovascular de la caña de azúcar, causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, fue detectada en Cuba a principios de la década del '80, pero no fue hasta 1998 que se detectó un brote epifitiológico en diferentes áreas del País, afectando simultáneamente gran número de genotipos; estudios moleculares de su organismo causal permitieron detectar los serovares I y III, de los cuales el primero es el responsable del brote epidemiológico observado, a la vez que resulta el más diseminado en la colección de germoplasma, áreas experimentales y plantaciones comerciales. La enfermedad consta de dos formas (crónica y aguda) y dos fases (latencia y eclipse), que muchas veces dificultan su detección y diagnóstico, evaluación de los daños y aplicación de las medidas de control. El estudio del brote ocurrido en la colección de germoplasma de la caña de azúcar en la provincia Matanzas, sobre una población de 2915 genotipos reflejó un crecimiento de 4% un año después, pero medidas de saneamiento con tratamiento hidrotérmico redujo el total de genotipos afectados hasta el 3%. La representación gráfica mediante un SIG de la distribución espacial de la enfermedad, el estudio de la propagación del patógeno en diferentes etapas del programa de mejoramiento genético y su relación con el ambiente demostraron que la propagación mediante los instrumentos o medios empleados para el corte y la lluvia, clasifican como los factores más críticos en la epidemiología de la enfermedad. El estudio empleando la metodología vigente para evaluar la resistencia de los genotipos ante el organismo causal requiere de dos años, con el consiguiente gasto de recursos materiales y humanos; un estudio desarrollado en áreas de la EPICA Matanzas, empleando 185 progenitores pertenecientes al programa de mejora genética para comparar la reacción de los mismos cuando son evaluados indistintamente en condiciones controladas con la obtenida cuando son evaluados en el campo, permitió obtener una correlación alta y directa ($R^2 = 0.7047$) entre los resultados alcanzados en ambas condiciones, obteniendo la ecuación:

$$Y = 0,7855x + 1,3217$$

que permite predecir en dos meses los resultados esperados de la evaluación en campo, con un significativo ahorro de recursos materiales, humanos y de tiempo, con resultados similares.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar está situado entre una de las fuentes de alimentación más importante o principales para la humanidad, ya que presenta diversas formas de utilización que posibilita una amplia gama de derivados, de acuerdo a los procesos industriales. Según datos de Rossi (2001), en el mundo 15 000 000 de ha de suelo son dedicadas a las plantaciones de caña, ubicándose entre los principales países productores Australia, Brasil, Cuba, EUA, India, Mauricio, Pakistán y Sudáfrica, entre otros.

La escaldadura de la hoja fue identificada como una peligrosa enfermedad fibrovascular de la caña de azúcar en la década del '20 en Australia, según investigaciones realizadas por Wilbrink (1920) en Java y North (1926) en Australia, quienes trabajaron de forma simultánea, pero independientemente. Su presencia se registró en varios países como Filipinas (1923), Mauricio (1928), y Hawai (1930), según Martin y Robinson (1961), citados por Ricaud y Ryan en 1989. Ocasionó serias pérdidas durante los primeros años en las cañas nobles, pero su control fue alcanzado, gradualmente, mediante el reemplazo de las variedades susceptibles por cultivares híbridos resistentes. A pesar de ello, medio siglo después del informe inicial, se había identificado la enfermedad en 61 países y diferentes localidades geográficas (Rott *et al.*, 1995). Durante las últimas décadas se han registrado numerosos brotes de esta patología en diferentes áreas cañeras del mundo y se considera que el organismo patógeno está presente en unos 65 países, donde causa pérdidas significativas en genotipos altamente susceptibles (Rott y Davis, 2000).

En muchos casos, aún cuando se encuentra presente en las plantaciones comerciales, se ha mantenido bajo control por medio del mejoramiento genético; no obstante, causa pérdidas en el rendimiento agrícola y se ha demostrado que afecta el contenido de sacarosa en el jugo, en dependencia de la cantidad de material infectado que entra al ingenio durante el proceso de fabricación (Pérez *et al.*, 2004).

En Cuba, entre los años 1978-1982 se detectó la presencia de 14 focos de la enfermedad distribuidos en 7 provincias del país (Rivera *et al.*, 1979). Años más tarde se detectó la existencia de infecciones latentes en vitroplantas y plantaciones de producción y se señaló el peligro del resurgimiento de la enfermedad (Peralta *y col.*, 1997). Se encuentra propagada en toda el área cañera, afectando prácticamente la totalidad de los cultivares comerciales o en desarrollo, cuyas pérdidas, sobre los genotipos afectados, se calculan entre 0,5-1% de la producción de azúcar (Pérez *et al.*, 2002; Barroso, 2008).

El aspecto más controvertido actualmente respecto a esta peligrosa patología está relacionado con su control, pues la obtención de genotipos resistentes mediante el mejoramiento genético aún está por debajo de los niveles esperados, por lo que la resistencia de los cultivares como una forma de control no ha resultado lo suficientemente efectiva en esta etapa, lo cual junto a sus eficientes formas de propagación mediante la semilla enferma, la lluvia, el aire, medios de cosecha y otros, la convierten en un problema que puede contribuir a que la incertidumbre haga presa entre los productores (Matos *et al.*, 2002).

Actualmente la escaldadura foliar de la caña de azúcar es, en la práctica, una patología nociva para los cultivares comerciales y a corto plazo, no se vislumbran muchas posibilidades de control empleando genotipos resistentes. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que el enfrentamiento a esta enfermedad es posible, si se instrumenta un sistema de medidas que sean ejecutadas de conjunto, hasta tanto el nivel cognoscitivo permita que la lucha genética sea una opción con valor práctico verdadero.

La presente Tesis de Maestría pretende dar respuesta al siguiente:

Problema Científico:

¿Cómo lograr una reducción en tiempo, recursos materiales y mano de obra en las pruebas de resistencia de los genotipos de caña de azúcar a la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y conocer de qué forma será su comportamiento epidemiológico?

Con vistas a dar respuesta a la problemática anterior, se desarrolló la siguiente:

Hipótesis de trabajo:

Si se inocula la bacteria *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson sobre plantas jóvenes procedentes de yemas individuales en condiciones controladas, los resultados de la resistencia podrían obtenerse en menos de 60 días, con el consiguiente ahorro de recursos humanos y materiales, así como menos tiempo para evaluar mayor cantidad de cultivares. Por otra parte, si se estudia la propagación natural del patógeno, serían obtenidos resultados valiosos sobre las características epidemiológicas de la enfermedad.

Para dar cumplimiento a los elementos planteados en la hipótesis anterior, fueron trazados los objetivos siguientes:

Objetivo General

Mejorar la eficiencia del sistema evaluativo de cultivares comerciales y progenitores de caña de azúcar ante la escaldadura foliar, manteniendo el rigor de los resultados y teniendo en cuenta el comportamiento epidemiológico de la enfermedad.

Objetivos específicos

1. Identificar componentes epidemiológicos relacionados con la incidencia natural del patógeno y severidad de la enfermedad.
2. Establecer un método que permita reducir el tiempo de evaluación de genotipos ante la escaldadura foliar, al abarcar mayor número de cultivares en menor área y tiempo, con el consiguiente ahorro de recursos materiales y humanos.

2.0. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En muchos países la Caña de Azúcar, *Saccharum spp. (híbrido)*, es considerada como un cultivo prioritario desde el punto de vista económico y social, por constituir una importante fuente de empleo directo en el campo y la industria; nadie cuestiona sus propiedades como la principal fuente de edulcorantes naturales, así como en la elaboración de subproductos como el alcohol, conglomerados, alimentos para animales y otros (Fuchs *et al.*, 2005).

Se cultiva principalmente en regiones tropicales y subtropicales, y como cultivo semiperenne de estas áreas, está expuesto a la acción de factores bióticos y abióticos durante gran parte del año, los cuales inciden directamente en los rendimientos; las enfermedades, independientemente de sus causas: hongos, virus, bacterias, factores ambientales, trastornos indeterminados y otras, constituyen un factor de relativa importancia (Chinea *et al.*, 2000; Jimenes *et al.*, 2004).

Bressiani *et al.* (2005) consideran a la escaldadura foliar como una de las enfermedades mas importantes de la Caña de Azúcar en Brasil y Koike (1965) la incluye entre las de mayor impacto en el mundo, causando grandes pérdidas e incluso, la destrucción total en pocos años de cultivares susceptibles.

Esta patología fue observada por primera vez en Indonesia, en 1920, y durante varios años se propagó con gran intensidad, lo que determinó la proscripción de numerosas variedades en diferentes áreas cañeras del mundo (Chinea *et al.*, 1994); ese mismo año fue reconocida como una enfermedad vascular bacteriana, gracias a las investigaciones realizadas por Wilbrink en Java y North en Australia y Fiji, (citado por Martin y Robinson, 1961). Los primeros indicios de la enfermedad sustentan la posibilidad de que estuviera presente antes de ser reconocida por su similitud con otros desórdenes o debido a las frecuentes infecciones latentes (Ricaud y Ryan, 1989).

A inicios del siglo XX se informaron grandes pérdidas en cañas nobles susceptibles o variedades tolerantes, las cuales se distribuyeron por todo el mundo, favoreciendo la diseminación del organismo patógeno, al no existir las medidas cuarentenarias. La enfermedad se mantuvo bajo control reemplazando las cañas nobles susceptibles por cultivares resistentes (Ricaud y Ryan, 1989).

2.0.1 Organismo causal

Tanto Wilbrink como North descubrieron que la enfermedad era causada por una bacteria en forma de bacilo aunque no pudieron nombrarla debido a dificultades para teñir el flagelo polar (Ricaud y Ryan, 1989).

Sabih propuso el nombre de *Bacterium albilineans*, que más tarde se cambió por *Phytomonas*. En 1943, Dowson reclasificó las bacterias fitopatógenas con un flagelo polar que producían pigmentos amarillos, incluyéndolas en el género *Xanthomonas*, denominando al patógeno de la escaldadura foliar como *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson (citado por Martin y Robinson, 1961).

Tanto Holt (1994), como China y Milanés (2008), plantean que la bacteria que causa la escaldadura de la hoja presenta forma de varilla corta Gram negativa, con dimensiones de 0,25-0,3 micrómetros por 0,6-1,0 micrómetro y puede presentarse como células aisladas o formando cadenas. Posee movilidad mediante un flagelo polar y forma colonias amarillas viscosas, pero no mucoides. Es un microorganismo aerobio y entre sus características bioquímicas se puede mencionar que hidroliza la aesculina, crece sobre leche, pero es incapaz de descomponer las proteínas.

No crece sobre sales de amonio, nitratos o asparagina, como fuentes de nitrógeno. No reduce los nitratos a nitritos, produce invertasa pero no ureasa y requiere metionina para su crecimiento normal; se desarrolla a 25°C y su temperatura de crecimiento es 37°C. Produce una toxina llamada albicidina, que

bloquea la diferenciación de cloroplastos, lo que resulta en la aparición de los síntomas característicos de la enfermedad (Rott *et al.*, 2010). Sobre la base de las características señaladas, la posición sistemática asumida para esta bacteria es la siguiente:

Reino: **Bacteria**

Phylum: **Proteobacteria**

Clase: **Gammaproteobacteria**

Orden: **Xanthomonadales**

Familia: ***Pseudomonadaceae***

Género: **Xanthomonas**

Especie: **Albilineans**

NOMBRE COMÚN: **escaldadura foliar**

NOMBRE CINTÍFICO: ***Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson.**

2.0.2 Sintomatología

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por la aparición de rayas largas y estrechas de color blanco, con bordes bien definidos que forman un ángulo agudo con 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 cultivares susceptibles, se presenta el enanismo de los tallos como resultado del acortamiento de los entrenudos, las yemas laterales brotan, pueden morir los tallos 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 (Chinea y Rodríguez, 1994; 2010; Garcés, 2003).

La enfermedad se presenta en dos formas diferenciadas, la crónica y la aguda, pero muy frecuentemente se presentan fases particulares de latencia y eclipse por largos períodos de tiempo. Las características de estas fases han sido descritas

detalladamente por diferentes autores (Ricaud y Ryan, 1989; Rott *et al.*, 1995; Davis y Rott, 2000)

Forma crónica

Se caracteriza por síntomas externos severos. El más típico es la presencia de líneas finas de color blanco en la lámina de la hoja que miden aproximadamente 1-2 mm de ancho, siguiendo la dirección del nervio central. El nombre específico del organismo causal se derivó de la presencia de este síntoma. En ocasiones se presentan puntos necróticos a lo largo de la línea blanca y puede encontrarse clorosis parcial o completa en las hojas afectadas y retoños achaparrados (Matos, 2002).

Según (Chinea y Rodríguez, 1994), sobre los cultivares resistentes y tolerantes sólo se presentan los síntomas de la forma crónica y, en muchas de ellas, son tan leves que pueden pasar inadvertidos; sin embargo, cuando llega el momento crítico para la propagación y desarrollo de la enfermedad, se puede producir una epifitotia repentina. Los haces fibrovasculares de los tallos afectados con la forma crónica, presentan una coloración rojo brillante, principalmente en la región del nudo, pero también se presentan en toda la longitud de los entrenudos y al avanzar la enfermedad, se pueden formar cavidades prominentes en los tejidos maduros del interior del tallo figura 1 (Chinea y Rodríguez, 2010).

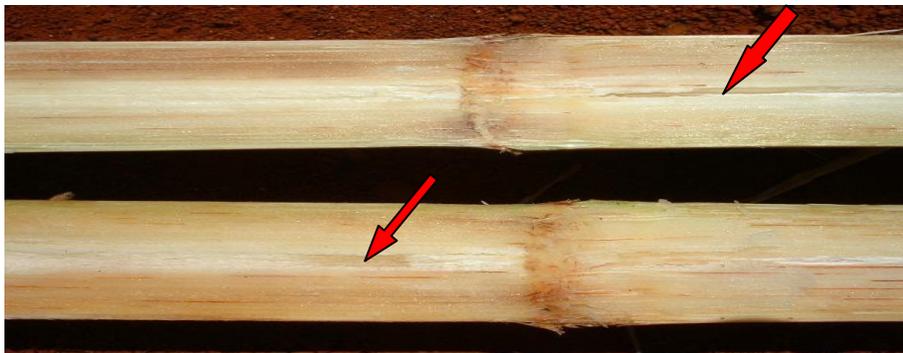


Figura. 1. Mostrando síntomas internos en tallo.

Forma aguda

Se caracteriza por la muerte súbita de tallos maduros, generalmente sin previa expresión de síntomas. Plantones enteros y/o grandes áreas de un campo pueden ser afectados. Algunas veces pueden existir pequeños brotes en la base del tallo, mostrando el síntoma típico (figura.2). El comienzo de esta condición generalmente se debe a períodos de estrés, especialmente sequías prolongadas o períodos de sequía, seguidos de períodos de lluvia (Rott y Davis, 1995; Tokeshi, 1997).

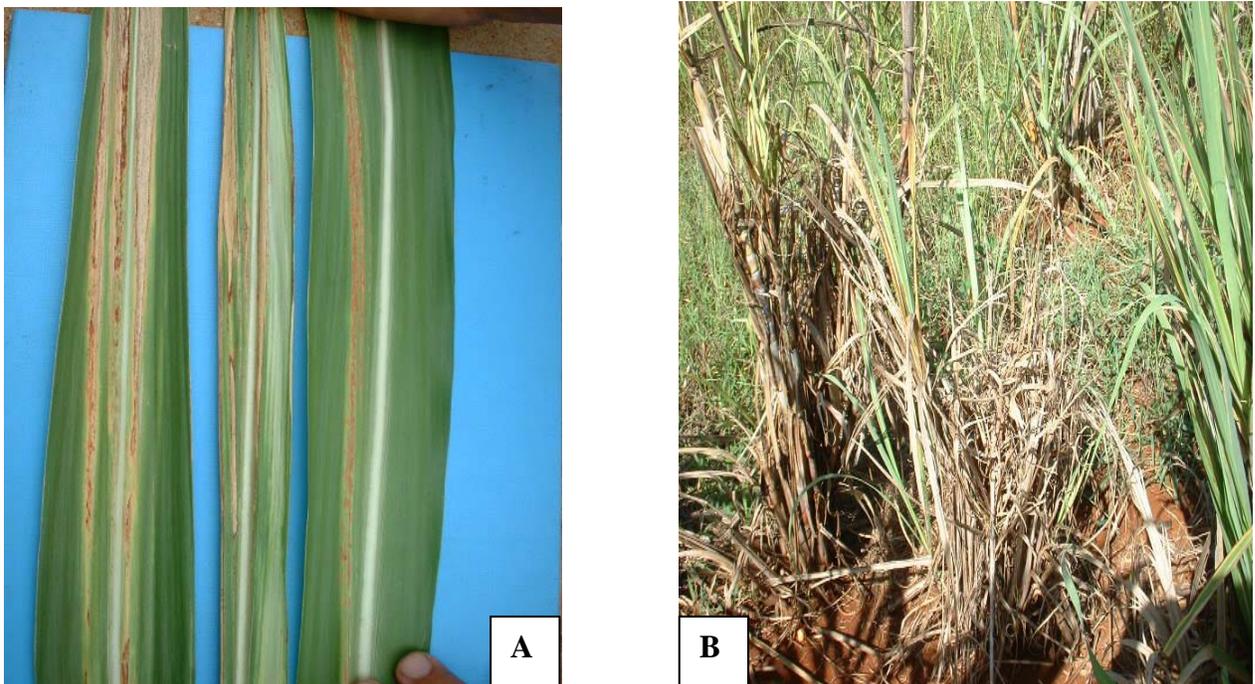


Figura. 2. Síntomas extremos (A) Rayas blancas formando ángulo con la nervadura central o forma crónica, y, (B) Muerte del plantón o forma aguda.

Fases de latencia y eclipse

Latencia. Se produce después que ha ocurrido la forma crónica, a partir de los brotes que no murieron ni presentaron la sintomatología durante toda la vida de la planta, que aparentan una recuperación de la enfermedad y no se observan los síntomas. La recuperación aparente es más común en los cultivares tolerantes, cuando coinciden condiciones ambientales y agrotécnicas favorables para el

crecimiento óptimo de la Caña de Azúcar. Puede presentarse en unos pocos tallos o en varias cepas y en ocasiones, hasta en un área extensa. El período de latencia puede romperse después de la cosecha, cuando se produce el rebrote o mantenerse durante largo tiempo, hasta que aparecen nuevamente los síntomas, después que se han tomado para plantaciones nuevas, estacas procedentes de campos infectados. La latencia prolongada conduce al establecimiento local de la enfermedad y constituye un peligro potencial para el proceso de cuarentena, así como durante la producción de semilla. Por esta razón, es necesario disponer de técnicas apropiadas para diagnosticar, con precisión y sensibilidad, el estado de latencia en los semilleros y garantizar la sanidad del material de plantación, elemento fundamental en el combate integrado contra la escaldadura de la hoja (Chinea y Rodríguez, 2010).

La fase de latencia constituye uno de los principales obstáculos en la lucha contra la escaldadura foliar. Esto ha provocado que la enfermedad se haya diseminado ampliamente a causa del empleo como material de plantación, propágulos infectados obtenidos de plantas aparentemente sanas (Ricaud y Ryan, 1989).

Eclipse. Esta fase está íntimamente relacionada con la fase de latencia, pues también se presenta en cultivares resistentes y tolerantes, por lo cual representa un peligro potencial para la propagación de la enfermedad de forma inadvertida. Se caracteriza porque aparecen y desaparecen rayas blancas foliares; en las hojas jóvenes no se observa ningún síntoma. Una misma planta puede ser registrada como enferma o sana, en dependencia del momento en que se realice la inspección de la enfermedad en la plantación.

Muchas plantas infectadas no presentan síntomas o solamente algunas líneas blancas foliares durante un largo período, llamado fase de latencia, la cual prevalece en la mayoría de los cultivares comerciales que presentan tolerancia, por lo que conviven con el organismo patógeno durante varios años sin manifestar síntomas externos. Las razones por las cuales se rompe el estado de

latencia son aún desconocidas, pero por lo general, se asume que se debe al estrés climático o nutricional, que podría favorecer el desarrollo de la enfermedad (Tokeshi, 1997).

En 1997, en la Universidad de Queensland, Zhang y Birch descubrieron una proteína que destruye la toxina producida por la bacteria *Xanthomonas albilineans* en caña de azúcar. Al gen que codifica dicha proteína se le denominó albD y, Zhang *et al.* (1999), modificaron genéticamente plantas de los cultivares Q63 y Q87 con el gen mencionado. Con este estudio descubrieron que con una mínima expresión del gen, es suficiente para evitar el ataque del patógeno, por lo que la transformación no representa una carga metabólica dentro de la planta (Citado por Maldonado *et al.*, 2008).

2.0.3 Transmisión y hospedantes

Se ha demostrado por diversos autores que la diseminación de la bacteria se realiza, fundamentalmente, por los implementos de corte y por el empleo de semilla infectada (Rott *et al.*, 1994; Aday *et al.*, 2001; Saumtally *et al.*, 2004; Bressiani *et al.*, 2005; James, 2005; Garcés y Valladares, 2006 y Chinea y Milanés, 2008). De acuerdo con Victoria *et al.* (1995), la bacteria puede permanecer viva sobre el machete infectado un promedio de hasta 6 días.

También se ha informado que existen otras vías de propagación a través del agua, del suelo, de una planta a otra por contacto de los exudados radicales, por daños mecánicos producidos entre plantas enfermas y sanas, motivado por los fuertes vientos, por algunos insectos y roedores según (Chinea y Rodríguez, 2010) y por el viento (Daugrois *et al.*, 2000), aunque la bacteria al parecer, es incapaz de sobrevivir en el suelo por largos períodos de tiempo (Rivera *et al.*, 1979).

Daugrois *et al.* (2006), citado por Comstock *et al.* (2007), se refirió a la dispersión de la escaldadura en Guadalupe, donde las gómulas de agua con altas poblaciones bacterianas en el follaje, se relacionan con alta humedad y lluvia combinada con

el viento, en zonas de alta pluviosidad, que constituyen un medio fundamental para la propagación de la enfermedad.

Aunque la Caña de Azúcar es el principal hospedante, se ha informado como hospedantes naturales varias monocotiledóneas, como *Zea maíz L.*, *Briachiaría piligera* (F. Muell) Hughes, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton, *Panicum maximum Jacq*; *Paspalum sp.*, *Pennisetum purpureum Schumach.* (Rott y Davis, 2000; China y Milanés, 2006) han detectado también síntomas de la enfermedad sobre el Bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) según China y Rodríguez (1994).

2.0.4 Factores que afectan la severidad de la enfermedad

Diferentes especialistas coinciden en plantear que la escaldadura de la hoja es un enigma con relación a la severidad y a los cambios que se registran en la susceptibilidad de las variedades. La severidad de la enfermedad varía, considerablemente, entre diferentes países y entre diferentes regiones de un mismo país, así como de un período de tiempo a otro (Ricaud y Ryan, 1989; China y Milanés, 2008).

También se ha encontrado un incremento de la severidad en condiciones de extrema sequía o inundaciones y bajas temperaturas. Las infecciones con otras enfermedades como el carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow, sinónimo, *Sporisorium scitamineum* Pipenbring, Overw. and Stoll.), el mosaico (SCMV) y la hoja amarilla (SCYLV), aceleran el efecto de la enfermedad (Ricaud y Ryan, 1989; Rott y Grisham, 2004; Saumtally y Dookum, 2004). Se considera que este comportamiento es la causa fundamental de la ocurrencia de brotes esporádicos, después de largos períodos sin presentarse la sintomatología en las plantaciones comerciales.

Con frecuencia se observan diferencias en el comportamiento de la resistencia o susceptibilidad de los cultivares ante el ataque del organismo causal entre países

y dentro de un mismo país. En este sentido, China y Milanés (2008) consideran que este fenómeno puede ser atribuido a factores ambientales, variabilidad del patógeno y a la proporción de cultivares susceptibles en las áreas cañeras; sin embargo, Pérez *et al.* (2000) asocian este comportamiento al estado fisiológico de las plantaciones y su interacción con las condiciones ambientales predominantes.

2.0.5 Influencia de las condiciones ambientales

Según observaciones sobre la propagación de la escaldadura, realizadas en Mauricio (Ricaud, 1975) y en Australia (Persley y Ryan, 1976), esta enfermedad es favorecida por períodos húmedos, especialmente épocas ciclónicas. El viento, combinado con la lluvia, produce la dispersión de las células bacterianas a grandes distancias y al ponerse en contacto con cultivares susceptibles que hayan sido afectados previamente por estrés de sequía, encharcamiento prolongado y temperaturas bajas, se crean las condiciones ambientales favorables para una alta severidad.

Posteriormente Ricaud y Ryan (1989) detectaron que la diseminación de la enfermedad es favorable en estaciones húmedas, especialmente en condiciones ciclónicas, pero no estaba claro si las lluvias acompañadas de vientos están involucradas en la transmisión o si las condiciones de humedad favorecen la expresión de los síntomas. Sin embargo, no en todas las regiones se comporta de igual forma. La cantidad de daños causados por la enfermedad parecen estar influenciados por las condiciones ambientales prevalecientes durante la madurez del cultivo.

Pérez *et al.*, (2002) estudiando las condiciones que propiciaron los brotes encontrados en los Bancos de Germoplasma de Matanzas y Camagüey, a finales de 1997 y principios de 1998, analizaron las variables meteorológicas humedad relativa (HR), precipitaciones (P) y temperatura (T) se pudo conocer que a finales de la década del 90 se produjo un deterioro marcado del clima en estas provincias, mientras que en Holguín, que también existe una colección de Germoplasma con

los mismos genotipos, el clima resultó más estable y no se presentaron los síntomas.

Entre las variables estudiadas, las precipitaciones resultaron las más alteradas. En Matanzas y Camagüey se encontró marcada diferencia entre los años 1997 y 1998 con la media del período 1990-1996, antesala de la observación de la primera manifestación masiva de la enfermedad.

En ambas localidades se observó que entre Octubre y Abril las precipitaciones apenas alcanzaron los 100mm como promedio en los meses de mayor pluviometría, seguidos de un período muy lluvioso por encima de la media de referencia, entre Mayo y Septiembre. Entre las variables analizadas, la humedad relativa resultó superior a la media durante 1990-1996, observándose en Matanzas valores muy altos en los años 1997 y 1998, alcanzando en ambos su mayor expresión durante el período Febrero-Mayo.

Las temperaturas tuvieron un comportamiento similar con respecto a la media histórica, con la excepción de Camagüey donde se registraron en 1997 y 1998 descensos mensuales promedios, que muchas veces superaron los 5 °C. Algunos autores como Rott y Davis (1995) consideraron los cambios de temperatura determinantes en el comportamiento del patógeno.

2.0.6 Variabilidad de *Xanthomonas albilineans*

Se considera que las variaciones del organismo causal desempeñan un papel importante en las diferencias de severidad y en la reacción de los cultivares dentro de los países y entre países (Matos, 2002; China y Milanés, 2008).

Diversos autores han aislado colonias de diferentes tamaños y formas celulares en cultivos de *X. albilineans*, lo cual ha sido informado. En este sentido Birch (1980) plantea que las cepas bacterianas de crecimiento lento y que forman colonias más pequeñas tienen una alta proporción de células filamentosas alargadas y resultan

los aislamientos más agresivos (citado por Ricaud y Ryan, 1989). No obstante, Díaz (2000) refleja que no se ha comprobado relación entre la morfología y la sintomatología.

Investigaciones realizadas durante la última década (Rott *et al.*, 1995; Rott y Davis, 2000) han mostrado la existencia de tres “serotipos” o “serovares” del organismo causal, ampliamente distribuidos en diferentes regiones geográficas del mundo cañero, según se puede observar a continuación: (Díaz, 2000; Matos *et al.*, 2003; China y Rodríguez, 2010).

Serotipo	Origen geográfico	Distribución actual
I	Varios orígenes	Argentina, Australia, Barbados, Belice, Brasil, Cuba , EUA, Guadalupe, India, Martinica, Mauricio, Madagascar, Papua, Nueva Guinea, Reunión, San Cristóbal, Santa Lucía, Taiwán.
II	África Tropical	Burkina Faso, Camerún, Costa de Marfil, Kenya, Reunión, Zaire, Zimbabwe.
III	Indias Occidentales	Brasil, Cuba , Fiji, Guadalupe, Indonesia, Martinica, Sri Lanka.

Según China y Milanés (2008) esta variabilidad de las propiedades serológicas del organismo causal guarda cierta relación con las causas del surgimiento de brotes esporádicos de escaldadura que han sido registrados en áreas cañeras de varios países:

Florida, EUA	1992
México	1993
Guatemala	1995
Louisiana, EUA	1995
Mauricio	1995
Texas, EUA	1995
Cuba	1998

Es muy importante tener en cuenta que las cepas pertenecientes al “serotipo I” tienen la propiedad de propagarse por las corrientes de aire, lo cual constituye una peligrosa vía de contaminación para las áreas de semilla y las plantaciones nuevas que hayan sido plantadas con semilla categorizada.

2.0.7 Susceptibilidad de los cultivares

Las enfermedades de la Caña de Azúcar se manejan principalmente a través de la resistencia genética de los genotipos. Por lo tanto, el cambio de cultivares es necesario cuando los genotipos en explotación presentan problemas fitopatológicos en las plantaciones comerciales. La introducción de un nuevo genotipo implica la necesidad de una inversión para la renovación, y por lo tanto, se verá influenciada por la información disponible acerca del efecto de cada una de las enfermedades existentes en la producción (Ovalle, 2007).

Más de 8 décadas de investigaciones sobre la escaldadura de la hoja han permitido comprobar que el grado de susceptibilidad de los cultivares y la proporción de genotipos susceptibles en una región determinada, son importantes factores que determinan el grado de incidencia y severidad. Como regla general, se han producido daños severos siempre que se han plantado extensas áreas con un cultivar altamente susceptible (Martin y Robinson, 1961; Ricaud y Ryan, 1989; China y Rodríguez, 2010), mientras que una disminución de la enfermedad en Australia y Guadalupe fue relacionada con un incremento en el porcentaje de cultivares resistentes (Rott *et al.*, 1995) citado por (Huerta *et al.*, 2003).

Debido a que el establecimiento de la enfermedad es lento, se requiere cierto tiempo para que la infección se establezca sobre un cultivar susceptible en una localidad donde el patógeno se ha mantenido bajo control. En los casos donde se presenta infección latente, la acumulación del inoculó es imperceptible durante un tiempo prolongado hasta que un cambio brusco de los factores ambientales origina condiciones favorables para que se produzca un brote “epifitótico”, que generalmente sorprende a los productores y les causa una considerable

disminución del rendimiento de campo y de la calidad de la caña que envían al ingenio, lo que se traduce en pérdidas económicas irreversibles. Para evitar estos riesgos, se deben plantar cultivares resistentes y tolerantes en proporciones adecuadas, para garantizar una composición balanceada de cultivares, donde ningún genotipo sobrepase el 20% del área plantada, independientemente de que pueda tener características excepcionales (Chinea y Milanés, 2008).

2.0.8 Control

La mayoría de los reportes en el mundo coinciden en que las medidas de control en la producción se fundamentan en la desinfección de los implementos de corte para evitar la diseminación del patógeno (Garcés y Valladares, 2006; Chinea y Milanés, 2008), sin embargo, el método más eficiente, económico y seguro para el control de la enfermedad es el empleo de cultivares resistentes (Rott *et al.*, 1997; Aday y Barroso, 2001; Huerta *et al.*, 2003; Bressiani *et al.*, 2005; Garcés y Valladares, 2006; Chinea y Milanés, 2008). No obstante, es bastante complicado establecer un sistema de evaluación, por lo que es muy importante, hasta tanto se cuente con suficientes cultivares comerciales poseedores de resistencia, aplicar medidas de control que contribuyan a evitar que se desate una epifitotia de la misma (Rott, 1997; citado por González *et al.*, 2008) y Carvajal *et al.* (2007).

Rott y Davis (1995) plantean que existen informes de algunos países en que se ha roto la resistencia varietal causando grandes afectaciones. Tanto Sauntally *et al.* (1995) como Rott *et al.* (1997), plantean quiebras de la resistencia en Florida, Guadalupe, República Dominicana, México, Louisiana y Mauricio. Según de Sousa (2005), la ruptura de la resistencia está relacionada con la variabilidad del patógeno, lo que en ocasiones resta eficiencia y confiabilidad al control mediante cultivares resistentes y refiere que en Brasil se han presentado evidencias claras de la ruptura en la resistencia al plantear que cultivares catalogados como resistentes en algunas zonas, se han comportado susceptibles en otras, provocando afectaciones a los productores cañeros.

Según Saumtally *et al.* (1995) y Peralta *et al.* (1997), entre los procedimientos empleados para sanear los propágulos infectados de forma sistémica, se encuentran los tratamientos físicos y químicos a la semilla agámica y los métodos biotecnológicos, aunque la efectividad de estas técnicas no ha sido muy alta para la eliminación de la bacteria *X. albilineans*.

En Cuba, se aplica el método físico conocido como Hidrotermoterapia, que consiste en la sumersión de los propágulos en agua caliente durante algún tiempo; la combinación más empleada es 50,5 °C/ 2 horas, que también ha mostrado buenos resultados para el control del raquitismo de los retoños y el carbón (Pérez, 1997). En los últimos años los resultados obtenidos por Pérez *et al.* (2003) sugieren cambios en la hidrotermoterapia al demostrar que un remojo previo de 36 horas con cambio de agua cada 12 horas y 51°C/1 hora es la variante más efectiva para el saneamiento de la semilla agámica. Algunos autores proponen como método para erradicar la enfermedad, la inducción de la muerte de las plantas enfermas aplicando sobre estas un asperjado del herbicida Glifosato (Aday *et al.*, 2003).

Cuando se demostró que a través del cultivo de tejidos se podían obtener plantas libres de microorganismos, se abrieron nuevas posibilidades para la propagación de plantas sanas, contribuyendo a la micropropagación comercial (García y Noa, 1998). El éxito de estos métodos se sustenta sobre la base de obtener, en cortos períodos de tiempo, grandes volúmenes de vitroplantas con alta calidad genética y fitosanitaria. Entre las técnicas más empleadas se encuentran: el cultivo de ápices meristemáticos, termoterapia y electroterapia, entre otras (Matos, 2002).

Resultados presentados por Ovalle *et al.* (2007) en Guatemala, demuestran que el saneamiento con tratamiento hidrotérmico y/o cultivo de tejidos es efectivo y permite mejorar la calidad de las plantaciones, en cuanto a la incidencia de *X. albilineans*. Estos autores plantean que la efectividad del tratamiento hidrotérmico y de la micropropagación depende, en gran medida, de la correcta aplicación de

las metodologías respectivas y de otros cuidados colaterales para evitar reinfecciones por microorganismos saprofiticos.

2.0.9 Influencia en el rendimiento agrícola y azucarero

Los efectos económicos de la escaldadura foliar en la producción dependen mucho del nivel de susceptibilidad del cultivar afectado, de las condiciones ambientales existentes en la zona y de la virulencia del agente causal (China y Rodríguez, 1994). Cuando la enfermedad se presenta de forma aguda, puede ocurrir un tipo de muerte súbita de las plantas y destruir en pocos meses un campo plantado con cultivares susceptibles (Chávez, 2000).

Se han registrado disminuciones en el tonelaje de caña de hasta el 34% (Garcés y Valladares, 2006). Chávez (2000), en México reporta la muerte del 10% de la población de tallos en cultivares susceptibles como Mex64-1487 y Mex80-1298. En Cuba (Pérez *et al.*, 2004), encontraron afectaciones en el cultivar C120-78 con más del 90% de los plantones con síntomas y el número de tallos secos o visiblemente afectados superaba el 25%; estos autores comprobaron que cuando la molienda diaria del ingenio con este cultivar superaba el 10%, se producían pérdidas industriales entre 0,5-1% del rendimiento.

En México (Huerta *et al.*, 2003), encontraron disminuciones en el rendimiento agrícola de cultivares susceptibles en el rango de los 12,0 a 14,5 t/ha con respecto al testigo y en variedades resistentes de 0 a 7,5 t/ha, coincidiendo con Rott *et al.* (1995), quienes consideraron reducciones de 14,2 a 17,2 t/ha en variedades susceptibles, de 10,3 a 12,4 t/ha en cultivares tolerantes y menores de 8,6 t/ha en cultivares resistentes.

Además, del efecto en el rendimiento agrícola y la calidad de los jugos se deteriora, por reducciones del brix, la sacarosa y la pureza, efectos estrechamente correlacionados con el nivel de infección (Ovalle *et al.*, 2007).

En Ecuador Garcés y Valladares (2006), encontraron una disminución del 28% de la sacarosa en el cultivar Mex64-1487, mientras que Pérez *et al.* (2003) informaron diferencias significativas en el brix, pol y pureza, así como formación de dextrana. Resultados similares se han reportado por Chávez (2000) en México y Barroso (2007) en Cuba.

2.10 Situación de la escaldadura foliar en Cuba

En Cuba fue informada por primera vez por Rivera *et al.* (1979), sin provocar daños de marcada importancia a la producción; sin embargo, no es hasta finales de 1997 y principios de 1998 que reaparece encontrándose en las provincias de Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Villa Clara, Ciego de Ávila, Camagüey y Las Tunas. Posteriormente aparece en Santiago de Cuba, sobre el cultivar C87-51. En la actualidad se ha reportado en todas las provincias del país (Pérez *et al.*, 2003).

Trabajos para diagnosticar la presencia de la bacteria arrojaron diferencias serológicas de *X. albilineans* (Díaz, 2000); de los 3 serovares encontrados en el mundo, mientras que en Cuba se ratificó la presencia de los serovares (I y III), encontrándose la mayor prevalescencia del serovar I como causante de los brotes de 1997 y 1998 (Díaz, 2000; Matos, 2002). Estos resultados coinciden con informes de Rott *et al.* (1994), quienes plantean que el serovar I (Mascarena) es el más representado en la mayoría de los aislamientos circulantes en la actualidad y se ha identificado en Australia, Brasil, Estados Unidos de América, Guadalupe, India, Mauricio, y Sudáfrica.

Según resultados de Pérez *et al.* (2001) en un estudio realizado a las colecciones de Germoplasma de Matanzas, Camagüey y Holguín, se observó que las mayores afectaciones por la enfermedad se encontraron en la colección de Matanzas, donde el 18,6% de los individuos mostraron síntomas de la enfermedad. En Camagüey sólo expresaron síntomas el 0,3% de los individuos, mientras que en Holguín no se informó afectaciones. Algunos factores como las condiciones

fisiológicas como una plantación en 5^{to} retoño y el antecedente del huracán Lily, a finales de 1996 en Matanzas, se asocian al comportamiento observado. También se encontró que las temperaturas, humedad relativa y precipitaciones presentaron diferencias con respecto a las medias registradas durante el período 1990-1996 entre Matanzas y Camagüey, no siendo así en la provincia de Holguín.

Al analizar los progenitores de los cultivares más afectados se destacaron, fundamentalmente, CP52-43, Ja60-5, Ja64-19 y CP44-155. El análisis genealógico del material donante de susceptibilidad, conllevó a que la gran mayoría de estos progenitores provienen de los trabajos de mejora genética iniciados en Java y la India, donde se obtuvieron las series de cultivares POJ y Co, encabezadas por POJ2878 y Co205, Co281, Co356, Co453, entre otras (Pérez *et al.*, 2001). Esto corrobora lo señalado por De Prada (1997) de que la base genética de los progenitores empleados en Cuba es muy estrecha, lo que reduce la posibilidad de obtener resistencia a escaldadura foliar en el material con fines comerciales.

En áreas experimentales y plantaciones comerciales, los cultivares más afectados durante los primeros brotes de la enfermedad detectados en el País, fueron L55-5 y C120-78, según Pérez *et al.* (2004) y posteriormente, en años más recientes, han mostrado daños de consideración C86-503 y SP70-1284, en las provincias Occidentales y Centrales del país. Sin embargo, en Diciembre 31 de 2007, según MINAZ-INICA (2008), C120-78 ocupaba el 8,1% y C86-503 el 20,3% del área plantada en la provincia de Holguín, sin que estos genotipos presentaran daños por la enfermedad en ese territorio.

En los últimos años el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ha comenzado a desarrollar estudios de resistencia para conocer la reacción, tanto de los cultivares comerciales, como de los progenitores que se emplean en las campañas de cruzamiento. El primer estudio, con 20 cultivares, realizado en la EPICA de Matanzas (Matos, 2002), reveló un comportamiento

diferencial entre los cultivares estudiados, donde se destacaron L55-5 y C85-102, con un comportamiento típicamente susceptible. Este resultado en ese momento centró la atención en el último cultivar por tratarse de un genotipo en desarrollo, en el país; sin embargo, en condiciones naturales no ha mostrado situaciones alarmantes y en este momento continúa en estudio. Otro grupo de cultivares entre las que se destacan C294-70, C439-72, C120-78, C91-301 y C266-70, formaron un grupo independiente de L55-5 y C85-102. Este grupo fue catalogado como susceptible o moderadamente susceptible. Es preciso destacar que C120-78 fue uno de los genotipos que, bajo condiciones naturales, mostró severas afectaciones en áreas comerciales, a diferencia de C85-102.

En un estudio para conocer la resistencia de los cultivares C1324-74, C85-101, C1051-73, C86-12, C87-100, My5514, C86-456, C87-51, C86-503, C1616-75, Ja60-5 y C323-68, todos se comportaron resistentes a la enfermedad. Es muy importante destacar que My5514 ya había sido informada por Chávez (2000) en México como resistente, mientras que en Venezuela, Ordosgoitti (1987), la informó como altamente resistente y C1051-73, resistente (Barroso, 2008).

3.0. MATERIALES Y MÉTODOS

3.0.1 Evaluación del desarrollo epifítico de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y distribución espacial en el germoplasma.

Durante el período 1997 -1998 ocurrió en Cuba el mayor brote de escaldadura foliar causado por la bacteria *Xanthomonas albilineans* y en esa oportunidad se evaluó la incidencia natural de la enfermedad sobre 2 915 genotipos plantados en la Colección de Germoplasma, en áreas de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) de Matanzas, sobre suelo ferralítico rojo típico, según Marín *et al.* (1994), en la cepa cuarto retoño. El área estaba conformada por seis campos de 1 ha cada uno, además de un séptimo campo con 0,5ha, los que fueron divididos en 10 lotes, en cada uno de los cuales,

se encontraban plantados 265 genotipos, pertenecientes a diferentes géneros, líneas de avance generacional, procedencia geográfica, híbridos comerciales y otros.

Para la evaluación sólo se tuvo en cuenta la presencia de tallos con follaje clorótico o necrosado (Grado 4) y la presencia de brotes laterales o tallos muertos (Grado 5) según la escala de severidad establecida por Rott *et al.* (1997), como se muestra en la figura 3. Todos los genotipos infectados fueron representados en un mapa, con el objetivo de estudiar la forma en que se propaga la enfermedad en el campo, atendiendo a su distribución espacial.

- **Registros meteorológicos.** Los datos de lluvia fueron tomados en la Estación Agro meteorológica del CITMA, ubicada en las inmediaciones del área experimental.

La representación de dicha distribución en la Colección de Germoplasma, se realizó mediante una Base Cartográfica Digital, perteneciente al bloque experimental de la EPICA y un Sistema de Información Geográfica (SIG), para la vectorización de los genotipos evaluados en las parcelas correspondientes.

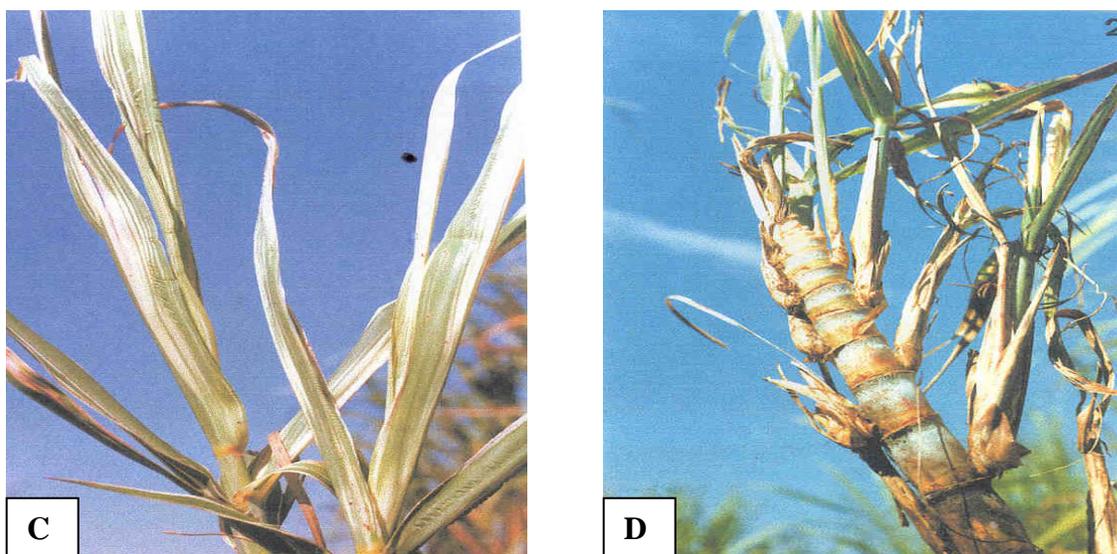


Figura. 3. Síntomas de escaldadura foliar observados en la colección de germoplasma, durante 1997- 98 (C=Grado 4 y D=Grado 5).

3.0.2 Evaluación de la infección natural adquirida por las progenies de caña de azúcar, durante las primeras etapas de selección

Se estudió el desarrollo natural de la enfermedad en poblaciones de diferentes etapas de selección de la caña de azúcar en Cuba. Para la calificación de la reacción de los genotipos solo se tuvo en cuenta los valores 4, número de tallos con hojas necrosadas, y 5, tallos muertos y con brotes laterales, según Root, (1994). Las poblaciones evaluadas se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Poblaciones evaluadas

Etapas de selección	Período de evaluación
Lotes de posturas	Años desde 1999 hasta 2008
Lotes clonales 1	Años desde 1996 hasta 2006
Lotes clonales 2	Años desde 1994 hasta 2004
Estudios replicados	Años desde 1994 hasta 2000

La población analizada estuvo entre 300-350 mil individuos plantados en el Bloque Experimental de la Estación Provincial de Investigaciones de la caña de Azúcar, Matanzas, sobre suelo Ferralítico rojo típico (Marín *et al.* 1994), en condiciones de secano. Las evaluaciones se realizaron al momento de ejecutar la selección.

3.0.3 Evaluación de la reacción de diferentes híbridos de caña de azúcar ante la escaldadura foliar, en condiciones de vivero y campo

Se evaluaron 185 híbridos que se emplean como progenitores en las campañas de hibridación o se encuentran en diferentes etapas del programa de mejoramiento genético; el estudio consistió en:

- Todos los genotipos fueron plantados en diciembre de 2008, por el sistema de yemas individuales o propágulos de una yema, a razón de 20 yemas por cultivar, en condiciones de vivero.
- A los 25 días posteriores a la plantación, fueron inoculados todos los genotipos y se observó la reacción de las plantas hasta 30 días después de la aparición de los primeros síntomas.
- Todos los genotipos inoculados en vivero, fueron llevados al campo en mayo de 2009 y plantados en surcos de 5m, sobre suelo Ferralítico rojo típico (Marín y col., 1994), en condiciones de secano. La caracterización edafoclimática y ubicación geográfica del área experimental se presenta en el Anexo 2.
- Se observó el desarrollo de los síntomas en caña planta (2009) y retoño (2010).

La inoculación y evaluación de las plantas se efectuó según las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA, 2002); esta se realizó por el método Decapitación (Rott *et al.*, 1997; Jiménez y Contreras, 2009), para lo cual se efectuó un corte por encima del último “dewlaps” visible, (figura 4), con una tijera previamente sumergida en una suspensión bacteriana (2×10^8 ufc/mL); seguidamente, se aplicó dicha suspensión sobre la superficie cortada, mediante un asperjador manual. Con el objetivo de evitar los daños de la radiación solar sobre las células bacterianas, la inoculación se efectuó después de la caída del sol.



Figura. 4. Inoculación de la bacteria a plantas decapitadas (E = Planta decapitada y F = Decapitación e inoculación).

Para obtener la suspensión se aisló la bacteria macerando fragmentos de tejidos enfermos (hojas) en 1 mL de solución salina estéril (0,85%), así como a partir de jugos de tallos infectados, centrifugados a 7000 rpm durante 10 min. Se sembró 0,1 mL de los macerados y jugos de tallos extraídos sobre medio de cultivo Wilbrink, por el método de Agotamiento, con asa de platino (Davis *et al.*, 1994). Las placas se incubaron durante 10 días a 28⁰C y se seleccionaron las colonias con características típicas de *Xanthomonas albilineans*, según metodología descrita por Rott *et al.* (1994).

Fueron realizadas cinco evaluaciones en vivero, a razón de una evaluación cada tres días, después de la aparición de los primeros síntomas, y una evaluación mensual, durante los últimos tres meses en el campo, registrando el número de plantas para cada grado de la escala que establece la metodología (Rott *et al.*, 1994), según se representa en la tabla 1.

Tabla 1. Escala de valores, por grado de afectación, según Rott *et al.*, 1994.

Denominación	Afectación al follaje	Valor o grado de severidad
1L	Número de tallos con 1-2 líneas blancas en las hojas	1
2ML	Número de tallos con más de 2 líneas blancas en las hojas	2
3CB	Número de tallos con hojas cloróticas o blanquecinas	3
4N	Número de tallos con hojas necrosadas	4
5D	Número de tallos muertos o tallos con brotes laterales	5
5T	Número total de tallos analizados	
S	Severidad que se calcula a partir de los datos introducidos en la fórmula.	

Leyenda: Descrita en la fórmula para el cálculo de severidad, propuesta por Rott *et al.*, (1994).

Posteriormente se determinó la severidad de la enfermedad por la fórmula propuesta por Rott *et al.*, (1994).

$$S = \frac{1FL + 2ML + 3CB + 4N + 5D}{5T} \times 100$$

donde:

S = Severidad (%)

FL = Número de tallos con pocas líneas blancas en las hojas (una o dos por hoja), valor 1.

ML = Número de tallos con líneas blancas en las hojas (mas de dos por hoja), valor 2.

CB = Número de tallos con hojas cloróticas o blanquecinas (valor 3).

N = Número de tallos con hojas necrosadas (valor 4).

D = Número de tallos muertos o tallos con brotes laterales (valor 5).

T = Número total de tallos.

La determinación de la resistencia genética de todos los cultivares comprendidos en el estudio, se realizó mediante la escala recomendada por González *et al.* (2008), que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de severidad para la evaluación de cultivares ante escaldadura foliar.

Grado	Denominación	Nomenclatura	Severidad *	
			Planta	Retoño
1	Muy Resistentes	MR	0 - 2	0 - 2
2	Resistentes	R	2.1 -10	2.1 -10
3	Intermedias	I	10.1- 20	10.1 - 20
4	Susceptibles	S	20.1 - 30	20.1 - 30
5	Muy Susceptibles	MS	>30	>30

*Severidad: Se expresa en % de afectación al follaje, según escala de Root, 1994

3.0.4 Estudio de la correspondencia entre los resultados de la evaluación en vivero y campo

El resultado de la evaluación de la severidad en vivero de todos los genotipos inoculados (185), fue comparado con la severidad en campo, durante los dos años de estudio, en caña planta y retoño.

Para el análisis estadístico, como los datos no cumplieron el Supuesto de Normalidad, fue necesaria su transformación, mediante la función:

$$Y = \sqrt{0,5+x}$$

donde :

y = dato transformado

x = dato original

Se determinó la Regresión Lineal, donde la variable dependiente (y) fue la reacción en campo, cuyo pronóstico se realizó a partir de la reacción en vivero, a través del siguiente modelo:

$$y = a + bx$$

donde;

y = reacción en campo

a = término constante

b = coeficiente de regresión

x = reacción en vivero

Se empleó un número alto de genotipos, buscando la mayor variabilidad genética, de manera que este importante aspecto no influyera negativamente en el resultado esperado. En todos los casos el paquete estadístico empleado en el procesamiento de los datos fue Statistica 4.2 (StatSoft, 1993).

4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.0.1 Evaluación del desarrollo epifítico de *Xanthomonas albilineans* y distribución espacial de la enfermedad en la Colección de Germoplasma.

Entre 1997-1998 las afectaciones más severas ocasionadas por *Xanthomonas albilineans* en caña de azúcar, se registraron en la Colección de Germoplasma de la EPICA. En esta etapa se observa un gran número de genotipos con síntomas de la enfermedad y con una considerable erosión del material (Pérez *et al.* 2000). La situación presentada se representa en la (figura 5), en la cual más del 13% de los genotipos mostraron simultáneamente los síntomas agudos, hojas y cogollos

blancos, brotes de yemas laterales, tallos y cepas muertas. Al respecto (Pérez *et al.* 2002) consideran que los factores relacionados con las condiciones ambientales y el estado fisiológico de la plantación ejercieron la mayor influencia. Teniendo como antecedente que el área en el año 1996 fue afectada por la tormenta tropical Lili logrando el acamado del ciento por ciento de los cultivares plantados.

Al evaluar el comportamiento de la enfermedad durante cuatro años consecutivos, se pone de manifiesto un crecimiento, en el año posterior a su detección, que alcanzó el 17% del total de genotipos existentes en el germoplasma, infectados por escaldadura foliar, como se representa en la figura 6.

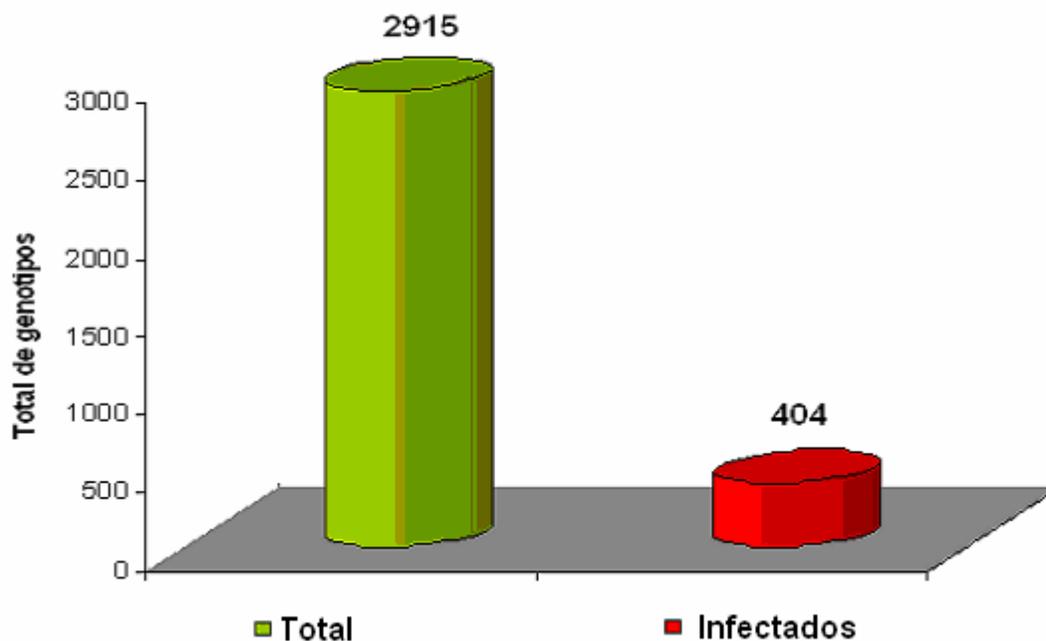


Figura. 5. Relación entre los genotipos existentes en la colección de germoplasma y los infectados por *Xanthomonas albilineans*.

Debido al crecimiento sostenido manifestado por la enfermedad y el peligro que representaba para la subsistencia y explotación de la colección de germoplasma, en el año 2000 todos los cultivares fueron sometidos a tratamiento hidrotérmico de 53°C/20 min. y plantados en parcelas de 3 m, dando como resultado que ese año se produjo una reducción significativa del total de cultivares que mostraron los

síntomas, cuyo valor fue 3%, cifra que en el año posterior ascendió nuevamente a 6%, como aparece reflejado en la figura 6.

La situación observada en aquellos años abrió muchos caminos a la ciencia, por lo que surgieron innumerables hipótesis, en las cuales se establecían analogías con lo observado en diferentes países, y en las que participaron muchos investigadores.

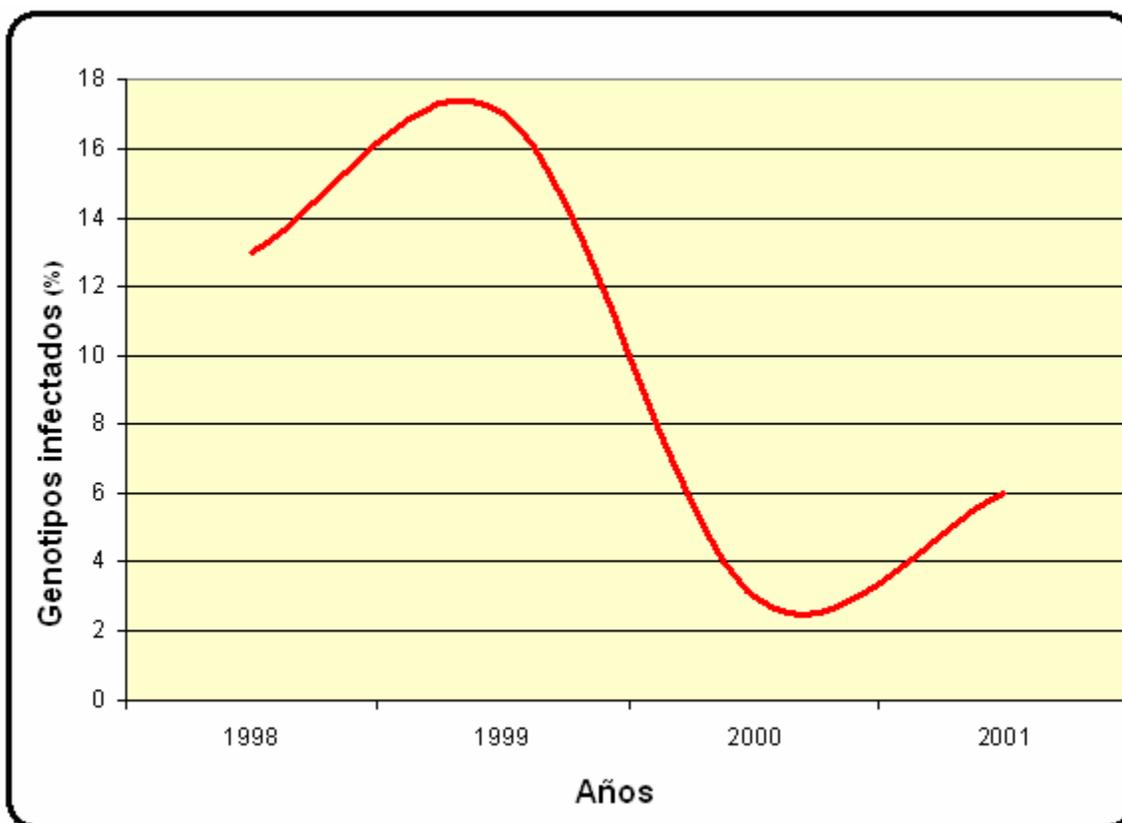


Figura. 6. Comportamiento del porcentaje de genotipos infectados por *Xanthomonas albilineans* en la colección de germoplasma.

China y Milanés (2008) consideran que estos fenómenos pueden ser atribuidos a factores ambientales, variabilidad del patógeno y a la proporción de variedades susceptibles en las áreas cañeras, sin embargo Pérez *et al.*, (2003), estudiando las condiciones que propiciaron los brotes encontrados en los Bancos de Germoplasma de Matanzas y Camagüey a finales de 1997 y principios de 1998, analizó las variables meteorológicas humedad relativa (HR), precipitaciones (P) y

temperatura (T), encontrando que a finales de la década del 90 se produjo un marcado deterioro del clima en estas provincias, con el antecedente de la tormenta tropical Lili a finales de 1996; los mismo autores, (Pérez *et al.*,2000) habían señalado que el estado fisiológico de la plantación del área de Matanzas, con 6 cosechas, marcaba también una notable diferencia respecto a las otras dos réplicas del B/G en Camaguey y Holguín. Daugrois *et al.*, (2006), al evaluar el comportamiento de la enfermedad sobre algunos cultivares, consideran que estos pueden ser infectados a partir de la transmisión aérea del patógeno, pero que la influencia de las condiciones climáticas sobre la colonización de las hojas y la subsiguiente infección de los tallos, continúa siendo un enigma, señalando además, que encontró que con el aumento de las lluvias, aumentaba también la infección por parte de la enfermedad.

Al analizar el total de genotipos infectados en los primeros momentos de la gran explosión de plantas y cultivares con síntomas de escaldadura foliar, observada en Cuba durante la segunda mitad de la última década del siglo 20, particularmente lo sucedido en la colección de germoplasma ubicada en el bloque experimental de la EPICA Matanzas (figura 7), fueron observados algunos aspectos relacionados con la propagación de la enfermedad, que resultan de gran importancia, desde todos los puntos de vista.

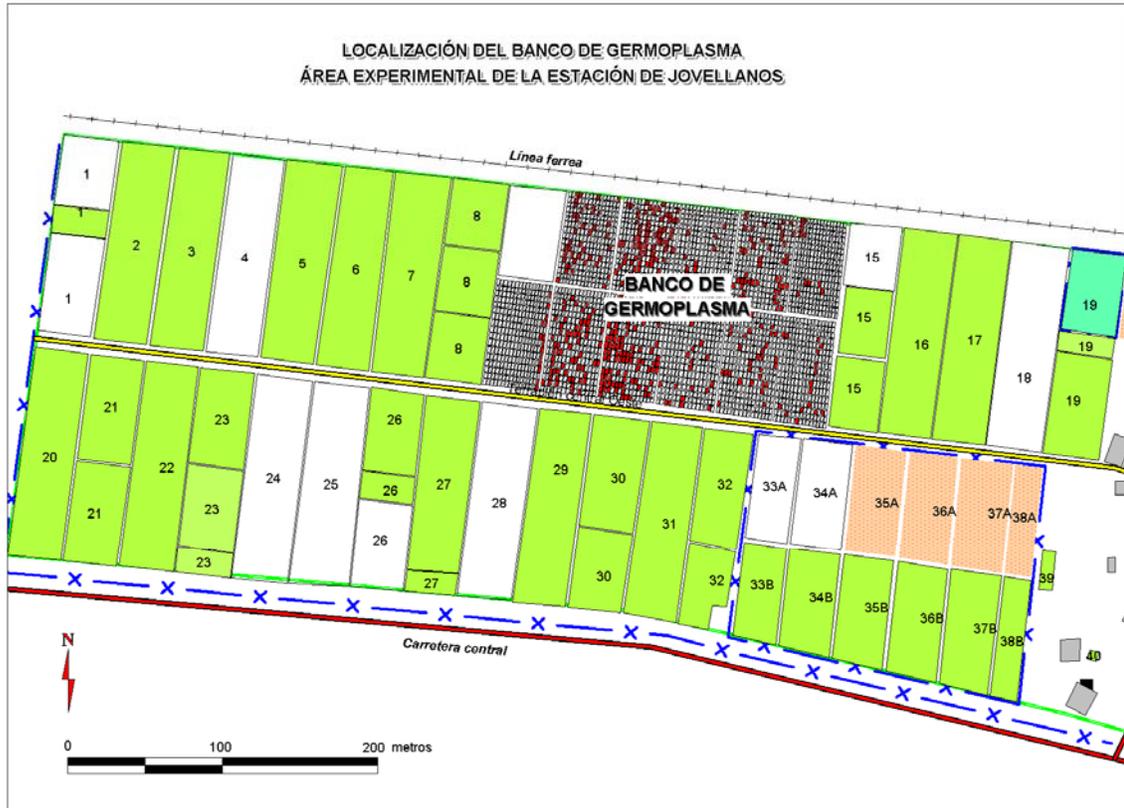


Figura. 7. Localización de la Colección de Germoplasma de la Caña de Azúcar, dentro del bloque experimental de la EPICA Matanzas.

Esta colección, en el año 1998, estaba conformada por 6 campos de 1 ha cada uno, los cuales estaban subdivididos en 2 lotes de aproximadamente 0,5 ha, además de un séptimo campo con solamente 0,5 ha o lote (figura 8). Como se observa en esta figura, marcados por cuadrículas de color rojo, la distribución espacial de los genotipos enfermos, en más del 90% de los casos, se encuentran en el mismo surco o en plantones adyacentes.

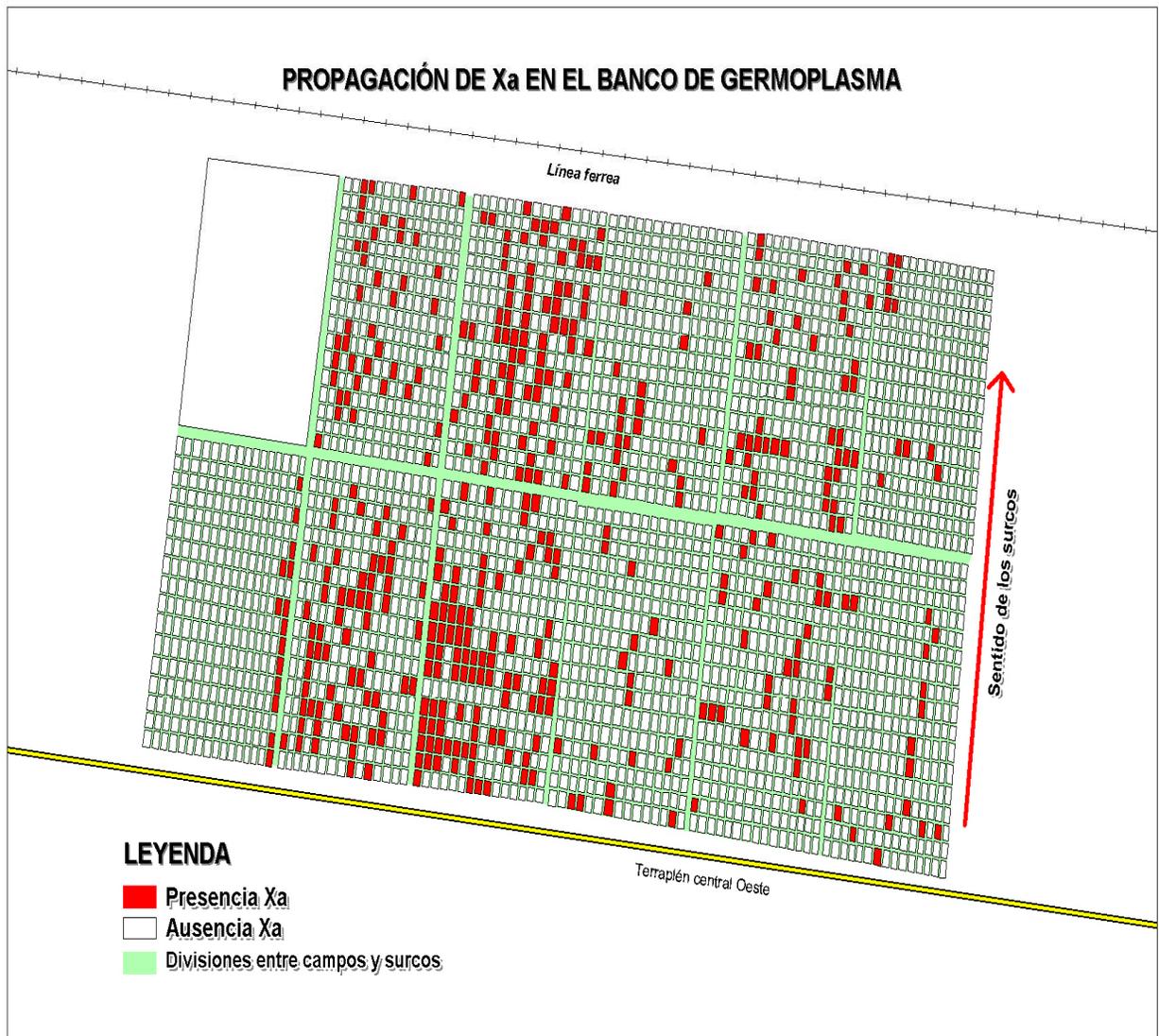


Figura. 8. Distribución espacial de la escaldadura foliar en el germoplasma, representada mediante SIG.

Es fácilmente perceptible en los lotes de mayor presencia de la enfermedad, la concentración de genotipos infectados y en el lote 11, el de menor porcentaje de genotipos con síntomas. El 100% de los infectados están en el mismo surco y dos que están adyacentes a otros cultivares enfermos. Estos resultados constituyen una fuerte evidencia de la transmisión del patógeno a través de los instrumentos o implementos empleados para el corte, este resultado coincide con diversos autores como (Aday *et al.*, 2001., Saumtally *et al.*, 2004); los cuales plantean la importancia de la desinfección de los medios de corte y citan a este

como el de mayor incidencia en la transmisión de la enfermedad. La forma y factores que intervienen en la propagación y comportamiento epifítico de *Xanthomonas albilineans* han sido sistemáticamente abordados por diferentes autores. Champoiseau *et al.* (2008), al estudiar la transmisión aérea de la bacteria causante de la enfermedad consideran la ocurrencia de eventos meteorológicos tales como las tormentas tropicales, factores críticos para la propagación del patógeno y Victoria (1994) en Colombia, al estudiar este mismo aspecto, considera los medios empleados para la cosecha como los de mayor eficiencia; en el mismo artículo este autor cita resultados de Australia que sitúan a las máquinas cosechadoras como el principal medio de transmisión.

Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura especializada la representación de la distribución espacial o propagación del patógeno entre genotipos, por lo que puede considerarse que este resultado, además del aporte científico relacionado con el tema, constituye el primer informe en el que se representa gráficamente la forma en que se transmitió naturalmente la bacteria *Xanthomonas albilineans*, dentro de una población conformada por 2 915 genotipos. En este sentido, se puede asumir que en concordancia con otros autores, las condiciones climáticas han resultado vitales para la manifestación de los síntomas, pero el principal factor que contribuyó en las condiciones del estudio a la transmisión de la enfermedad, de un genotipo a otro, ha sido la contaminación a partir de los instrumentos y medios empleados para la cosecha.

4.0.2 Evaluación de la infección natural adquirida por las progenies de caña de azúcar durante las primeras etapas de selección.

Los resultados observados relativos a la infección natural por escaldadura foliar en las diferentes etapas de selección de las campañas de mejoramiento ejecutadas en la EPICA Matanzas, durante los años de mayor incidencia natural de *Xanthomonas albilineans* reiteran los resultados obtenidos en el estudio realizado en la colección de germoplasma, descritos en el epígrafe anterior. En la tabla 4 se

refleja la infección natural adquirida por las progenies durante su primer año, equivalente a la etapa de posturas.

Como queda reflejado (tabla 4), el número de individuos infectados alcanzó su mayor expresión en el año 2005, cuando de una población con más de 40 000 posturas, solamente 28 presentaron síntomas, equivalente a 0,06% de la población, lo cual indica, al tratarse de una población que proviene de posturas obtenidas a partir de la semilla botánica y que nunca fue cosechada, que la infección debe haber ocurrido a través del aire, coincidiendo con Daugrois *et al.* (2003).

Tabla 4. Infección natural por *Xanthomonas albilineans* en progenies obtenidas a partir de diferentes combinaciones.

Año	Combinaciones		Posturas	
	Evaluadas	Infectadas	Evaluadas	Infectadas
2000	198	0	44 560	0
2001	243	0	62 165	0
2002	283	2	62 353	9
2003	113	0	44 417	0
2004	98	3	34 291	3
2005	226	21	40 105	28
2006	112	2	27 905	14
2007	158	0	39 112	0
2008	135	5	17 000	6

Como puede observarse, durante las 9 campañas de hibridación realizadas, en cuatro de ellas (2000, 2001, 2003 y 2007), con una población superior a 150 000 posturas, no se observó ningún síntoma de la enfermedad.

Una situación diferente se observa en el comportamiento que expresan los cultivares estudiados en la fase de retoño, de la etapa lote clonal durante 11 años, evaluados en la EPICA de Jovellanos (figura 9).

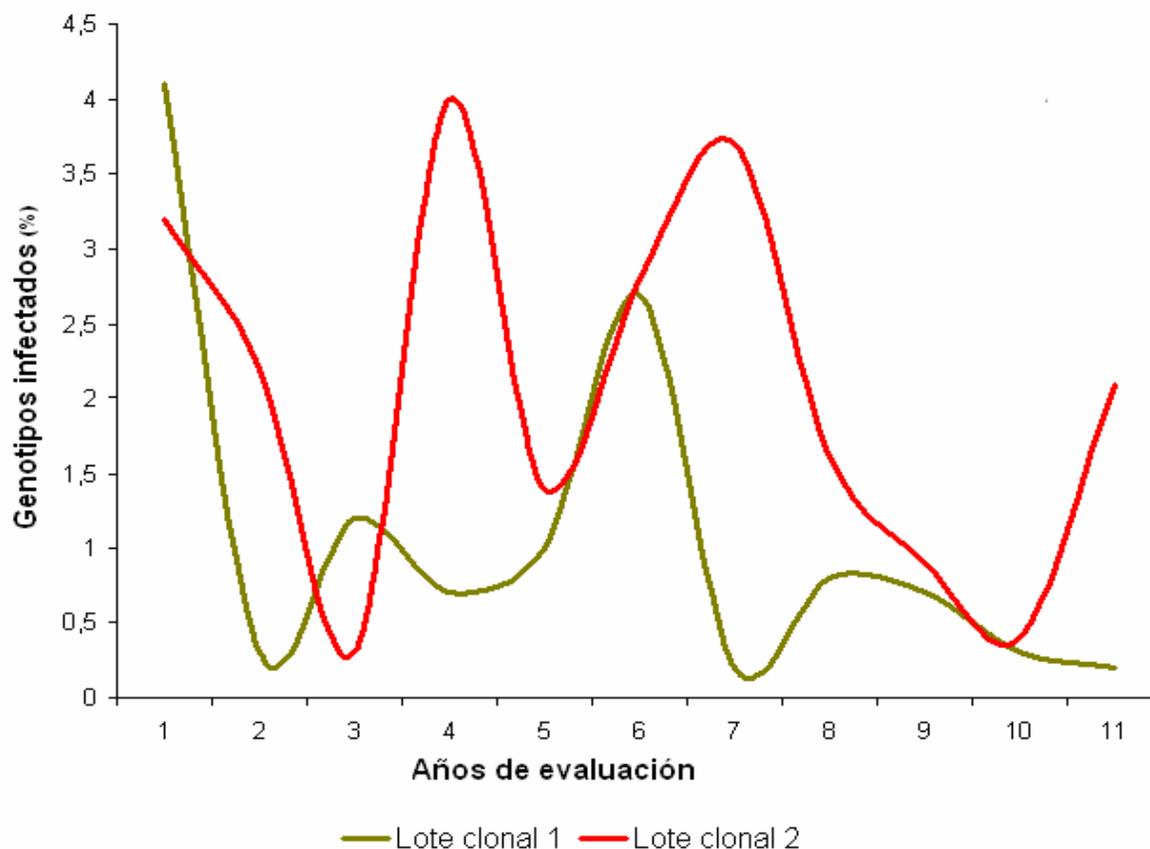


Figura. 9. Comportamiento frente a la escaldadura foliar de genotipos plantados en los lotes clonales 1 y 2, en fase de retoño.

Como se observa en la figura 9, en esta etapa de selección los niveles de infección natural alcanzados fueron superiores a lo sucedido con las posturas, sobrepasando en algunos casos el 4% de genotipos enfermos, lo cual es un indicativo de la infección adquirida, además, por los procesos de cosecha. En la propia figura 9 se observa que en el lote clonal 2, el porcentaje de infección es superior, en casi todos los años, a lo observado en el lote clonal 1.

Cuando se evaluó la etapa de estudios replicados, se observó también altos niveles de infección natural durante 7 años; sin embargo, como se refleja en la

figura 10, existen marcadas diferencias respecto a la infección natural, alcanzada por los genotipos correspondientes a algunos años.

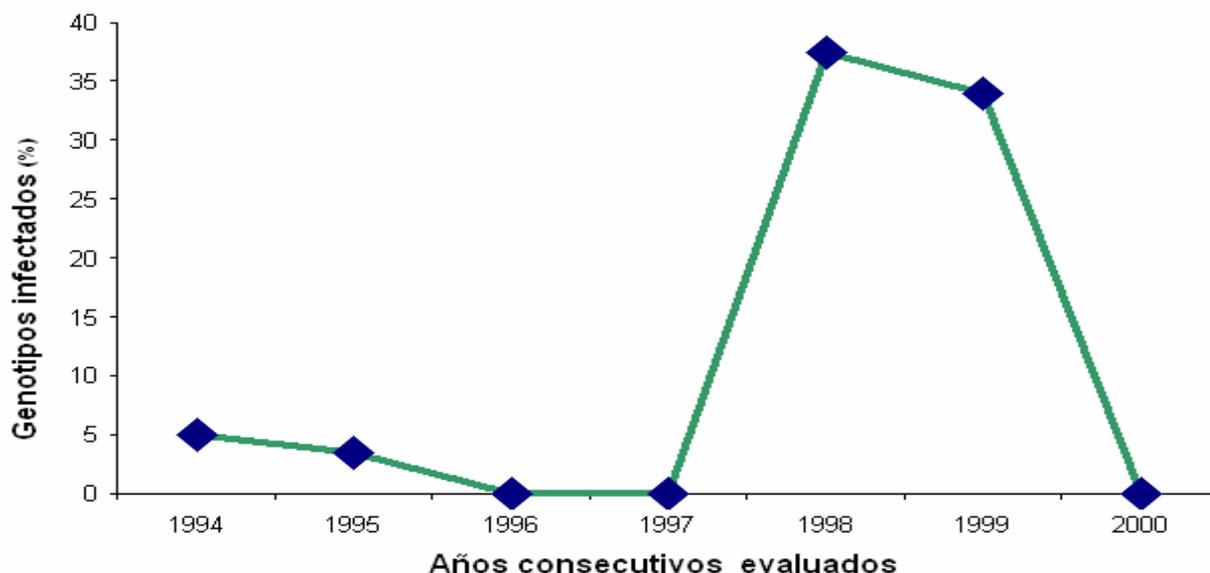


Figura. 10. Comportamiento frente a la escaldadura foliar de cultivares seleccionados en el periodo 1994-2000, plantados en estudios replicados.

Queda demostrado también en la figura 10, que los años 1998 y 1999, fueron muy destacados en lo referente a la propagación natural del patógeno.

La propagación natural del agente causal de la escaldadura foliar ha sido objeto de estudio desde hace muchos años, y siempre se ha considerado la transmisión aérea entre los factores a tener en cuenta (Ricaud y Ryan, 1989). Mas recientemente, estudios realizados en Guadalupe (Daugrois *et al.*, 2003), incluyen el aire entre las causas que propagan la escaldadura foliar; sin embargo, (Girard *et al.*, 2000), aseguran que la infección por *Xanthomonas albilineans* se incrementa con el tiempo, lo que se traduce en la propagación progresiva con el paso de la cosecha; en este mismo sentido, Garcés (2010) resume que aunque existen referencias de la transmisión aérea del patógeno, la propagación principal ocurre a través de los instrumentos de corte y la semilla infectada.

Por los resultados del estudio realizado, y su correspondencia con la literatura especializada, las formas de transmisión mecánica y aérea son elementos que forman parte del ciclo epidemiológico de la enfermedad, pero la transmisión mecánica, cuando nos referimos a la infección natural, es el aspecto de mayor peso.

4.0.3 Evaluación de la resistencia de diferentes híbridos de Caña de Azúcar frente a la escaldadura foliar

El programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba, actividad que desarrolla el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), tiene entre sus objetivos la evaluación ante la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* de todos los híbridos comerciales y progenitores; el procedimiento indica que esta evaluación se realiza en campo, inoculando directamente los genotipos plantados, siguiendo la evolución de los síntomas durante dos ciclos de la plantación, caña planta y retoño, por lo que el tiempo medio de duración de la prueba de resistencia es de dos años (INICA, 2002; González y col., 2008).

Los resultados obtenidos a partir de la inoculación artificial de *Xanthomonas albilineans* sobre 185 genotipos, en condiciones de vivero se presentan en la figura 11.

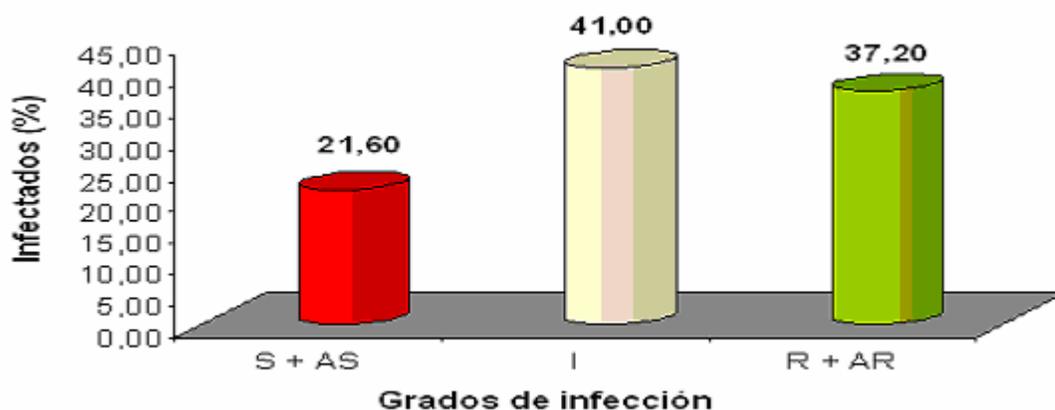


Figura. 11. Reacción de 185 genotipos de caña de azúcar ante el patógeno, en vivero.

Como se expresa en la mencionada figura 11, los cultivares susceptibles (S) y altamente susceptibles (AS) ocupan el 21,6%, mientras que los resistentes (R) representan el 37,2%; cuando todos los cultivares inoculados fueron plantados en el campo y evaluados durante caña planta y retoño, se observó una situación en la distribución porcentual, no muy diferente a los resultados obtenidos en la evaluación realizada en vivero (figura 12). En el anexo 1 pueden observarse los datos obtenidos para cada genotipo en vivero y campo, donde se aprecia que los mayores cambios ocurren en los cultivares que presentaron comportamiento intermedio (I) en ambas pruebas, o sea, de grado intermedio pasaron a susceptible o resistente; lo que ocurre es que los valores en porcentaje para categorizar un cultivar muchas veces están cerca, como por ejemplo 51NG55, 18,4% en vivero (I) y 24,2 en campo (S), lo cual se puede observar en el anexo 1. En este propio anexo se observa que Q96 alcanzó severidad de 13,3% en vivero (I) y 8,5% en campo (R).

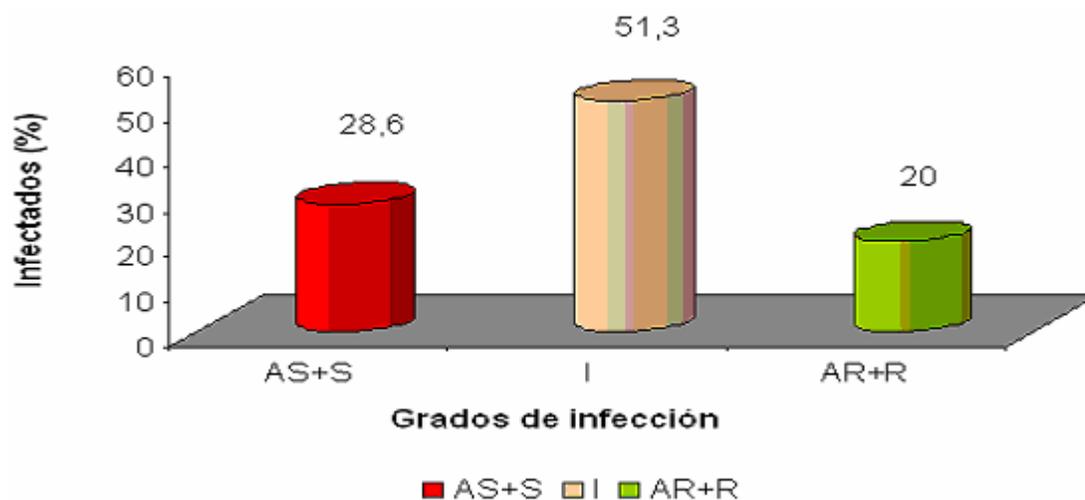


Figura. 12. Reacción de 185 genotipos de caña de azúcar ante el patógeno, en campo.

En el propio Anexo 1 se refleja que esta situación se repite con mucha frecuencia, o sea, el paso de un cultivar intermedio a susceptible o resistente, o viceversa, algo que puede ocurrir frecuentemente, pues como se observa en el capítulo de Materiales y Métodos, en la metodología oficial establecida en el INICA para las pruebas de resistencia, el tránsito de un cultivar, desde una categoría a otra,

puede ser determinado por el 1% de severidad. En el propio estudio se observó solamente una contradicción, representada por el cultivar Laica96-09, que resultó resistente en vivero con 10% de severidad y susceptible en campo con 22,5% (anexo 1); si tenemos en cuenta que los cultivares estudiados en condiciones de campo interactúan con el ambiente durante dos años, esta situación no se aparta de los parámetros normales. Además, no se debe perder de vista que los conceptos “resistencia” y “susceptibilidad” son relativos, por lo que no deben ser considerados de forma absoluta los valores numéricos obtenidos.

Independientemente de la necesidad de controlar la escaldadura foliar a través de los cultivares resistentes, coincidimos con Champoiseau (2002) y Champoiseau *et al.* (2006), cuando plantean que este procedimiento necesita de un largo periodo de tiempo, por lo que se hace imprescindible conocer los mecanismos de patogenicidad de *Xanthomonas albilineans*, que permitan hacer algunas predicciones respecto al comportamiento esperado del patógeno y de los cultivares, con el objetivo de tomar las medidas que correspondan.

En la figura 13 se observa que las lluvias de los años 2007 al 2009, periodo en que fue conducido el estudio, fueron superiores al promedio de los 20 años precedentes.

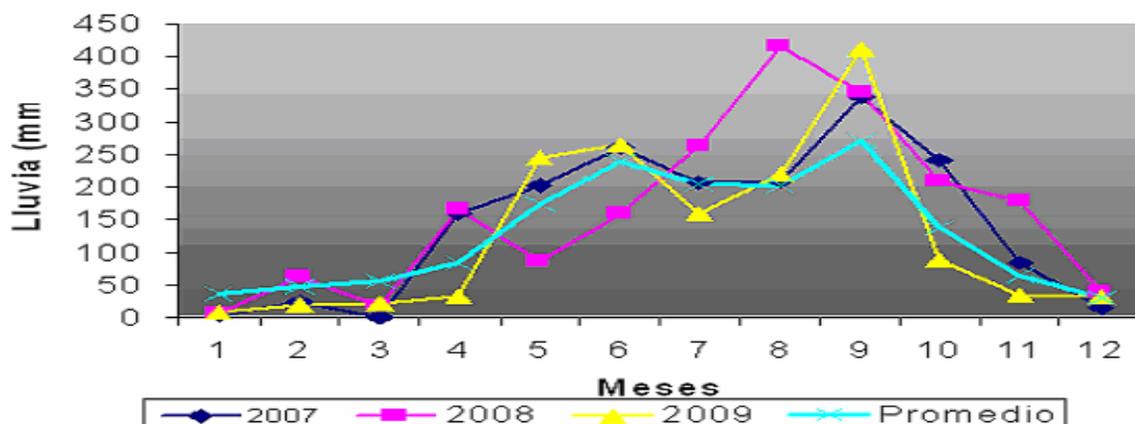


Figura. 13. Registros de precipitaciones en el periodo durante el cual se desarrolló el estudio, comparado con la media de los últimos 20 años.

Se considera que la lluvia es un factor determinante para exacerbar la aparición de los síntomas en los cultivares infectados. Daugrois (2006), al referirse a este aspecto plantea que este factor meteorológico parece ser determinante durante la epifitía y subsiguiente colonización de los tallos, mientras que Champoiseau *et al.* (2008) obtuvieron alta correlación entre la máxima población epifítica, la lluvia y la subsiguiente infección de los tallos. Pérez (2002) señala que actualmente las condiciones climáticas tienen mayor importancia que la reacción de los genotipos plantados y enfatiza que hasta la fecha no se ha encontrado alta resistencia en los cultivares obtenidos mediante Mejora Genética.

4.0.4 Correspondencia entre los resultados de la evaluación en vivero con los obtenidos en campo.

En epígrafes anteriores se ha expresado la necesidad de evaluar la resistencia genética a *Xanthomonas albilineans*, tanto del material empleado para el mejoramiento genético, como el que ha alcanzado la categoría de comercial; sin embargo, entre los objetivos que se pretende alcanzar en la presente tesis se encuentra comparar el procedimiento actual o estudio de campo, con una evaluación en condiciones controladas de vivero.

Cuando se realizó análisis de correlación a los resultados del estudio llevado a cabo con 185 genotipos (figura 14), se observó correspondencia entre las evaluaciones realizadas en vivero y campo. Se obtuvo un coeficiente de correlación ($R^2 = 0,7047$) que puede considerarse alto, con la aplicación de la siguiente ecuación:

$Y = 0,7855x + 1,3217$, donde x = Severidad en vivero Y = Severidad en campo.

Mediante su empleo se puede predecir lo que debe ocurrir en el campo a partir de los resultados obtenidos en vivero, con más de 70% de probabilidad. Si se tiene en cuenta que esta relación, expresada en la mencionada anteriormente figura 14, fue obtenida a partir de una data donde participan 185 genotipos, cuyo

comportamiento es muy diferente y con una influencia ambiental de dos años, la confiabilidad de los resultados adquiere un alto valor.

El procedimiento de evaluar la resistencia de los cultivares frente al agente causal de la escaldadura foliar, a partir de los resultados obtenidos mediante la inoculación artificial en vivero es usado en diferentes países. En este sentido, Jiménez y Contreras (2009) en Venezuela, emplearon el método de vivero y obtuvieron resultados satisfactorios en 11 cultivares. No existe un procedimiento estandarizado internacionalmente para cumplir este objetivo; sin embargo, Daugrois *et al.* (2003), realizaron estudios en dos localidades de Guadalupe, e inoculando tallos de diferentes cultivares, obtuvieron en los susceptibles 18% de colonización, mientras que en los resistentes sólo 1,7%.

Algunas veces la evaluación en condiciones naturales de campo consiste únicamente en el reconocimiento visual de los síntomas foliares y modificaciones morfológicas visibles, detectadas en aquellos cultivares que presentan manifestaciones en las hojas y tallos que difieren de sus características botánicas típicas (Camparini, 2006).

Este método de identificación visual no es recomendable en el caso de la escaldadura foliar, por ser una enfermedad muy influenciada por las condiciones ambientales y atenciones agronómicas, donde juega un papel decisivo la presencia de estrés hídrico, la existencia de tres serovares (o serotipos del organismo causal) a nivel internacional, así como el informe de dos de ellos en Cuba, además de 11 grupos genómicos circulando en las plantaciones comerciales y áreas experimentales del país, lo cual requiere el empleo de técnicas de alta precisión y sensibilidad, así como la participación de personal altamente calificado (Díaz, 2000).

Por otra parte, la presencia de las formas crónica y aguda, así como las fases de latencia y eclipse, originan confusiones al personal técnico, investigadores y

productores, durante las observaciones visuales en el campo, con el objetivo de evaluar la reacción de los cultivares. A los efectos de evitar este riesgo, es recomendable cumplir, minuciosamente, la metodología evaluativa vigente en el país y evaluarla de forma sistemática en la práctica, con la participación de fitopatólogos y genetistas del INICA y de otras instituciones científicas, así como fitosanitarios y agrónomos encargados de la producción de caña del MINAZ, en las diferentes Empresas Cañeras y Cooperativas Agropecuarias del país, para contribuir a su perfeccionamiento futuro, como parte de los objetivos fundamentales planteados por la Fitoprotección de la Caña de Azúcar.

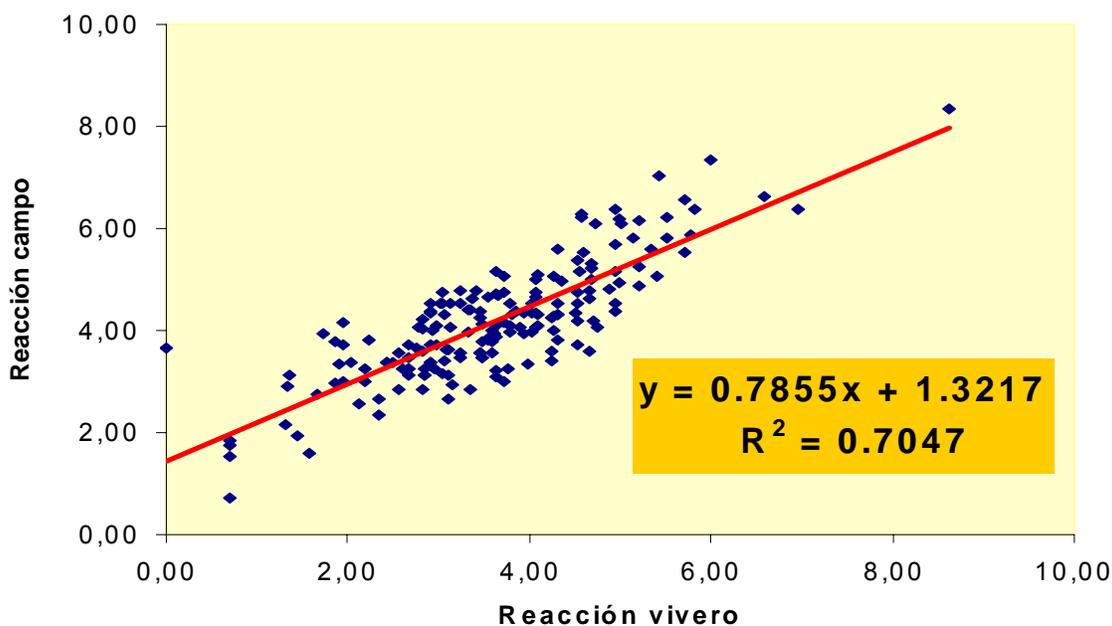


Figura. 14. Relación entre la resistencia en vivero y campo en 185 genotipos inoculados con la bacteria *X. albilineans*.

La evaluación de la resistencia a partir de la colonización de los tallos inoculados por la bacteria, llevada a cabo en la presente Tesis, también ha sido objeto de estudio de otros autores; Huerta *et al.* (2003), en México, estudiaron la resistencia de dos cultivares a partir de la colonización y dinámica de la población de

bacterias en los tallos; de igual forma en México, Huerta *et al.* (2009) evaluaron la oclusión de los haces fibrovasculares en los tallos inoculados, obteniendo resultados satisfactorios con cultivares cuya reacción ante la enfermedad era conocida.

La patogenicidad de *Xanthomonas albilineans* se relaciona con diferentes factores: la producción de la toxina albicidina, la expresión de los síntomas en las hojas y la colonización de los tallos por parte del patógeno; en este sentido varios autores le conceden particular importancia a algunos factores ambientales como la lluvia al plantear que la aparición de los síntomas correlaciona con el comportamiento de ciertos eventos meteorológicos, pero no con la colonización de los tallos (Champoiseau, 2006; Champoiseau y Daugrois, 2008).

Por esta razón, se puede expresar que los resultados expuestos coinciden con Daugrois *et al.* (2008), quienes plantean que la ausencia de síntomas en las plantas inoculadas con *Xanthomonas albilineans*, puede ser motivada por el escape propio de los cultivares resistentes o por infecciones latentes de la enfermedad, que pueden permanecer ocultas durante largos periodos.

Con estos resultados queda demostrado que realizar las pruebas de resistencia a la enfermedad, mediante la inoculación artificial del organismo causal en condiciones de vivero es factible, sin afectar el rigor científico de los resultados, lo que proporciona un ahorro considerable de recursos humanos y materiales, elementos fundamentales para recomendar el empleo de esta nueva técnica de evaluación; sin embargo, no resultaría ocioso validar en la práctica cotidiana del Mejoramiento Genético que se realiza en Cuba, los resultados presentados en la presente Tesis de Maestría.

4.0.5. Estimación económica

Tabla 5. Estimación de los Gastos.

Métodos de evaluación	Insumos (\$)	Salarios (\$)	Total (\$)	Porcentaje
Campo	3 928,00	3 360,00	7 288,00	100,00
Vivero	379,50	1 680,00	2 059,50	28,30
Diferencia	3 548,50	1 680,00	5 228,50	71,70

La evaluación en vivero requiere solamente el 28,3% de los gastos ocasionados por salario e insumos necesarios, para la determinación del comportamiento de los cultivares ante la escaldadura foliar, en condiciones de campo, lo cual representa una ganancia de \$ 5 228,50 CUP.

CONCLUSIONES

- Tanto en la distribución espacial de la enfermedad en la Colección de Germoplasma, como entre las etapas de selección, desde lote de posturas hasta estudios replicados, los factores de mayor incidencia son la transmisión mecánica y las lluvias o tormentas de verano, aunque en las etapas de selección también incide la transmisión aérea.
- Las diferencias más frecuentes en cuanto a la severidad de la enfermedad en vivero y campo se presentan entre los genotipos de valor intermedio.
- La determinación de la fórmula $Y = 0,7855X + 1,3217$ permite predecir los resultados de las pruebas de resistencia en campo a partir de los obtenidos en vivero, con un mejor manejo de gran volumen de genotipos y el consiguiente ahorro de recursos humanos, materiales y tiempo sin afectar el rigor científico requerido.

En correspondencia con los resultados obtenidos, consideramos oportuno hacer las siguientes recomendaciones:

- Emplear la desinfección de los implementos de cosecha para evitar la propagación mecánica de la escaldadura foliar.
- Realizar las pruebas de resistencia a esta enfermedad mediante inoculación artificial en condiciones de vivero.
- Mantener la humedad del suelo por encima del 75% de la Capacidad de Campo, durante los estudios de resistencia a escaldadura foliar.
- Continuar profundizando los estudios sobre esta enfermedad en dos direcciones:
 - a) Evaluar la reacción entre la colonización de los tallos y aparición de los síntomas.
 - b) Validar en la práctica del Mejoramiento Genético, la relación entre los resultados de inoculación en vivero y campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Aday, D. O.; García, P. H.; Barroso, M. F. y Díaz, M. F. (2003).** Uso del Glyfosato para el saneamiento de la escaldadura foliar de la caña de azúcar en áreas comerciales. Centro Agrícola, 30 (1): p.41-45.
- **Aday, D. O. y Barroso M. F. (2001).** Sanidad Vegetal En: Instructivo Técnico para Jefes de lotes. INICA, p. 31-33.
- **Barroso, G. (2008).** Evaluación de híbridos de Caña de Azúcar ante la presencia de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y su influencia en el rendimiento. Tesis en opción al Título Académico de Master en Sanidad Vegetal, p. 35-40.
- **Barroso, G.; Guardarrama, L.; Justiz, R; O'Relly, J. P.; Leal, P. P.; Cabrera, L. y Abrantes, I. (2007).** Evolución de la composición varietal de la provincia de Matanzas en el quinquenio 2001-2006. Memorias del 60 Aniversario de la EPICA "Antonio Mesa", Jovellanos, Cuba, p. 7.
- **Breesiani, J. A.; Sanguino, A; Lee, W.; Vencovsky, R. y Goncalves, J. A. (2005).** Breeding sugarcane for leaf scald resistance: A Genetic Study. Proc. ISSCT, 25: p. 474-480.
- **Carvajal, O.; Barroso, G.; Ruffin, Yordanka.; Pérez, J. R.; Delgado, Mercedes y Pellón, Yenima (2007).** Medidas alternativas de control para el cultivo de variedades de caña de azúcar susceptibles a la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson para la necesidad actual. Memorias del 60 Aniversario de la EPICA "Antonio Mesa". Jovellanos, Cuba, p. 6.
- **Champoiseau, P. (2002):** Etude de l'épidémiologie de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre (*Saccharum* spp.) causée par *Xanthomonas albilineans*. Master's degree report. ISTOM - Ecole d'Ingénieur d'Agro-développement International, Cergy-Pontoise, France, p. 133.
- **Champoiseau, P. (2006):** *Xanthomonas albilineans*, l'agent causal de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre : caractérisation et variabilité génétique du pouvoir pathogène, en Guadeloupe et dans le monde. Ph D Thesis, Life Sciences. Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe, France, p.171.
- **Champoiseau, P. ; Rott, P. y Daugrois, J.H. (2008).** Epiphytic population density of *Xanthomonas albilineans* and subsequent contamination of sugarcane stalks are linked to cumulative rainfall in Guadeloupe. Plant Disease. Accepted November 08.

- **Chávez, M. R. (2000).** Proyecto para determinar la resistencia varietal al mosaico, la roya, el carbón y la escaldadura de la Caña de Azúcar. Resistencia varietal a la enfermedad escaldadura de la caña de azúcar (*Xanthomonas albilineans*). Programa Nacional de Variedades del FOCITCAÑA. México, D. F., p.85.
- **Chinea Martín, A. y Milanés Ramos, N. (2008).** Escaldadura de la hoja: Peligro potencial para la producción cañera. INICA. La Habana, 2008, p.14.
- **Chinea, M. A. y Milanés, R. N. (2006).** Enfermedades de la caña de azúcar En: Temas selectos de la caña de azúcar. Universidad Veracruzana, México, p. 72-85.
- **Chinea, M. A. y Rodríguez Lema, Eida Luisa (1994).** Enfermedades de la Caña de Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba. Ediciones Imago, p. 100.
- **Chinea, M. A. y Rodríguez Lema, Eida Luisa (2010).** Enfermedades de la caña de azúcar (en edición). Disponible en Dpto. Protección de Plantas, INICA, MINAZ. C. de La Habana, p.150.
- **Chinea, M. A.; Nass, H.; Davoin, C. y Diez, María Dolores (2000).** Enfermedades y daños de la Caña de Azúcar en Latinoamérica, Imprecolor S. A. Barquisimeto, Venezuela, p.108.
- **Comparini, A. S. D. (2006).** Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Universidad San Carlos de Guatemala, Trabajo de Diploma, p.120.
- **Comstock, J. C; Croft, B. J.; Rao, G. G.; Sauntally, S. y Victoria, J. I. (2007).** A review of the 2006 International Soc. of Sugar Cane Technol. Pathology Workshop. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Vol. 26, p. 1021-1026.
- **Daugrois, J. H. ; Champoiseau, P. ; Boisne Noc, R. y Joseph, S. (2000).** Aereal dissemination of *Xanthomonas albilineans*. Annual Report CIRAD. p.20.
- **Daugrois, J. H. ; Boisne-Noc, R. ; Champoiseau, P. ; Dumont, V. y Rott, P. (2003^a).** Epiphytic life of *Xanthomonas albilineans* is involved in the infection process of sugarcane by leaf scald in Guadeloupe. In Abstracts of the VIIth Pathology Workshop of I S S C T, Baton Rouge, U S A.

- **Daugrois, J. H.; Champoiseau, P. y Rott, P. (2006).** Impact of rainfall on epiphytic colonization of sugarcane by the leaf scald pathogen and associated plant infection. In: Abstracts of the VIIIth Pathology Workshop of I S S C T, Guadeloupe, France, p.44.
- **Daugrois, J. H.; Champoiseau, P. y Rott, P. (2008).** Analyse de risques et impact sur la gestion des maladies, le cas de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre en Guadeloupe. In: AFCAS. Résumés de la IVème Rencontre Internationale Francophone de l'Association Française de la Canne à Sucre, Guadeloupe, France.
- **Daugrois, J. H. ; Dumont, V. ; Champoiseau, P. ; Costet, L. ; Boisne-Noc, R. y Rott, P. (2003^b).** Aerial contamination of sugarcane in Guadeloupe by two strains of *Xanthomonas albilineans*. European Journal of Plant Pathology 109:p.445-458.
- **Davis, M. J.; Rott, P.; Bauding, P. y Dean, J. L. (1994):** Evaluation of selective media and immunoassay for detection of *Xanthomonas albilineans*, causal agent of sugarcane leaf scald disease. Plant Disease, 78: p. 78-82.
- **De Prada, E. F. (1997).** Estudio y utilización de los recursos genéticos de la Caña de Azúcar. Tesis Doctoral. Universidad Agraria de La Habana, p.78.
- **De Souza e Silva, M. (2005).** Caracterizacao serológica, molecular e patogénica de isolados de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson agente causal da escaldadura da Cana de Acucar. (Tesis de Maestría en Fitopatología). Universidad de Sao Paulo. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, p.61.
- **Díaz, R., Marisela (2000).** Escaldadura foliar de la caña de azúcar en Cuba: Caracterización, diversidad y diagnóstico molecular de su agente causal. Tesis doctoral, Ciudad de La Habana, p. 112.
- **Fuchs, M.; González, V.; Rea, R.; Zambrano, A. Y.; De Sousa-Vieira, O; Díaz, E.; Gutiérrez, Z. y Castro, L. (2005).** Mejoramiento de la Caña de Azúcar mediante la inducción de mutaciones en cultivo de callos. Agronomía Tropical. Maracay, Venezuela, Vol. 55, Nro. 1., p. 8.
- **Garcés, F. F. (2003).** Manejo preventivo de los principales problemas fitopatológicos de la Caña de Azúcar en Ecuador. Memorias de la reunión sobre el cultivo de la Caña de Azúcar en Ecuador. Guayaquil, p. 47-74.

- **Garcés, F. y Valladares, Carmen (2006).** La desinfección de herramientas: una medida preventiva para el manejo de la escaldadura de la hoja y el raquitismo de la soca. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). Carta Informativa. 8, N^o 2, p. 4.
- **García, L. y Noa, J. N. (1998).** Obtención de plantas libres de patógenos. Propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología. Eds: Pérez, P. J. N, Alvarado, Y., Gómez, K. R, Jiménez, G. E. Orellana, p. 135-148.
- **Girard, J. C., Chatenet, C.P., Rott, J.F., Bousquet, M.J., Daroussat, R. y Muller, M. (2000).** Importance of physiological age of cana plant on the development of leaf scal. Annual Report, CIRAD, pp. 21.
- **González, R.; Carvajal, O.; Tamayo, Mónica, Montalván, J.; García, H. y Rott, P. (2008).** Contribución al muestreo y evaluación de la escaldadura foliar de la Caña de Azúcar. Protección Vegetal. CENSA, p. 7 (En edición).
- **Grisham, M. P. (2004).** Ratoon Stunting Disease. In: Sugarcane Pathology: Bacterial and Nematode disease. Rao, G. P., Saumtally, A. S., Rott, P. (eds.), Science Publishers. Inc. USA, p. 77-96.
- **Holt, J. G.; Krieg, N. R.; Sneath, P. H.; Staley, J. T. y Williams, S. T. (1994).** Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition. Williams & Wilkins, eds., p.53-64.
- **Huerta Lara, M.; Cardenas Soriano, E. y Rojas Martinez, R. (2009):** Oclusión de haces vasculares para evaluar resistencia de caña de azúcar a *Xanthomonas albilineans*. INCI. [online]. abr. 2009, vol.34, no.4 p.247-251. Disponible en la World Wide Web: ISSN 0378-1844.
- **Huerta Lara, M.; Sandoval-Islas, J. S, Cardenas-Soriano, E.; Rojas Martinez, R. I.; Flores Cácers, S. y Marín García, M. (2003):** Evaluación de resistencia de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Co997 y Mex64-1487 analizando colonización y dinámica poblacional de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en tallos. Revista Mexicana de Fitopatología, 21 (3): p. 316-322.
- **Huerta Lara, M.; Ortega Arenas, L. D.; Landeros Sánchez, C.; Fucikovsky Zak, L y Marín García, M. (2003).** Respuesta de 10 variedades de Caña de Azúcar a la Escaldadura de la hoja [*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson]. Agrociencia, Colegio de Postgraduados. Texcoco, México, 37 (.5): p. 493-511.

- **Huerta Lara, M.; Ortega Arenas, L. D.; Landeros Sánchez, C.; Fucikovsky Zak, L. y Marín, García, M. (2003).** Resistencia de variedades comerciales de caña de azúcar a la escaldadura de la hoja [*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson]. *Agrociencia, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México*, 37 (5): p. 511-519.
- **INICA (2002).** Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Cuba & Caña – INICA. Boletín No.1. Ciudad de La Habana, p.315.
- **Instituto de Suelos. 1975.** "Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba", Serie Suelos. p.23-25.
- **James, L. G. (2005).** Pests and diseases of sugarcane. *Sugar Cane International* (23), 1: p. 3-14.
- **Jimenes, Odalis.; Contreras, Nancy. y Nass, H. (2004).** *Xanthomonas albilineans* agente causal de la escaldadura foliar de la Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*) en los estados Lara y Yaracuy. *Rev. Fac. Agron.Uruguay*, 21 (3): p. 233-245.
- **Jimenez, Odalis y Contreras, Nancy (2009).** Respuesta de 11 variedades de caña de azúcar a escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) Ashby, Dowson y evaluación de dos métodos de inoculación. *Nota técnica, Bioagro*, 21(2): p. 139-142.
- **Koike, H. (1965).** The aluminum cap method for testing sugarcane varieties against leaf scald disease. *Phytopathology*, p. 317-319.
- **Maldonado, A.; Melgar, M. y Lamport, P. (2008):** Avances Mundiales en Transgénesis de Caña de Azúcar; www.SugarJournal.com, p. 12-20.
- **Martin, J. P. y Robinson, P. E. (1961).** Leaf scald. In: *Sugar Disease in the World*, Vol 1. J.P. Martin, E.V. Abbott, and C.G. Hughes, eds. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, p. 79-107.
- **Matos, Madyu (2002).** Escaldadura foliar: Evaluación de métodos para el saneamiento y comportamiento de variedades comerciales de Caña de Azúcar. Tesis de Maestría. Universidad de la Habana. Facultad de Biología, p.60.
- **Matos, Madyu.; Peralta, Esther Lilia.; Pérez, M, J. R.; Cortegaza, Leidy, Santana, O.; China, A. y Carvajal, O. (2003).** Evaluación de la presencia de los Serovares I y III de *Xanthomonas albilineans* en plantas

procedentes de áreas comerciales y vitroplantas de Caña de Azúcar. Protección Vegetal. Vol. 18, Nro. 3, p. 159-161.

- **MINAZ-INICA (2008).** XVI Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal, Sancti Spiritus, p.93.
- **Marín, R.; Kauffman, J.; Villegas, R. y Sanchez, E. (1994).** ISRIC Soil Brief CU3 Wageningen, The Netherlands and INICA, Cuba, p. 17.
- **Ordosgoitti, A.; Aponte, A. y González, P. (1987).** Reacción de variedades cubanas de Caña de Azúcar a *Puccinea melanocephala* Sydow et P. Sydow y *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Venezuela. Agronomía Tropical 29, (2), p. 1-9.
- **Ovalle, W. (2007).** Determinación del efecto de cuatro enfermedades en la producción de la Caña de azúcar. CENGICAÑA. MEMORIA. Eventos históricos y logros 1992-1997. Guatemala, p.85.
- **Ovalle, W. y García, S. (2007).** Incidencia de patógenos en semilleros de Caña de Azúcar en la zafra 2006-2007. CENGICAÑA. MEMORIA. Eventos históricos y logros 1992-1997. Guatemala, p.77.
- **Ovalle, W; Barrera, M. y García, S. (2007).** Región de muestreo en Caña de Azúcar, para la detección de la bacteria causante de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. CENGICAÑA. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2006-2007. Guatemala, p.232.
- **Peralta, Esther, Lilia.; Martínez, B.; Martin, D. y Jones, P. (1997).** Quality control for the production of plant-free plantlets in Cuban sugarcane biofactories. ISSCT Pathology and Molecular Workshop, Abstracts, South Africa, p. 136-143.
- **Peralta, Esther, Lilia.; Pedroso, M y Martínez, Yamila (1997).** Diagnóstico de Fitopatógenos. Manual Teórico-Práctico, CENSA, p.134.
- **Pérez, M. J. R. (2002).** Evaluación de la resistencia varietal y el control de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson de la Caña de Azúcar en Cuba. Informe Final de Proyecto. (101.141) INICA, p.38.
- **Pérez, M. J. R.; China, A.; Matos, M. y Montalbán, J. (2000):** Causas de la propagación y desarrollo de la escaldadura foliar de la caña de azúcar en Cuba. Resúmenes, 15 Aniversario EPICA Stgo. de Cuba, p. 32-33.

- **Pérez, M. J. R.; Matos, Madyu.; Chinaea, M. A. Montalván, J. y Pérez, G. (2002).** Desarrollo y características epidemiológicas de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson de la caña de azúcar en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 17(3): p. 181-182.
- **Pérez, M. J. R.; Matos, M.; Montalvan, J.; Peralta, E. L.; Pérez, G; Carvajal, O. y Chinaea, A. (2003):** Desarrollo de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en cuba: patógeno, variedades y clima. *Protección Vegetal*. Vol 18. No 3, p. 162-167.
- **Pérez, M. J. R.; Montalvan, J. y Peralta, Esther Lilia. (1997).** Control de enfermedades y plagas en el sistema cubano de producción de semilla. p19.
- **Pérez, M. J. R.; Matos, M.; Montalvan, J.; Peralta, Esther Lilia.; Pérez, G.; Carvajal, O. y Chinaea, A. (2003).** Desarrollo de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Cuba: patógeno, variedades y clima. *Protección Vegetal*. Vol. 18. Nro. 3, p. 162-167.
- **Pérez, M. J. R.; Matos, Madyu.; Pérez, G.; Montalvan, J.; Aguiar, E.; Peralta, Esther, Lilia. y Chinaea, A. (2004).** Brote epifitológico de la escaldadura foliar de la caña de azúcar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson: consecuencias actuales y futuras. *Diversificación 2004. Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la caña. Memorias. La Habana. Cuba*, p. 97-103.
- **Pérez, M. J. R.; Matos, Madyu.; Montalvan, J.; Chinaea, A.; Pérez, G.; Rodríguez, Eida.; Carvajal, O.; Peralta, Esther Lilia.; Gago, S.; Viera, M.; Cortegasa, Leidy.; Nodarse, Odalys.; Ruffín, Yordanka. y Pellón, Yenima (2001).** Evaluación de la resistencia varietal y el control de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson de la caña de azúcar en cuba. *Informe Final de Proyecto. INICA*, p.40.
- **Pérez, M. J. R.; Chinaea, A.; Matos, Madyu y Montalvan, J. (2000).** Causas de la propagación y desarrollo de la escaldadura foliar de la caña de azúcar en Cuba. *Resúmenes, 15 Aniversario EPICA Stgo. de Cuba*, p. 32-33.
- **Pérez, O. G.; Chinaea, M. A.; de Prada, E. F.; Abrantes, R. I.; Cabrera, M. L.; Carvajal, O y López, M. (2000).** Mejora de la Caña de Azúcar en alta incidencia de enfermedades: Consecuencias de bajo rendimiento. *Resúmenes, 15 Aniversario EPICA Stgo. de Cuba*, p. 25-28.

- **Persley, G. J. y Ryan, C. C. (1976).** Epidemiology of leaf scald in the Moreton district of Queensland. Proc. Queensl. Soc. Sugar Cane Technol., p. 79-82.
- **Ricaud, C. (1975).** Factors affecting the severity of leaf scald disease of sugarcane in different countries. Proc. Indian Sugar Technol. Assoc., Seminar Paper, p. 6.
- **Ricaud, C., y Ryan C. C. (1989).** Leaf scald In: Disease of sugarcane. Major disease. Eds: C. Ricaud, B. T. Egan, A. G. Gillaspie Jr. and C. G. Huges. Amsterdam. The Netherlands: Elsevier Science Publisher, p. 39-58.
- **Rivera, N.; Hevesi, Mary.; Stefanova, Marucia y Albornoz, A. (1979).** Dos nuevas enfermedades bacterianas en Caña de Azúcar en Cuba. Primera Jornada Científica de Sanidad Vegetal, p. 25-31.
- **Rossi G. (2001).** Sugarcane Variety Notes. An international directory. 7ma Revisión, Brasil, p.104.
- **Rott, P. y Davis, M. J. (1995).** Recent advances in research on variability of *Xanthomonas albilineans* causal agent of sugarcane leaf scald disease. In: Proceeding of XXII Congress ISSCT, Colombia, p. 43-49.
- **Rott, P. y Davis, M. J. (2000).** Leaf scald. In: A guide to Sugarcane diseases. CIRAD and ISSCT, p. 163-169.
- **Rott, P.; Abel, M.; Soupa, A. y Feldmann, P. (1994).** Populations Dynamics of (*Xanthomonas albilineans*) in sugarcane plants as determined whith an antibiotic-resistance mutant. Plant Disease, p. 241-247.
- **Rott, P.; D. Soupa.; Brunet, P. Feldmann, y P. Letourmy (1995).** Leaf scald (*Xanthomonas albilineans*) incidence and its effect on yield in seven sugarcane cultivar in Guadeloupe. Plant Pathology, p. 1075-1084.
- **Rott, P. ; Davis, M.J. y Baudin, P. (1994).** Serological variability in *Xanthomonas albilineans* causal agent of sugarcane leaf scald disease. Plant Pathology, p. 344-349.
- **Rott, P. ; Marguerettaz, M. ; Fleite, L. ; Cociancich, S. y Girard, J. C. (2010).** Unravelling pathogenicty of *Xanthomonas albilineans*, the causal agent of sugar cane leaf scald. Pro. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 27, p.11.

- **Rott, P.; Mohamed, I. S.; Klett, P.; Soupa, D.; de Saint-Albin, A.; Feldmann, P.; y Letourmy, P. (1997).** Resistance to leaf scald disease is associated with limited colonization of sugarcane and wild relatives by *Xanthomonas albilineans*. *Phytopathology*, p. 1202-1213.
- **Saumtally, A. S.; y Dookun Sauntally, Asha (2004).** Leaf scald of sugarcane: A disease of worldwide importance. En: *Sugarcane Pathology: Bacterial and nematode diseases*. G. P. Rao, A. Sauntaly, P. Rott (eds.). Sience Publishers, Inc. USA, p.67-74.
- **Saumtally, A. S.; Medan, H. y Autrey, L. J. (1995).** Detection, transmission and control of leaf scald of sugarcane caused by *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. In *International Society of Sugar Cane Technologists Congress. 22. Cartagena Proceedings. Cali. Tecnica;a. Vol. 2*, p. 477-484.
- **StatSoft. (1993).** Statistica for Windows, Release 4.2.
- **Stand, David (2011):** *Xanthomonas albilineans* : Taxonomía: Tmado de Garrity, G. M, 2006, Disponible en <http://zipcodezoo.com>
- **Tokeshi, H. (1997).** Doencas da Cana de Açúcar. ESALQ./USP. Editora Agronómica, CERES Ltda/SA, p. 10-13.
- **Victoria, J. I (1994).** Escaldadura de la hoja: Situación, prevención y control. Serie Divulgativa, Noviembre, ISSN N^o 01216427. Disponible en <http://www.cenicana.org>
- **Victoria, J. I y Guzmán, F. A. (1995).** Enfermedades de la Caña de Azúcar en Colombia. En: C. Cassalett, J. Torres, C. Isaacs (eds). *El cultivo de la Caña en la zona azucarera de Colombia*. CENICAÑA. Cali, Colombia, p. 265-293.

ANEXO 1. Reacción en campo y vivero de 185 cultivares.

Variedad	Severidad en vivero	Reacción en vivero	Severidad en campo	Reacción en campo
CSG 92-506	73.90	AS	69.00	AS
CSG 88-353(4)C1073-88	48.00	AS	40.00	AS
C 187-02	42.85	AS	43.30	AS
C 99-178	35.50	AS	53.30	AS
Laica 87-601	33.30	AS	40.00	AS
12-52-12	32.77	AS	34.00	AS
C 96-59	32.00	AS	30.00	AS
C 74-03	32.00	AS	42.70	AS
CSG227-92	30.00	AS	33.30	AS
Laica 94-36	30.00	AS	38.30	AS
C 460-02	29.00	S	48.90	AS
C 127-02	28.66	S	25.00	AS
C 98-53	28.00	S	30.66	AS
C 593-98	26.66	S	37.30	AS
C 96-74	26.60	S	27.00	S
11-55-6	26.60	S	23.30	S
C 42-99	26.00	S	33.30	AS
Fidji	24.60	S	36.60	AS
C 85-101	24.40	S	37.70	AS
CSG 422-92	24.40	S	24.00	S
C 99-139	24.00	S	32.00	AS
C 88-394	24.00	S	40.00	AS
PR 87-2015	24.00	S	18.60	I
11-48-7	24.00	S	20.00	I
CSG 95-290	24.00	S	26.00	S
CSG 01-367	23.30	S	22.80	S
C 282-98	22.00	S	16.00	I
11-57-1	21.80	S	36.60	AS
C 184-98	21.63	S	16.92	I
C 98-59	21.53	S	24.61	S
12-55-1	21.50	S	27.60	S
CSG 88-362(4)C2561-88	21.50	S	26.60	S
C 99-184	21.25	S	12.50	I
C 97-023	21.25	S	22.50	S
C 97-008	21.25	S	21.00	S
SP 71-799	20.60	S	30.00	AS
CSG 403-92	20.50	S	38.00	AS
C 379-98	20.44	S	39.00	AS
PGM 89-118	20.20	S	26.00	S
C 114-02	20.00	I	20.00	I
96 NG 15 Badila	20.00	I	13.30	I
C 2515-88	20.00	I	17.10	I
C 89-175	20.00	I	28.50	S
C 210-04	20.00	S	22.00	S

C 99-192	19.76	I	18.46	I
51NG55	18.40	I	24.20	S
C 2884-88	18.10	I	30.90	AS
C 459-02	18.00	I	20.00	I
C 55-98	18.00	I	18.00	I
12-53-6	18.00	I	18.00	I
CSG86-510	18.00	I	14.00	I
C 86-5409	17.70	I	17.70	I
Port Marckai Black	17.70	I	15.50	I
C 92-249	17.70	I	25.20	S
CC 83-25	17.50	I	11.11	I
C 96-54	17.50	I	17.50	I
C 90-510	17.50	I	12.50	I
11-58-12	16.30	I	16.30	I
C 94-57	16.30	I	18.10	I
CSL32	16.30	I	25.40	S
C 99-103	16.00	I	18.33	I
C 92-57	16.00	I	16.00	I
C 177-02	16.00	I	22.00	S
F-134	16.00	I	24.40	S
C 64-15	16.00	I	21.30	S
B37360	15.77	I	15.30	I
C 85-110	15.7	I	12.80	I
PR 82-2132	15.70	I	18.50	I
C 89-510	15.70	I	20.00	I
C 131-84	15.38	I	10.76	I
C 139-03	15.00	I	18.33	I
CSR 391-93	15.00	I	15.00	I
C 169-03	14.66	I	16.00	I
C 98-60	14.28	I	18.57	I
CSG 88-359	14.28	I	18.57	I
C 90-115	14.00	I	18.00	I
12-59-7	13.80	I	15.30	I
C 92-92	13.75	I	16.25	I
11-66-12	13.75	I	20.00	I
Q20	13.64	I	10.00	R
C 264-04	13.33	I	16.70	I
Q 96	13.30	I	8.50	R
CSG 87-514	13.30	I	22.00	S
Cristalina	13.30	I	25.00	S
C 91-81	12.85	I	16.60	I
C 97-008	12.85	I	21.40	S
CG96-10	12.72	I	9.90	R
C 25-344	12.72	I	21.80	S
C 85-164	12.70	I	14.50	I
CSG 488-92	12.70	I	9.00	R
CSG88-367(1)C2019-88	12.70	I	26.00	S
C 133-02	12.50	I	15.00	I

11-67-1	12.50	I	15.00	I
11-53-7	12.32	I	13.80	I
C 97-022	12.30	I	15.38	I
Q135	12.30	I	12.30	I
C 99-185	12.00	I	14.28	I
C 116-98	12.00	I	14.00	I
C 716-98	12.00	I	14.00	I
CSG90-270	12.00	I	21.30	S
CSG88-359(3)C2319-88	11.60	I	11.60	I
C86-394	11.60	I	13.80	I
CSG92-501	11.60	I	16.60	I
12-51-7	11.60	I	11.60	I
C 307-04	11.42	I	18.60	I
C 2514-88	11.42	I	12.30	I
CSG 94-290	11.42	I	12.30	I
C 87-256	11.40	I	17.50	I
C 284-04	11.11	I	22.50	I
12-53-1	10.90	I	21.00	S
C 96-57	10.76	I	7.60	R
CP 76-331	10.70	I	18.90	I
C 3084-88	10.50	I	18.80	I
CSG 88-365(1)C2778-88	10.50	I	15.20	I
C 96-60	10.00	I	12.22	I
CC87-409	10.00	I	20.00	I
CSG 01-355	10.00	R	11.60	I
Laica 96-09	10.00	R	22.50	S
CSG 101-92	9.40	R	8.20	R
C 212-04	9.33	R	16.00	I
11-60-1	9.30	R	20.00	I
C 89-205	9.20	R	6.60	R
CSG 01-354	9.20	R	9.20	R
PR 76-2089	9.09	R	12.72	I
CSG 88-361(1)C2443-88	9.00	R	12.70	I
C 295-04	8.88	R	11.11	I
C 90-159	8.88	R	18.00	INT
C 251-88	8.80	R	20.00	I
CP 83-261	8.80	R	22.20	S
CP 68-1154	8.75	R	9.40	R
C 99-149	8.57	R	20.00	I
C 95-54	8.33	R	13.33	R
C 87-257	8.30	R	16.30	I
SP 79-2233	8.20	R	10.00	R
C 88-168	8.10	R	15.50	I
C 97-071	8.00	R	13.33	I
C 85-154	8.00	R	18.30	I
B 37274	8.00	R	18.60	I
CSG88-363(1)C2574-88	8.00	R	10.90	I
C 86-476	8.00	R	10.90	I
C 85-287	8.00	R	20.00	I

C 97-027	7.60	R	10.00	R
CSG 94-294	7.60	R	9.20	R
11-64-7	7.60	R	9.20	R
C 99-155	7.50	R	17.30	I
C 87-258	7.50	R	12.50	I
CSG 88-360	7.50	R	15.70	I
Na 56-42	7.50	R	7.50	R
C 641-02	7.27	R	16.00	I
CP 91-221	7.14	R	12.80	I
C 213-98	6.66	R	10.00	R
C 193-03	6.66	R	9.33	R
C 86-539	6.66	R	11.60	I
H 74-4527	6.60	R	13.30	I
PQM 89-968	6.60	R	10.00	R
C 96-56	6.25	R	10.00	R
11-45-12	6.10	R	12.30	I
B74132	6.10	R	7.60	R
CSG 88-360(1)	5.71	R	10.92	I
CSR 488-92	5.40	R	10.90	I
C 85-214	5.40	R	10.90	I
Q124	5.00	R	6.60	R
12-51-12	5.00	R	5.00	R
C 182-02	4.44	R	14.00	I
C 95-58	4.28	R	8.57	R
C 461-02	4.28	R	10.00	R
CSG 88-360	4.00	R	6.00	R
Mex 53-579	3.60	R	10.90	I
C 119-03	3.33	R	16.70	I
19-26	3.30	R	13.30	I
Waya	3.30	R	8.50	R
Caña Blanca Seda	3.10	R	10.70	I
B 59162	3.00	R	13.80	I
CSR 236-84	3.00	R	8.30	R
01/13/2020	2.50	R	15.00	I
Kassoer	2.30	R	7.00	R
C 53-86	2.00	AR	2.00	AR
11-59-1	1.60	AR	3.30	R
C 97-029	1.33	MR	9.33	R
B 37193	1.30	AR	8.00	R
C 391-89	1.20	AR	4.20	R
CSR 48-96	0.00	AR	1.80	AR
CSG88-353(2)C978-88	0.00	AR	0.00	AR
CSG 88-92	0.00	AR	2.85	R
CSG94-291	0.00	AR	2.60	R

Anexo 2. Caracterización del área experimental.

I. Ubicación geográfica.

22° 47' 0,5" de latitud norte

81° 11' 07" de longitud oeste

Altitud: 25 m snm.

II. Características edáficas y agroproductivas.

El suelo fue formado en la llanura cársica de la Región Central de Cuba, con pendiente hasta 2%. Se considera altamente productivo, con buenas propiedades físicas. Sus propiedades químicas son pobres, es muy profundo, con drenaje adecuado y gran estabilidad estructural, pero la capacidad de almacenamiento de humedad es baja.

III. Indicadores físico- químico.

- Textura arcillosa.
- Carbono orgánico: Medio.
- Arcilla con alto contenido de Caolinita.
- Humedad disponible: 6-11%.
- Densidad aparente media: 1,33 Kg /d³.

IV. Variables meteorológicas.

- Lluvia media anual 1538 mm.
- Día con lluvia 116.
- Temperatura media anual 24.3C⁰.
- Humedad relativa 80%.
- Velocidad del viento media anual 38 Km/h.
- Horas luz media anual 7.6 h.
- Evaporación media anual 4.8 mm/día.
- Nubosidad media anual 4/8.

V. Clasificación del suelo

- Ferralítico rojo típico (segunda clasificación genética de los suelos de Cuba, 1975).
- Ferrasol Hyperutri-Rhólico (clasificación FAO-UNESCO, 1988).
- Rhólico Eutrústox (clasificación de USDA Soil taxonomi, 1992).

VI. Referencia.

- Instituto de Suelos. 1975. "Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba", Serie Suelos. p.23-25.
- Marín y col., 1994. Soil Brief CU3, INICA, 19pp.