



Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias



Estudio de la vulnerabilidad de cultivares de caña de azúcar ante *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Matanzas.

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencias Agrícolas.

Autora: Ing. Mercedes Delgado Betancourt.

Matanzas, 2018



Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias



Estudio de la vulnerabilidad de cultivares de caña de azúcar ante *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Matanzas.

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencias Agrícolas.

Autora: Ing. Mercedes Delgado Betancourt.

Tutor: Dr.C. Antonio Chinaa Martín.

Matanzas, 2018

Nota de aceptación

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Ciudad y fecha

Declaración de autoridad

Declaro que soy la única autora de este Trabajo y como tal autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas y al Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar a hacer, en dependencia de su importancia, contenido y estructura, la utilización que estimen pertinente del mismo.

Ing. Mercedes Delgado Betancourt

Dedicatoria

- A la memoria del invencible Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz.
- A mis dos hijos queridos: Michel y Dayana que son mi sol, mi aire, mi mar en fin mi todo.
- A mi querido esposo por soportar mis tantas horas de ausencia.

Agradecimientos

Es difícil mencionar a todas las personas que de una forma u otra han contribuido en la realización de este Trabajo de Tesis, sin correr el riesgo de ser injusta con alguna omisión involuntaria, no obstante no podemos olvidar a:

- A la Revolución, por darme la posibilidad de formarme como profesional, a mi pueblo, y a Nuestro Máximo Líder, Fidel Castro, ejemplo inspirador de la generación joven cubana.
- Mi tutor Antonio Chinaea Martín quien sacrificó sus días de descanso para atenderme.
- A Omelio Carvajal por su comprensión, ayuda y sacrificio en la realización de este trabajo.
- A mis hijos por soportar mis horas de ausencia.
- A mi esposo, por asumir la responsabilidad de padre y cabeza de familia en los momentos de ausencia, superponiendo sus propias metas para garantizar y ayudar en las mías.
- A mis padres por guiarme siempre por el camino correcto.
- A mis suegros por extenderme sus manos.
- A mi sobrina Yuraimi por su preocupación y apoyo.
- Al profesor Cirilo Acosta por su ayuda en el desarrollo de este trabajo.
- A mis familiares queridos, hermanos, sobrinos por su abnegada preocupación.
- A mis compañeros de trabajo, en particular a Yenima, Yanetsy, Yilian, Liset, Cuadras, Pedrito, Dania, Capica, Yasmani por su valiosa ayuda.

A todos Gracias; Muchísimas Gracias.

Pensamiento



...”Necesitamos especialistas en las enfermedades de la caña de azúcar, y se supone que un técnico cañero tiene que conocer todos los problemas que se refieren a las variedades y a las enfermedades”...

Fidel Castro Ruz, 1964

Opinión del tutor

La tesis presentada por la Ing. Mercedes Delgado Betancourt aborda una temática de suma importancia para el mejoramiento genético de la caña de azúcar y en particular, para la obtención de cultivares resistentes a la escaldadura foliar, enfermedad con amplio espectro patogénico, adaptabilidad a las condiciones suelo climáticas de Cuba y distribución en más de 40 países productores de caña. La Aspirante ha elaborado su Documento de Maestría a partir de los resultados obtenidos en el grupo de Resistencia Genética de la EPICA Matanzas, donde ella es una de los protagonistas. Tomando en consideración estos elementos, es obvio el valor de los resultados presentados y la participación personal de la Aspirante. Por ello, solicito a este Honorable Tribunal, de la manera más atenta, que sea justo en la calificación del ejercicio de defensa.

Afectuosamente.

Dr. C. Antonio Chinae Martín

Fitopatólogo

Investigador Titular y Profesor Titular

EPICA Matanzas, INICA, AZCUBA

Jovellanos 7 de mayo de 2018

“Año 60 de la Revolución”

Resumen

La escaldadura foliar de la caña de azúcar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson es una de las enfermedades bacterianas más dañinas, al causar afectaciones severas en presencia de condiciones favorables para su incidencia y severidad. En Cuba, fue detectada por primera vez en 1979 y a partir de esta fecha, se mantuvo de forma asintomática hasta 1997, cuando se diseminó por algunas provincias del País. A causa de la amenaza que representa para la caña de azúcar, se evaluó el comportamiento de los cultivares comerciales existentes en la provincia de Matanzas ante esta enfermedad y se iniciaron estudios en el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), a partir del año 2004, para conocer las fuentes de resistencia en la Colección de Germoplasma. Fueron evaluados 2 505 genotipos en condiciones naturales y 655 mediante inoculación artificial. Como resultado de las investigaciones, se determinó que el 65,8% de los cultivares existentes en Matanzas son vulnerables a la escaldadura foliar, pero se dispone de abundantes fuentes de resistencia para el desarrollo de líneas de mejora con vistas a la fijación de este carácter, así como para su utilización en los programas de hibridación, al disponer de 292 progenitores con alta resistencia a esta enfermedad.

Abstract

Leaf scald disease of sugarcane *Xantomonas albilineans* (Ashby)Dowson is one of the most hurtful bacterial disease that causes severe losses in presence of propitious conditions for its incidence and severity. In Cuba was detected first time in 1979 and after this date remained asymptomatic until 1997 when was disseminated across some provinces of the Country. Taking into account the menace that represent to sugarcane, the actual behavior in front this disease of commercial cultivars existing in the province of Matanzas, were evaluated. Some studies began to develop in the Sugarcane Research Institute (INICA) in 2004 to know sources of resistance existing in Germplasm Collection. Were evaluated 2 505 genotypes in natural conditions and 655 by means of artificial inoculation. As a result of studies was assessed that 68,8% of cultivars existing in Matanzas are vulnerable in front of leaf scald but abundant sources of resistance are available to develop breeding lines, in order to fixation of this character, as well as utilize them in Breeding and Selection Programs according with the availability of 292 parents highly resistant to leaf scald disease.

Tabla de contenidos

Contenido	Páginas
1. Introducción	1
2. Revisión Bibliográfica.....	4
2.1. Escaldadura foliar de la caña de azúcar. Generalidades.	4
2.2. Sintomatología.	5
2.2.1. Fase crónica, nombrada también forma crónica.....	5
2.2.2. Fase aguda, nombrada también forma aguda	6
2.2.3. Fase de latencia	6
2.2.4. Fase de eclipse.....	6
2.3. Organismo causal	7
2.4. Transmisión y hospedantes	8
2.5. Severidad e importancia económica	9
2.6. Condiciones ambientales	10
2.7. Variabilidad de <i>Xanthomonas albilineans</i>	11
2.7.1. Serovar I	12
2.7.2. Serovar II	12
2.7.3. Serovar III	12
2.8. Resistencia de los cultivares	122
2.9. Control.....	133
2.10. Influencia sobre el rendimiento agrícola y azucarero.....	15
2.11. Susceptibilidad varietal	16
2.12. Situación de la escaldadura foliar en Cuba.....	17
3. Materiales y Métodos.....	20
3.1. Estado actual de la composición de cultivares ante la escaldadura foliar de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas.	20
3.2. Comportamiento bajo condiciones naturales, de la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar en Cuba frente a la escaldadura foliar.	20
3.3. Empleo de la inoculación artificial en la búsqueda de fuentes de resistencia a escaldadura foliar de la caña de azúcar.....	21
3.4. Determinación del nivel de resistencia a <i>X. albilineans</i> en material genético procedente de las diferentes especies del género <i>Saccharum</i>	24

3.5. Explotación de los progenitores con diferentes niveles de resistencia a escaldadura foliar utilizados en las últimas cinco campañas de hibridación.	25
3. 6. Manejo de los progenitores por su resistencia a la escaldadura foliar en cada combinación híbrida efectuada en las últimas cinco campañas de hibridación.....	25
4. Resultados y Discusión.....	26
4.1. Estado actual de la composición de cultivares ante la escaldadura foliar de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas.	26
4.2 Comportamiento bajo condiciones naturales, de la Colección del Germoplasma de la caña de azúcar en Cuba frente a la escaldadura foliar.....	32
4.3. Empleo de la inoculación artificial en la búsqueda de fuentes de resistencia a escaldadura foliar de la caña de azúcar.....	35
4.4. Determinación de la resistencia genética a <i>X. albilineans</i> en material procedente de diferentes especies del género <i>Saccharum</i>	37
4.5. Explotación de los progenitores con diferentes niveles de resistencia a escaldadura foliar en las últimas cinco campañas de hibridación.	38
4.6. Manejo de los progenitores por su resistencia a escaldadura foliar, a nivel de combinación.....	43
Conclusiones.....	45
Recomendaciones.....	46
Bibliografía	47

1. Introducción

La caña de azúcar *Saccharum spp.* constituye una de las fuentes principales de alimentos para el hombre, además de otros productos derivados a partir de los diferentes procesos industriales obtenidos de este cultivo. (Martin, 2014; D'Agostini *et al.*, 2015).

En el mundo más de 15 000 000 de ha se dedican a este cultivo, siendo los mayores productores Brasil, India, Cuba y Australia (Salomón *et al.*, 2015).

Tres cuartas partes de la producción de azúcar proceden de la caña y una cuarta parte de la remolacha azucarera, siendo en los países exportadores de azúcar más importantes la obtenida a partir de la caña que la proveniente de la remolacha azucarera de la Unión Europea (Thelen, 2004).

De acuerdo con informes de la Organización Mundial para la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, 2013, 2016), su cultivo se extiende por cerca de 21 millones de hectáreas en el mundo, con oscilaciones en la producción, que dependen de las condiciones suelo-climáticas, las tecnologías aplicadas y la incidencia de plagas.

La incidencia de las enfermedades en el cultivo de la caña constituye uno de los factores más adversos a nivel mundial. En los últimos años se ha incrementado de forma notable el número de enfermedades, informándose hasta la fecha 140 a nivel mundial; en Cuba se reportan 59 según (Chinea *et al.*, 2012).

La escaldadura foliar, identificada como una peligrosa enfermedad de origen bacteriano en la década de 1920 en Australia, según investigaciones realizadas en Java por Wilbrink (1920) y North (1926), afectando de forma significativa en los primeros años las variedades nobles. Según Rott y Davis (2000), se informan que existen brotes de esta enfermedad en más de 69 países, ocasionando pérdidas significativas en genotipos altamente susceptibles (Rott y Davis, 2000).

La escaldadura foliar causada por *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson es una de las enfermedades vasculares más importantes en el cultivo de la caña de azúcar, por sus efectos sobre el rendimiento agrícola, la calidad del jugo y las elevadas pérdidas que provoca en su fase aguda, al provocar la muerte de los tallos e incluso

muerte de la cepa, estimado entre 90 y 100% (Ricaud y Ryan, 1989; Iglesias *et al.*, 2003).

Durante las tres primeras décadas del siglo XX causó grandes afectaciones en el Hemisferio Oriental, en las variedades nobles Rayada, Morada y Cristalina (Chávez, 2000).

Los primeros síntomas de la enfermedad en Cuba fueron observados en 1978 en áreas de post-cuarentena en la provincia de Camagüey sobre el cultivar B67150, procedente de Barbados (Rivera *et al.*, 1979) y permaneció de forma asintomática hasta finales del año 1997 cuando fue observada en la colección de trabajo de la Estación Experimental de la Caña de Jovellanos, provincia de Matanzas. A partir de esta fecha se registraron síntomas severos en el Banco de Germoplasma de la propia Estación y se señaló el peligro de resurgimiento de la enfermedad (Peralta *et al.*, 1997).

De acuerdo con una encuesta nacional efectuada por La O *et al.* (2012), la enfermedad se encuentra propagada de forma asintomática en la mayoría de los cultivares, tanto susceptibles como resistentes y según se informó en la última Reunión Nacional de Variedades y Semilla, celebrada en 2016, que el 70% de los cultivares comerciales en el País se afectan por la escaldadura foliar (Mesa *et al.*, 2016).

Tomando en consideración el peligro que representa la presencia de este organismo patógeno en la mayoría de los cultivares del País y una composición de cultivares con predominio de la susceptibilidad, urge de modo creciente la necesidad de detectar las potencialidades existentes de la resistencia en los diferentes genotipos evaluados y su empleo en los programas de mejoramiento genético. Estas consideraciones permitieron identificar el siguiente:

Problema científico

No han sido evaluadas las posibles fuentes de resistencia a *X. albilineans* en el material genético existente en el País para aumentar este carácter en los nuevos cultivares que sean obtenidos.

Con los elementos mencionados anteriormente, se propone la siguiente

Hipótesis

El conocimiento de la base genética de la resistencia a *X. albilineans* y su manejo en los programas de mejoramiento genético de la caña de azúcar, contribuirán a aumentar este carácter en las futuras poblaciones de cultivares y disminuir la incidencia de esta enfermedad en áreas comerciales.

Para demostrar esta hipótesis se trazaron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Conocer, mediante empleo de inoculación artificial en diferentes genotipos y evaluación de la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar en condiciones naturales, las posibles fuentes de resistencia a *X. albilineans* para elevar los niveles de resistencia de los genotipos comerciales en la actual composición de cultivares en la provincia de Matanzas.

Objetivos específicos

- 1) Valorar el estado actual de la resistencia a escaldadura foliar, causada por *X. albilineans* en la composición de cultivares comerciales en la provincia de Matanzas.
- 2) Determinar las fuentes de resistencia a *X. albilineans* en la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar existente en la EPICA de Jovellanos, para la selección de progenitores.
- 3) Evaluar mediante inoculación artificial, la resistencia inherente de las formas originales, híbridos comerciales, estadios de avance generacional y líneas específicas, para su utilización en la mejora genética.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. Escaldadura foliar de la caña de azúcar. Generalidades.

La caña de azúcar es considerada en varios países uno de los principales cultivos, tanto desde el punto de vista económico, social, además como una fuente de empleo tanto en el campo como en la industria, constituye entre otras de sus propiedades fuentes de edulcorantes, así como en la elaboración de sus productos como el alcohol y se utiliza como alimento para animales y otros (Fuchs, 2005; INFOCAÑA, 2014).

Es un cultivo de regiones tropicales y subtropicales, que está expuesto a la acción de factores bióticos y abióticos durante gran parte del año recibiendo grandes afectaciones. Las enfermedades independientemente de sus causas: virus, bacterias, hongos, factores ambientales, trastornos indeterminados y otras, constituye un factor de suma importancia (Chinea et al., 2000; Jiménez *et al.*, 2004). La escaldadura foliar fue descubierta por Wilbrink en Java, en 1920 (Edgerton, 1995) y durante las tres primeras décadas del siglo pasado causó graves pérdidas en los países del Hemisferio Oriental en las variedades nobles Rayada, Morada y Cristalina.

Esta enfermedad de origen bacteriano es una de las principales que afecta a la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), que se ha informado en más de 60 países (Rott y Davis, 2000) provocando severos daños económicos, debido a que causa efectos directos en el rendimiento azucarero al reducir el peso de las cañas y el porcentaje de azúcares reductores (Huerta Lara, 2003). En países como Brasil según Bressiani *et al.* (2005) y en el mundo cañero ha llegado a causar grandes pérdidas e incluso la destrucción total en pocos años de cultivares susceptibles a la enfermedad.

En Cuba, fue informada su presencia por primera vez (Rivera *et al.*, 1979) y en años posteriores se detectó su existencia de forma latente en vitroplantas y plantaciones comerciales y se señaló el peligro del resurgimiento de la enfermedad (Peralta, 1997) y a inicios de 1998, se manifestó en su forma más avanzada, debido a la presencia de los serovares I y III (Díaz, 2000).

2.2. Sintomatología.

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por la aparición de rayas largas y estrechas de color blanco, con bordes bien definidos y paralelas en la nervadura central. En algunos casos, dichas rayas pueden pasar a la vaina y al tallo. Cuando las condiciones ambientales son favorables y en presencia de variedades susceptibles, se presenta el enanismo de los tallos como resultado del acortamiento de los entrenudos, las yemas laterales brotan, 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 (China y Rodríguez, 1994; 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 Ricaud Ryan (1989); Rott (1995) y se resumen a continuación.

2.2.1. Fase crónica, nombrada también forma crónica: Se caracteriza por presentar rayas finas de color blanco, paralelas a la nervadura central de la hoja que miden aproximadamente de 1 a 2mm de ancho; 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 China y Rodríguez (1994), los cultivares resistentes y tolerantes presentan los síntomas de la fase crónica y son tan leves que pueden pasar inadvertidos y en la región del nudo los haces fibrovasculares de los tallos presentan una coloración rojo brillante, principalmente, en la región del nudo. Al avanzar la enfermedad se pueden formar cavidades prominentes en los tejidos maduros. Aunque en tal sentido es bueno señalar que la manifestación de los síntomas depende en gran medida de la resistencia del cultivar (Daugrois *et al.*, 2014).

2.2.2. Fase aguda, nombrada también forma aguda: En esta fase las rayas se extienden hasta el borde de la hoja, provocando marchitez y necrosis. Además, en los tallos maduros hay una proliferación de brotes laterales, acortamiento de entrenudos e internamente en el nudo una coloración rojiza de los haces vasculares (Rott *et al.*, 1994 y 1997), los que puede provocar la muerte de algunos tallos y en cultivares altamente susceptibles, hasta la cepa. El comienzo de esta fase generalmente se debe a un periodo de estrés, especialmente prolongadas sequias, seguidas de periodos de lluvia (Rott y Davis, 1995 y Tokeshi, 1997).

2.2.3. Fase de latencia: En la mayoría de los casos esta fase se presenta en cultivares resistentes o tolerantes, en las que las plantas infectadas no muestran síntomas (Rott *et al.*, 1994). Algunos autores señalan que la escaldadura en cultivares tolerantes donde no muestran síntomas externos pueden recuperarse; sin embargo, el organismo causal está presente y los síntomas aparecen después del ciclo de soca y la caña que se utiliza para semilla corre el riesgo de transmitir la bacteria, provocando problemas de cuarentena y la necesidad de aplicar medidas técnicas de diagnóstico precisas, así como la adopción de la termoterapia como medida alternativa de precaución (Ricaud y Ryan, 1989; Chinea y Rodríguez, 2007). Según Tokeshi (1997), las razones por las cuales se rompe el estado de latencia son aún desconocidas, se asume que se debe al estrés climático o nutricional.

2.2.4. Fase de eclipse: Esta fase está íntimamente relacionada con la fase de latencia, pues también se presenta en variedades 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 afectadas no presentan síntomas o solamente algunas líneas blancas foliares durante un largo período, llamado fase de latencia, la cual prevalece en la mayoría de las variedades comerciales que presentan tolerancia, por lo que conviven con el organismo patógeno por 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 principalmente climático o nutricional, que podría favorecer el desarrollo de la enfermedad (Tokeshi, 1997).

2.3. Organismo causal.

Tanto Wilbrik como North descubrieron en 1920 que la escaldadura era causada por una bacteria con forma de bacilo, aunque no pudieron nombrarla debido a dificultades para teñir el flagelo polar (Ricaud y Ryan, 1989).

Sabib propuso el nombre de *Bacterium albilineans*, que más tarde se cambió por *Phytomonas*. En 1943, Dowson recalificó la bacteria con un flagelo polar que producía pigmentos amarillos, incluyéndola en el género *Xanthomonas* denominándola *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson (Martin y Robinson, 1961).

Agrios (1991), señala que las bacterias del género *Xanthomonas* se caracterizan por ser bastoncillos rectos, con dimensiones de 0,4 a 1,0 x 1,2 a 1,3 micrómetros. Se desplazan por medio de un flagelo polar. Cuando se desarrollan en un medio de agar YDC, a menudo son de color amarillo. La mayoría de ellas crecen muy lentamente. Todas las especies son fitopatógenas y se encuentran solo en asociación con plantas o con órganos de estas.

Estudios recientes han demostrado que de acuerdo con las especificidades derivadas de los análisis biológicos, bioquímicos, filogenéticos y genómicos, se llega a la conclusión de que su genoma ha experimentado una significativa erosión (Piertti *et al.*, 2015; Kretz *et al.*, 2015).

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 que mide de 0,25-0,3 micrómetros por 0,6-1,0 micrómetros y pueden presentarse como células aisladas o en forma de cadenas. Es un microorganismo aerobio y unas de sus características bioquímicas son: hidroliza la aesculina, crece sobre leche y no descompone 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 satisfactoriamente a 25°C y su temperatura de crecimiento es de 37°C.

Sobre la base de estas características plantearon que la posición sistemática es la siguiente:

CLASE: ***Schizomycetes***.

ORDEN: ***Pseudomonadales***.

FAMILIA: ***Pseudomonadaceae***.

GÉNERO: ***Xanthomonas***.

ESPECIE: ***albilineans***.

NOMBRE COMÚN: **escaldadura foliar**.

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

2.4. Transmisión y hospedantes.

Diversos autores afirman que la diseminación de la bacteria se realiza fundamentalmente por implementos de cosecha como machetes, combinadas y otros, así como por el empleo de semilla infectada (Bressiani *et al.*, 2005; Garcés y Valladares, 2006 y China y Milanés, 2008). De acuerdo con Victoria *et al.* (1995), la bacteria puede permanecer viva varios días y 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 platas enfermas y sanas, motivados por los fuertes vientos, por algunos insectos y roedores (China y Rodríguez, 2010; Daugrois *et al.*, 2000), aunque la bacteria al parecer es incapaz de sobrevivir en el suelo por largos periodos de tiempo (Rivera, 1993).

La caña de azúcar es el principal hospedante, aunque se ha reportado varias especies de *monocotiledoneas*, hospedantes naturales, como *Zea mays*, *Briachiararia piligeria*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Panicum maximum*, *Paspalum sp.* y *Pennisetum sp.* (Rott y Davis, 2000). También se han observado síntomas de la enfermedad sobre el Bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad) (China y Rodríguez, 1994).

2.5. Severidad e importancia económica.

La severidad e importancia económica varían considerablemente, entre diferentes países y regiones del mismo país, así como de un periodo de tiempo a otro (Ricaud y Ryan, 1989 y China y Milanés 2008). También se ha observado un incremento de la severidad en condiciones de extrema sequía, inundaciones y bajas temperaturas, las infecciones conjuntas con otras enfermedades como el carbón (*Ustilago scitaminea*), el mosaico (VMCA) y la hoja amarilla (SCYLV), aceleran el efecto de la enfermedad (Ricaud y Ryan, 1989; Rott y Davis, 2000; Grisham, 200; Saumtally y Dookum, 2004). Se afirma que estos comportamientos son la causa fundamental de aparición de brotes esporádicos, después de largos periodos sin presencia de síntomas en las plantaciones comerciales. Se han observado diferencias en la susceptibilidad de los cultivares ante el ataque del organismo causal entre países y dentro de un determinado país y esto puede ser atribuido a factores ambientales, variabilidad del patógeno y a la proporción de cultivares susceptibles en áreas comerciales (China y Milanés, 2008).

Pérez *et al.* (2000), consideraron importante el factor fisiológico de las plantaciones en la manifestación de los síntomas de la enfermedad. Otros resultados obtenidos han demostrado la complejidad existente entre localidad, patógeno, cultivar y factores climáticos pues el cultivar C323-68 en condiciones naturales de producción ha mostrado pocos y muy aislados síntomas de la enfermedad; sin embargo, cuando se ha inoculado con la bacteria ha mostrado niveles de afectación tales que se enmarca entre las más susceptibles genéticamente con detrimentos severos en el rendimiento agrícola. Este genotipo es también susceptible a la roya común y susceptible al carbón (Barroso *et al.*, 2007), pues algunos autores refieren que otra

enfermedad asociada a la escaldadura foliar puede contribuir a acelerar el efecto de la enfermedad (Ricaud y Ryan, 1989; Victoria, 1995; Rott y Davis, 2000; Young y Brumbley, 2004).

La escaldadura afecta el rendimiento de los campos, retrasa el crecimiento de los retoños de soca, disminuye el número de tallos de la cepa y el desarrollo de brotes. La fase aguda es la más perjudicial, porque mata alrededor del 10% de la población de tallos en casos de los cultivares susceptibles como Mex64-1487 y SP70-1284, afecta también la calidad de los jugos reduciendo el brix, el Pol y la pureza, según el porcentaje de tallos enfermos (Flores, 1997).

2.6. Condiciones ambientales.

Según observaciones sobre la propagación de la escaldadura, realizadas en Mauricio (Ricaud, 1975) y en Australia (Persley y Ryan, 1976), la enfermedad es favorecida por periodos húmedos, especialmente épocas ciclónicas. El viento, combinado con la lluvia, facilita 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, crean mejores condiciones ambientales favorables para una alta severidad. Ricaud y Ryan (1989) afirman no estar claros si las lluvias acompañadas de vientos están involucradas en la diseminación y transmisión, o si las condiciones de humedad favorecen la expresión de los síntomas. Según Rott y Davis (1995) y Saumtally *et al.* (1995) destacan que las estaciones lluviosas son favorables para la diseminación de la bacteria, mientras que los periodos de sequía y bajas temperaturas, aumentan la severidad. La cantidad de los daños causados por esta enfermedad parecen estar influenciados por las condiciones ambientales prevalecientes durante la madurez del cultivo.

Aún no está clara la relación existente entre la severidad de los daños causados por la enfermedad y los cambios que se presentan en cuanto a la susceptibilidad de los cultivares; en tal sentido, Koike (1971), plantea que la severidad de la enfermedad y las pérdidas que causa en toneladas de caña dependen de los cultivares

plantados, pero habrá que tener presente que la resistencia de los cultivares difiere de un país o de una región a otra.

Trabajos realizados en Cuba por Pérez *et al.* (2002) al estudiar las condiciones que propiciaron los brotes detectados en la Colección 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), donde se pudo conocer que a finales de la década del 90 se registró un deterioro marcado del clima en estas provincias, mientras que en Holguín, que también existe una Colección de Germoplasma, 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 registró diferencia marcada entre los años 1997-1998, con la media del periodo 1990-1996, antesala de la observación de la primera manifestación masiva de la enfermedad. En ambas localidades se observó que en octubre y abril las precipitaciones apenas alcanzaron los 100 mm como promedio de los meses de mayor pluviosidad, seguidos por un periodo 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 1990-1996, observándose en Matanzas valores muy altos durante los años 1997-1998, alcanzando en ambos su mayor expresión durante el periodo febrero - mayo. Las temperaturas tuvieron un comportamiento similar, con respecto a la media histórica, con la excepción de Camagüey, donde durante 1997-1998, se registraron 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 organismo causal.

2.7. Variabilidad de *Xanthomonas albilineans*.

Se considera que las variaciones del organismo causal desempeñan un importante papel en las diferencias de severidad y en la respuesta 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, Ricaud y Ryan

(1989), plantean que las cepas bacterianas de crecimiento lento y formación de colonias más pequeñas tienen una alta proporción de células filamentosas alargadas y resultan los aislamientos más agresivos. No obstante, Díaz (2000), refleja que no se ha comprobado relación entre la morfología y la agresividad o virulencia.

En los últimos tiempos investigaciones realizadas por Rott (1995), han mostrado la existencia de tres serotipos o serovares del organismo causal, ampliamente distribuidos en diferentes regiones geográficas del mundo cañero (Díaz, 2000; Matos *et al.*, 2003; China y Rodríguez, 2007).

2.7.1. Serovar I: Razas de varios orígenes geográficos (Argentina, Australia, Barbados, Belice, Brasil, Cuba, EUA, Guadalupe, India, Martinica, Mauricio, Madagascar, Papúa, Nueva Guinea, Reunión, San Cristóbal, Santa Lucía y Taiwán).

2.7.2. Serovar II: Razas de África tropical (Burkina Faso, Camerún, Costa de Marfil, Kenya, Reunión, Zaire y Zimbabwe).

2.7.3. Serovar III: Razas de las indias occidentales (Brasil, Cuba, Fiji, Guadalupe, Indonesia, Martinica y Sri Lanka).

Todo indica que esta variabilidad de las propiedades serológicas del organismo causal guarda estrecha relación con el surgimiento de brotes esporádicos de la enfermedad, que han sido registrados en diferentes áreas cañeras de varios países:

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

2.8. Resistencia de los cultivares.

El empleo de cultivares resistentes constituye el principal método de control de enfermedades en caña de azúcar; sin embargo, lograr este objetivo resulta muy

complejo porque producir un cambio de un cultivar susceptible por uno resistente, implica la inversión en su renovación y por lo tanto, se verá influenciado por la información acerca del efecto de cada una de las enfermedades existentes en áreas de producción (Ovalle, 2007).

Durante muchos años de investigación sobre escaldadura foliar han permitido comprobar que el grado de susceptibilidad de un cultivar y la proporción de cultivares susceptibles son factores importantes que determinan el grado de incidencia y severidad. Como regla general, se han registrado daños severos siempre que se han plantado extensas áreas con un cultivar altamente susceptible (Martin y Robinson, 1961; Ricaud y Ryan, 1989; Chinea y Rodríguez, 2007), mientras que una disminución de la enfermedad en Australia y Guadalupe fue relacionada con un incremento en 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 organismo causal se ha mantenido bajo control. En los casos donde se presenta infección latente, la acumulación del inóculo es imprescindible durante un tiempo prolongado, hasta que un cambio brusco de los factores ambientales origina condiciones favorables para que se desarrolle 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 tal situación, se deben plantar cultivares resistentes y tolerantes en proporciones adecuadas para garantizar una composición de cultivares balanceada, donde ningún genotipo sobrepase el 20% del área plantada, independientemente que un cultivar pueda tener características excepcionales (Chinea y Milanés, 2008).

2.9. Control.

Numerosos autores plantean que las medidas de control más apropiadas para la escaldadura foliar se fundamentan en la desinfección en plantaciones comerciales de los implementos de cosecha para evitar la diseminación del organismo causal

(Garcés y Valladares, 2006; Chinea y Milanés, 2008); sin embargo, otros hacen referencia a que el método más eficiente es el empleo de cultivares resistentes (Rott *et al.*, 1997; Huerta *et al.*, 2003; Bressiani *et al.*, 2005; Garcés y Valladares, 2006); no obstante, alcanzar este objetivo requiere de tiempo y disponer de un importante número de cultivares comerciales con adecuada resistencia, que contribuyan a aplicar medidas de control para evitar una epifitía de la enfermedad (González, 2008).

Es bueno señalar que la aplicación de medidas alternativas de control también juega un papel importante al tener en cuenta que obtener un cultivar con características para la producción y que sea resistente a la escaldadura foliar, resulta muy complejo (Carvajal *et al.*, 2007).

En este sentido Saumtally *et al.* (1995), señalan que en algunos países se ha roto la resistencia de los cultivares, causando grandes afectaciones. De igual forma, Rott *et al.* (1997) mencionan pérdidas de resistencia en Florida, Guadalupe, República Dominicana, México y Mauricio. Por su parte, De Sousa (2005) plantea que la ruptura de la resistencia está íntimamente relacionada con la variabilidad del organismo causal, lo que en ocasiones resta eficiencia y confiabilidad al control mediante cultivares resistentes y refiere que en Brasil se han presentado evidencias claras de ruptura de la resistencia en cultivares plantados como resistente en algunas zonas y se han comportado susceptibles.

En Cuba, se aplica el método físico Hidrotérmoterapia (HTT). La combinación Temperatura a tiempo más empleada es 50,5°C durante 2 horas con buenos resultados para el saneamiento al Raquitismo de los retoños y el carbón de la caña de azúcar (Pérez, 2002). Resultados obtenidos por este mismo autor en 2003 han conllevado a cambios en el tratamiento hidrotérmico, al demostrar que un remojo previo de 36 horas, con cambios de agua cada 12 horas (51°C/1hora) es la variante más efectiva para el saneamiento de la enfermedad. 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 micro propagación comercial (García y Noa, 1998; Fuchs, 2005).

El éxito de estos métodos se sustenta en que durante un corto periodo de tiempo se pueden obtener grandes volúmenes de plantas con alta calidad genética y libre de enfermedades. Entre las técnicas más empleadas se encuentran: el cultivo de ápices meristemáticos, termoterapia y electroterapia (Matos, 2002).

Resultados obtenidos por Ovalle y García (2007) en Guatemala, demuestran que el saneamiento con tratamiento hidrotérmico y/o cultivo de tejidos son efectivos y permiten mejorar la calidad de las plantaciones en cuanto a la incidencia de *X. albilineans*. Plantean además que la efectividad de estos tratamientos depende, en gran medida, de una correcta aplicación y de otros cuidados colaterales para evitar reinfecciones. Estos autores por otra parte, señalan los efectos sobre los rendimientos agrícolas, la calidad de los jugos se deteriora, por reducción del brix, la sacarosa y la pureza, efectos estrechamente relacionados con el nivel de infección.

En Ecuador Garcés y Valladares (2006) determinaron una disminución del 28% de la sacarosa en el cultivar Mex64-1487, mientras que Pérez *et al.* (2003), obtuvieron diferencias significativas en el brix, Pol y pureza, así como formación de dextrana. Resultados similares fueron informados por Chávez (2000) en México.

2.10. Influencia sobre el rendimiento agrícola y azucarero.

Existen tres factores importantes que determinan la magnitud de los efectos económicos de la escaldadura foliar sobre la producción cañera: Nivel de susceptibilidad del cultivar, condiciones climáticas en el área y virulencia del organismo causal (Chinea y Rodríguez, 1994).

Autores como Garcés y Valladares (2006), se refieren a los efectos económicos que causa la escaldadura foliar, que pueden alcanzar hasta el 34% de pérdidas en toneladas de caña de azúcar, mientras que en Cuba, investigaciones realizadas por Pérez *et al.* (2003), pusieron de manifiesto en el cultivar C120-78 con más del 90% de las cepas con síntomas y el número de tallos secos o visiblemente afectados superaba el 25%.

En México, Huerta *et al.* (2003), determinaron disminuciones del rendimiento agrícola de cultivares susceptibles en el rango de 12,0 a 14,5 t/ha, con respecto al

testigo y en cultivares resistentes de 0 a 7,5 t/ha, coincidiendo con Rott *et al.* (1995), quienes informaron reducciones de 14,2 a 17,2 t/ha, en cultivares susceptibles, de 10,3 a 12,4 t/ha en cultivares tolerantes y menores de 8,6 t/ha, en cultivares resistentes.

2.11. Susceptibilidad varietal

Las enfermedades de la Caña de Azúcar se manejan principalmente a través de la resistencia genética de las variedades. Por lo tanto, el cambio de variedades es necesario cuando las cultivadas presentan problemas en la producción. El cambio de un nuevo genotipo implica la inversión en la renovación, y por lo tanto se verá influenciada por la información acerca del efecto de cada una de las enfermedades 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 una variedad y la proporción de variedades 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 una variedad altamente susceptible (Martin y Robinson, 1961; Ricaud y Ryan, 1989; China y Rodríguez, 2007), mientras que una disminución de la enfermedad en Australia y Guadalupe fue relacionada con un incremento en variedades 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 una variedad susceptible en una localidad donde el patógeno se ha mantenido bajo control. En los casos donde se presenta infección latente, la acumulación del inóculo 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 (China y Milanés, 2008).

Para evitar estos riesgos, se deben plantar variedades resistentes y tolerantes en proporciones adecuadas, para garantizar una composición varietal balanceada, donde ningún genotipo sobrepase el 20% del área plantada, independientemente de que pueda tener características excepcionales (China y Milanés, 2008).

2.12. Situación de la escaldadura foliar en Cuba

La escaldadura foliar *X. albilineans* fue detectada en Cuba por Rivera *et al.* (1979), y no fue hasta 1998 en que reapareció en su forma más avanzada en las provincias de Matanzas, Villa Clara, Camagüey, Las Tunas y posteriormente en Santiago de Cuba, sobre el cultivar C87-51 (Pérez *et al.*, 2003). A partir de la detección y establecimiento de la enfermedad en el País, se iniciaron estudios sobre esta patología, relacionados con su propagación en la Colección de Germoplasma, áreas de producción y se realizaron trabajos sobre el organismo causal, los que arrojaron diferencias serológicas de *X. albilineans* (Díaz, 2000).

De los tres serovares informados en el Mundo se ratificó la presencia de los serovares I y II, prevaleciendo en la mayoría de los estudios realizados, el serovar I, como causante de los brotes de 1997-1998 (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, Estados Unidos, India, Mauricio, Brasil, África del Sur y Guadalupe.

Según resultados obtenidos por Pérez *et al.* (2000), en un estudio realizado en las Colecciones de Germoplasma de Matanzas, Camagüey y Holguín se observó que las mayores afectaciones se encontraron en Matanzas, donde el 18.6% de los individuos mostraron síntomas de la enfermedad. En Camagüey solo mostraron síntomas el 0.3% de los individuos, mientras que en Holguín no fueron detectadas afectaciones.

Algunos factores como las condiciones fisiológicas en una cepa de cuatro retoños 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 afectadas se destacaron fundamentalmente CP52-43, Ja60-5, Ja64-19, CP44-155. El análisis genealógico del material donador de susceptibilidad, conllevó a que la gran mayoría de estos progenitores provienen de los trabajos iniciados en Java y la India, donde se obtuvieron la serie de cultivares POJ encabezadas por POJ2878 y de cultivares de Coimbatore como Co205, Co281, Co356, Co453, entre otras Pérez *et al.* (2001).

En un estudio realizado en la Provincia de Matanzas a partir del 2004 para evaluar la resistencia de 379 progenitores ante la escaldadura foliar se obtuvo que, más del 40% resultaron muy afectados por la enfermedad (Barroso, 2008), lo que corrobora lo señalado por De Prada (1997), que la base genética de nuestros progenitores es muy estrecha, lo que reduce las posibilidades de obtener resistencia a esta enfermedad en el material con fines comerciales.

En áreas comerciales los cultivares más afectadas por los primeros brotes fueron L55-5 y C120-78 según Pérez *et al.* (2004) y posteriormente, han mostrado afectaciones de consideración C86-503 y SP70-1284, todos estos daños en las provincias occidentales y centrales del País. Sin embargo, en diciembre 31 del 2007, según 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 fechas recientes, en el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar se han desarrollado estudios sobre la caracterización molecular del inoculo utilizado para evaluar la resistencia de los cultivares con el organismo causal de la escaldadura (Mesa *et al.*, 2010) y de igual forma, sobre la propagación de la enfermedad, donde a través de una encuesta nacional se ha demostrado la presencia de la bacteria en forma asintomática, tanto en cultivares susceptibles como resistentes (La O *et al.*, 2012), mientras que en estudios de resistencia realizados por Pérez *et al.* (2012), se han logrado resultados que indican la posibilidad de realizar las pruebas de resistencia bajo condiciones de vivero y no en campo, como está establecido en las

Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba (Jorge *et al.*, 2011).

En la XXIII Reunión Nacional de Variedades y Semilla, efectuada en el año 2016 se analizó la situación que presentan los cultivares actualmente plantados en el país ante la escaldadura foliar, donde el 70% se afectan por esta enfermedad, correspondiendo los porcentajes más elevados a las provincias de Sancti Spíritus, Villa Clara y Las Tunas, aunque ya se evidencian los resultados de la aplicación del sistema evaluativo de la resistencia a esta enfermedad, pues los nuevos cultivares en desarrollo presentan una situación diferente al reducirse este porcentaje de cultivares susceptibles al 47.4% (Mesa, 2016), y se señala además que los cultivares susceptibles que ocupan mayor área de plantación son C323-68, CP52-43 y C86-503.

Trabajos desarrollados por Carvajal *et al.* (2013) y Alfonso *et al.* (2017) se refieren a la situación desfavorable que presenta la escaldadura foliar en las provincias de Matanzas y Mayabeque, respectivamente.

3. Materiales y Métodos

3.1. Estado actual de la composición de cultivares ante la escaldadura foliar de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas.

Para el desarrollo del estudio se determinó la composición de cultivares presentes en la Provincia de Matanzas al cierre de 2017, como resultado de su presencia en cada una de las unidades productoras que conforman las cinco Unidades Empresariales de Bases (UEBs), que tienen como objeto fundamental la producción de caña de azúcar, en forma de materia prima para la fabricación de azúcar y sus múltiples subproductos y derivados.

3.2. Comportamiento bajo condiciones naturales, de la Colección de Germoplasma de la caña de azúcar en Cuba frente a la escaldadura foliar.

Los resultados de la evaluación del comportamiento de la Colección de Germoplasma ante escaldadura foliar fueron tomados fundamentalmente entre los años 1998 y 1999, momentos donde se presentó en Cuba la mayor incidencia de la enfermedad, incluyendo además los resultados a partir de esta fecha.

Fueron evaluados un total de 2505 genotipos, de los 2575 que conformaban la Colección de Germoplasma según Pérez *et al.* (1997), que se agrupan en 255 formas originales, 131 descendientes de las especies *S. spontaneum*, 81 de *S. sinense*, 73 de *S. robustum* y 1965 híbridos comerciales.

Para determinar el comportamiento de cada genotipo fue utilizada una escala de cuatro valores (Tabla 1), que aparece publicada en las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA, 2011), considerando como susceptibles aquellos individuos que presentaron la expresión del síntoma bien definido que incluye brotes laterales, tallos y cepas completamente muertas.

Tabla 1. Escala para evaluar resistencia en condiciones naturales.

Escala Básica	Escala equivalente (1 a 6)		Categorización
1	1	No afectado	NA
2	2	Afectación ligera	AL
3	4	Afectación media	AM
4	6	Afectación alta	AA

3.3. Empleo de la inoculación artificial en la búsqueda de fuentes de resistencia a escaldadura foliar de la caña de azúcar.

Fueron evaluados 18 representantes de las formas originales, 146 híbridos procedentes de líneas de mejoramiento desarrolladas con fines específicos, 311 híbridos comerciales y 180 progenitores.

Los experimentos se montaron en noviembre - diciembre de 2004-2014, en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Jovellanos, Provincia de Matanzas, sobre un suelo Ferralítico rojo compactado, en condiciones de secano, en los que se plantó la semilla directamente del campo, ocupando 5m de cada cultivar. Cuatro meses después de la plantación se efectuó la inoculación con la bacteria, por el método de decapitación de las plantas (Rott *et al.*, 1997; Jiménez y Contreras, 2009), efectuando un corte en el último dewlap visible, mediante empleo de una tijera previamente sumergida en una suspensión bacteriana de 2×10^8 ufc/ml. Seguidamente se aplicó dicha suspensión con una pipeta manual aplicando de 3 a 4 gotas sobre el corte efectuado (Figura 1). Con el objetivo de evitar los daños por la radiación solar sobre las células bacterianas, la inoculación se efectuó después de la caída del sol.



Figura 1. Método de inoculación por decapitado. A) Corte en el último dewlap visible. B) Tallos decapitados al efectuar el corte. C) Aplicación de la suspensión bacteriana con una pipeta manual. D) Gotas de la suspensión bacteriana sobre el corte efectuado.

Posterior a los 15 días de la inoculación, se realizaron los chequeos mensuales, hasta un total de 5 evaluaciones, registrándose la intensidad (Tabla 2), de cada uno de los tallos del cultivar plantado, según la escala establecida por Rott *et al.* (1994).

Tabla 2. Escala de valores por grado de intensidad a escaldadura foliar.

Denominación	Afectación al follaje	Valor o Grado de severidad
1FL	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 de tallos con total de tallos analizados	-
S	Severidad que se calcula a partir de los datos introducidos en la fórmula	-

Posteriormente se determinó la severidad de la enfermedad por la siguiente fórmula.

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

Donde:

DS = Severidad (%).

FL = Número de tallos con pocas líneas blancas en las hojas (1 o 2 por hoja, valor 1).

ML = Número de tallos con líneas blancas en las hojas (más de 2 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 reacción de todos los cultivares comprendidos en el estudio, se realizó mediante la escala de severidad (Tabla 3), recomendada por González *et al.* (2008).

Tabla 3. Escala de severidad de ataque para la evaluación de la escaldadura foliar.

Grado	Denominación	Severidad	
		Planta	Soca
1	Muy resistente	0-2	0-2
2	Resistente	2,1-10	2,1-10
3	Intermedia	10,1-20	10,1-20
4	Susceptible	20,1-30	20,1-30
5	Muy susceptible	>30	>30

3.4. Determinación del nivel de resistencia a *X. albilineans* en material genético procedente de las diferentes especies del género *Saccharum*.

Fueron inoculados con el organismo causal de la escaldadura foliar un total de 190 genotipos procedentes de las especies del género *Saccharum*: *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. barberi*, incluyendo 70 híbridos comerciales. El estudio fue realizado entre los años 2010-2014, utilizando para la evaluación de los individuos ante la enfermedad, las técnicas y procedimientos descritos con anterioridad.

Para el análisis estadístico de los resultados se empleó el paquete Statgraphics para Windows, versión 5.0. Los datos fueron transformados aplicando la ecuación $X = \sqrt{X + 0,05}$ para que cumplieran con la regla de la normalidad.

3.5. Explotación de los progenitores con diferentes niveles de resistencia a escaldadura foliar utilizados en las últimas cinco campañas de hibridación.

Se hizo un análisis del uso de los diferentes progenitores utilizados en las últimas campañas de hibridación, efectuados en el Centro Nacional de Hibridación EPICA Sancti Spiritus y su resistencia a escaldadura foliar.

3. 6. Manejo de los progenitores por su resistencia a la escaldadura foliar en cada combinación híbrida efectuada en las últimas cinco campañas de hibridación.

Se efectuó un análisis detallado del uso a nivel de combinación híbrida, de cada progenitor por su nivel de resistencia a la escaldadura foliar utilizando, tanto progenitor femenino como masculino.

4. Resultados y Discusión

4.1. Estado actual de la composición de cultivares ante la escaldadura foliar de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas.

La composición de cultivares al concluir 2017 (Tabla 4), muestra alto porcentaje de susceptibilidad a escaldadura foliar. Esta situación requiere la vigilancia permanente de fitopatólogo, genetistas y de los técnicos vinculados a los Servicios de Variedades y Semillas, así como de los productores, para poder establecer una estrategia de manejo adecuado ante esta patología, que hasta el momento ha estado presente en los campos sin provocar graves problemas, después de más de 30 años de su detección en Cuba.

Analizando los cultivares plantados en la provincia de Matanzas puede apreciarse el alto nivel de susceptibilidad potencial de los mismos a *Xanthomonas albilineans*, alcanzando el 68,3% del área total, incluyendo los genotipos altamente susceptibles, susceptibles e intermedios, lo cual crea un peligro inminente para el surgimiento de una epifitía si se presentaran condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad.

El desarrollo epifitótico de la escaldadura no puede descartarse, ya que la ubicación geográfica de Cuba y de la Provincia, se encuentran en ruta muy propicia para el paso de huracanes en la temporada ciclónica y al respecto Ricaud y Ryan (1989), señalaron que la diseminación de la enfermedad es favorecida en estaciones húmedas, especialmente en condiciones ciclónicas.

Tabla 4. Composición de cultivares en la provincia de Matanzas al cierre de 2017.

Cultivar	Susceptibilidad	Provincia	
		Área	%
C323-68	AS	6736,9	14,0
C86-12	INT	13062,9	27,1
C89-147	S	3071,5	6,4
C85-102	R	4328,2	9,0
C87-51	AS	3202,5	6,6
Co997	R	2371,5	4,9
C439-72	AR	797,6	1,7
CP52-43	S	2159,9	4,5
SP7012-84	AS	2549,5	5,3
C1051-73	INT	2159,9	4,5
C86-56	AR	3406,4	7,1
C90-469	R	4328,2	9,0
Total	-	48175,0	100,0

Leyenda: **AS:** Altamente Susceptible; **S:** Susceptible; **INT:** Intermedia
R: Resistente

Desde otro punto de vista, puede apreciarse que la actual composición de cultivares en la Provincia, se ajusta a las tendencias actuales del cultivo en el mundo cañero, ya que el porcentaje de los mismos está dentro de los límites permisibles (menor de 20%), ocupando solo C86-12 valores ligeramente excedidos con 27,1% al cierre del 2017. Estos resultados coinciden con lo publicado en INICA (2015) e INICA (2016) con 23,37% y 24,1% respectivamente.

Estos resultados coinciden con un estudio realizado por Ordosgoitti (1987), en Venezuela, a 23 cultivares cubanos, don e solo cinco mostraron niveles de resistencia a *X. albilineans*, para un 21,7%; mientras que Matos (2000), evaluó 20 cultivares comerciales cubanos, donde 7 de ellos mostraron resistencia frente al

patógeno, para un 35%. Ambos resultados constituyen una fuerte evidencia de la susceptibilidad de los cultivares comerciales cubanos ante escaldadura foliar.

Resultados presentados por otros autores muestran una situación diferente pues Chávez (2000), en México analizó 24 cultivares comerciales donde solo el 24% se comportó con altos grados de susceptibilidad a la enfermedad, mientras que Huerta *et al.* (2003), estudió la resistencia de 10 cultivares comerciales en México, donde 9 de ellos mostraron aceptables niveles de resistencia a la enfermedad.

Esto coincide con lo planteado por Pérez *et al.* (2001) y corrobora los resultados de De Prada (1997), Pérez, O *et al.* (2000), quienes refieren que la base genética de nuestros progenitores es muy estrecha, lo que reduce la posibilidad de obtener resistencia a esta enfermedad en el material con fines comerciales.

Se destacan My5514, C86-456 y Ja64-19 las que fueron reportadas con anterioridad como resistentes por Matos (2000), en Cuba y My5514 por Ordosgoitti (1987), en Venezuela donde fue reportada altamente resistente; sin embargo, este mismo autor reportó la Ja64-19 susceptible.

En el caso de las variedades C86-12, C323-68, C87-51 y C86-503 se mostraron susceptibles no coincidiendo estos resultados con Matos (2002), quien las reportó resistentes. C87-51 y C323-68 fueron reportadas altamente susceptibles por Ordosgoitti (1987).

Los cultivares C90-105, C86-503, fueron las más afectadas con porcentajes de severidad por encima del 80%. En el caso de C86-503 mostró focos de la enfermedad bajo condiciones naturales en el Banco de Semilla Registrada de la Empresa Cuba Libre, donde el 90% de las cepas mostraron síntomas de la enfermedad.

El caso de C323-68 es diferente, pues no presentó afectaciones en condiciones naturales, a pesar de la elevada susceptibilidad mostrada con inoculación artificial, esto pudiera deberse a algún tipo de resistencia bioquímica o morfológica que presenta la planta o ligado a las condiciones climáticas (Rott *et al.*, 1995). En el caso de C90-105 no se encontró afectaciones en condiciones naturales, pues es un cultivar en desarrollo que ocupa solo pequeñas áreas en la producción.

El cultivar C1051-73 aunque en áreas de producción mostró algunos síntomas estos no fueron alarmantes y en nuestras condiciones mostró niveles de severidad por debajo del 10%, coincidiendo con los resultados obtenidos por Ordosgoitti (1987) y Matos (2000), quienes la reportaron como un cultivar resistente.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Matos (2000), en la localidad de San Miguel de los Baños, se observó que un mayor porcentaje de genotipos mostraron susceptibilidad, incluyendo 4 que anteriormente se reportaron resistentes, los cuales mostraron síntomas severos en nuestro estudio.

Las variaciones de estos resultados pudieran estar influenciado por la estrecha relación que existe entre las condiciones ambientales y las variaciones del patógeno en la manifestación de los síntomas (Rott, 1997; Autrey *et al.*, 1997).

Existen múltiples evidencias de que en la localidad de Jovellanos las condiciones que propician el desarrollo del patógeno son favorables, pues desde su aparición se encontraron diversos focos de síntomas en gran número de experimentos y diferentes genotipos en condiciones naturales.

A modo de resumen, se muestran en la Tabla 5 los porcentajes de cultivares susceptibles, intermedios y resistentes presentes en la Provincia. Para realizar el análisis se sumaron los porcentajes de cultivares altamente susceptibles y susceptibles, pues las diferencias en comportamiento ante la enfermedad son similares en la escala de severidad recomendada por González *et al.* (2008), apreciándose que el 36,8% de los mismos resultan susceptibles y si se suman los intermedios, este porcentaje se eleva hasta 68,3% de afectación por la enfermedad y solamente el 31,6% alcanzan la categoría de resistentes.

Tabla 5. Resumen de la situación general de la provincia de Matanzas ante *X. albilineans*.

Nivel de resistencia	Área (ha)	%
Altamente Susceptibles y susceptibles	17720,3	36,8
Intermedias	15222,8	31,5
Resistentes	15231,9	31,6
Total	48175,0	100,0

El resumen por UEBs (Tabla 6), muestra la UEB México como la de mayor vulnerabilidad de sus cultivares a escaldadura foliar (47.0%) y a René Fraga como la más segura (33.0%), ocupando posiciones intermedias las tres restantes.

Tabla 6. Resumen por UEBs de las áreas ocupadas por cultivares susceptibles a *X. albilineans*.

UEB	Área por UEB (ha)	Área con cultivares susceptibles (ha)	%
México	9750,4	4631,6	47
España Republicana	10569,5	4356,77	41
Jesús Rabí	10280,8	4419,5	42
René Fraga	8412,3	2797,0	33
Mario Muñoz	13285,0	4651,9	35

En la Tabla 7 se presentan los cinco cultivares que ocupan mayores porcentajes en la Provincia, donde se observa el predominio de los cultivares resistentes, no obstante; tanto C323-68 como la C86-12 que se afectan por la enfermedad, ocupan la mayor área cultivada.

Tabla 7. Comportamiento ante *X. albilineans* de los cinco cultivares que ocupan mayores porcentajes de las áreas en Matanzas.

Cultivar	Nivel de resistencia	Área (ha)	%
C323-68	AS	6736,9	14,0
C86-12	INT	13062,9	27,1
C85-102	R	4328,2	9,0
C90-469	R	4328,2	9,0
C86-56	R	3406,4	7,1

El análisis de unidades productoras (Tabla 8) demuestra notables avances en la aplicación de la estrategia para el control de la escaldadura foliar mediante el empleo de cultivares resistentes, pues al cierre de 2010, el porcentaje promedio se elevó hasta 74,0%; mientras que, en la actualidad se encuentra en 22,4%.

Tabla 8. Unidades productoras con mayores porcentajes de cultivares susceptibles a *X. albilineans*.

UEB	UP	CULTIVARES	ÁREA	%
México	Ponina	C323-68	32,19	6,53
		SP70-1284	203,17	41,23
España Republicana	España	C323-68	429,12	37,19
		C89-147	167,25	14,49
		CP52-43	186,16	16,13
Jesús Rabí	Roger Glez.	C89-147	69,60	14,55
		CP52-43	67,72	14,16
René Fraga	La Lucía	C323-68	529,46	56,62
	Manuel Ascunce	C323-68	159,95	19,07
		C89-147	57,28	6,83
	El Ciego	C89-147	26,65	4,97
		C323-68	197,33	36,77

Al comparar los resultados obtenidos de la composición de cultivares ante la escaldadura foliar en la provincia de Matanzas al cierre de 2017, respecto a un trabajo realizado en 2010 Carvajal *et al.* (2013), se observa un avance considerable en favor de la resistencia, pues de 50,72% de área plantada con cultivares susceptible se redujo a 36,8%, al no aparecer en la composición actual los cultivares C1324-64; C266-70; C294-70; C88-380; C90-105; C90-530 y C89-148, lo que manifiesta un manejo de los cultivares por su resistencia a la escaldadura foliar, tanto a nivel de empresa como en las diferentes Unidades de Producción (UPs). En tal sentido es bueno señalar que a nivel de país al hacer un análisis comparativo de la reducción de áreas ocupadas por cultivares susceptibles se puede decir que de un 57% en el 2007 disminuyó a 53% en 2017 INICA (2018).

4.2 Comportamiento bajo condiciones naturales, de la Colección del Germoplasma de la caña de azúcar en Cuba frente a la escaldadura foliar.

El 13,3% de las 2505 formas e híbridos evaluados en la Colección de Germoplasma a finales de la década de 1990 se comportaron susceptibles a la escaldadura foliar, momentos en que se presentaron en Cuba las condiciones más favorables para la propagación y desarrollo de esta peligrosa enfermedad de origen bacteriano (Pérez *et al.*, 2000).

Tabla 9. Comportamiento de diferentes formas originales ante la escaldadura foliar en condiciones naturales.

Especies de <i>Saccharum</i>	Total de individuos	Susceptibles (%)
<i>S. officinarum</i>	172	7 (4,06)
<i>S. spontaneum</i>	48	----
<i>S. robustum</i>	12	----
<i>S. sinense</i>	17	2 (11,7)
<i>S. barberi</i>	6	-----

En la Tabla 10 se muestra el comportamiento de los individuos de la especie *S. spontaneum*, donde los F1 y BC1, resultaron los más afectados por la enfermedad lo que se debe en gran medida a la utilización durante el proceso de nobilización de un grupo de variedades pertenecientes a la especie *Saccharum officinarum* como Rayada, Morada, Cristalina (Flores *et al.*, 1997), material genético que se afecta mucho por este organismo patógeno.

Tabla 10. Comportamiento de los descendientes de la especie *S. spontaneum* ante la escaldadura foliar.

Descendientes	Total	Susceptibles (%)
F1	71	7 (9,8)
F2	2	-----
BC1	56	7 (12,5)
BC2	2	-----

Leyenda:

F1 - Cruzamiento entre variedades de la especie silvestre con una variedad noble de *S. officinarum*.

F2 - Descendiente del cruzamiento entre F1 o la autofecundación de uno de ellos.

BC1 - Cruzamiento del F1 con la misma variedad nobilizada de *S. officinarum*.

BC2 - Resultado del segundo cruzamiento del F1 con un representante de *S. officinarum* o un híbrido altamente nobilizado.

En todos los estadios de los descendientes de la especie *S. sinense* hubo presencia de individuos susceptibles resultando los de mayor afectación los F2.

Tabla 11. Comportamiento de los descendientes de la especie *S. sinense* ante la escaldadura foliar.

Descendientes	Total	Susceptibles (%)
F1	23	2 (8,6)
F2	3	2 (66,6)
BC2	55	7 (12,7)

La situación de los descendientes de la especie *S. robustum* fue muy similar al comportamiento de *S. sinense*, donde en todos los casos hubo presencia de individuos susceptibles, resultando más afectados los F2 y BC2.

Tabla 12. Comportamiento de los descendientes de la especie *S. robustum* e híbridos comerciales ante *X. albilineans*.

Descendientes	Total	Susceptibles (%)
F1	51	1 (1,9)
F2	7	1 (14,2)
BC2	15	3 (20,0)
Híbridos comerciales	1965	297 (15,1)

La mayor cantidad de individuos que conforman la Colección de Germoplasma corresponden a cultivares comerciales donde el 15,1% de los existentes se comportaron susceptibles.

Una valoración del comportamiento de los diferentes individuos que conforman la Colección de Germoplasma demuestra que el 86,7% del material evaluado resultan resistentes a la escaldadura foliar. Potencialmente, existen fuentes de resistencia de forma general pero las posibilidades de explotación en las diferentes campañas de hibridación con destino comercial presentan limitaciones, referidos al uso de formas originales y de avance generacional, al no disponer de una serie de

características que se requieren para su empleo en el mejoramiento, porque su utilización significaría muchos años de trabajo para lograr el carácter de resistencia en los nuevos cultivares.

Resulta más favorable trabajar con híbridos comerciales, que se han comportado resistentes, para lograr en un periodo de tiempo relativamente corto, elevar el nivel de resistencia en las nuevas poblaciones de posturas.

4.3. Empleo de la inoculación artificial en la búsqueda de fuentes de resistencia a escaldadura foliar de la caña de azúcar.

En este grupo de representantes del Germoplasma cubano, resulta de interés el hecho de que haya 60% de los individuos con alto contenido azucarero y resistencia a esta enfermedad (Tabla 13).

En el resto de las formas e híbridos, aunque por lo general más del 50% son susceptibles, se encuentran también posibilidades de explotación a favor de la resistencia a escaldadura foliar, como los de complementación de caracteres que aunque el 75,0% se comportaron susceptibles, 4 de ellos mostraron alta resistencia, los que pueden ser utilizados como progenitores resistentes, en la hibridación comercial y en desarrollo de programas específicos para la fijación de este carácter, pues es un material genético seleccionado por su alto rendimiento agrícola, calidad del jugo y bondades agronómicas.

Los aportes provenientes de las líneas de mejoramiento de los representantes de la especie *S. spontaneum* fueron pocos, no obstante, 6 genotipos se comportaron resistentes, lo que puede resultar de suma utilidad al mejoramiento genético, por ser una especie que tiene gran aporte a la obtención de nuevos cultivares.

En tanto, los mejores resultados fueron obtenidos cuando se evaluaron los híbridos comerciales y progenitores, al comportarse resistentes el 59,4%.

Tabla13. Comportamiento de diferentes formas y sus híbridos evaluados mediante inoculación artificial.

Origen	Total de individuos	Reacción			
		R	INT	S	INT+S (%)
<i>S. spontaneum</i>	13	6	3	4	53,8
<i>S. robustum</i>	4	2	-	2	50,0
<i>S. sinense</i>	1	1	-	-	-
Complementación de caracteres	16	4	-	12	75,0
Alto contenido azucarero	10	6	2	2	40,0
Resistencia múltiple	120	32	22	66	73,3
Híbridos comerciales	311	197	68	46	36,7
Progenitores	180	95	40	45	47,2

Los individuos pertenecientes a la línea desarrollada para la obtención de progenitores con resistencia múltiple (resistentes a mosaico, roya parda y carbón), mostraron muy pocas posibilidades de ser usados como fuentes de resistencia a escaldadura foliar, por cuanto el 73,3% de ellos fueron susceptibles.

Tabla 14. Reacción ante la escaldadura foliar de un grupo de individuos procedentes del programa de resistencia múltiple.

Origen	Total de individuos	Reacción			
		R	INT	S	Int + S %
<i>S. barberi</i>	56	22	12	22	60,7
<i>S. robustum</i>	19	6	3	10	68,4
<i>S. spontaneum</i>	25	2	5	18	92,0
<i>S. officinarum</i>	20	2	2	16	90,0
Híbridos comerciales	70	38	17	15	45,7

4.4. Determinación de la resistencia genética a *X. albilineans* en material procedente de diferentes especies del género *Saccharum*.

En un análisis integral de este material, representantes de diferentes grupos genéticos del Germoplasma cubano mostró (Tabla 15), que hay diferencias significativas entre los grupos evaluados y diferencias entre las medias de los mismos.

Tabla 15. Resultado del ANOVA para la resistencia a escaldadura foliar en diferentes especies del género *Saccharum* e híbridos comerciales.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrados medios	Cociente F	Valor P
Entre Grupos	55,57	4	13,89	8,90	0,00
Intra Grupos	293,58	186	1,56		
Total	349,16	190			
Grupos evaluados			Diferencias entre medias		
<i>S. spontaneum</i>			4,21 c		
<i>S. barberi</i>			3,21 ab		
<i>S. robustum</i>			3,65 bc		
<i>S. officinarum</i>			4,33 c		
H. comerciales			2,90 a		
X			3,42		
S			0,279		
CV			4,30		

Los híbridos comerciales evaluados y los provenientes del *S. barberi* mostraron los mayores niveles de resistencia a la enfermedad, mientras *S. officinarum* y *S. spontaneum* mostraron las medias más elevadas.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Champoiseau (2001), quien informó que los individuos provenientes de *S. spontaneum* mostraron resistencia y los de mayor susceptibilidad fueron descendientes de *S. robustum*. Esto puede deberse, entre otras causas a que son diferentes representantes de estas especies silvestres, con distintos orígenes geográficos.

Desde luego, los programas de mejora se establecen a partir de individuos y no de grupos, habría que evaluar el comportamiento como progenitores de aquellos que resultaron resistentes y explotarlos de esta forma, aunque reducida en el germoplasma existente, pues se trata de posibles progenitores para el programa comercial, que poseen resistencia a otras enfermedades que son criterios de selección en el programa de obtención y selección de cultivares comerciales.

Al hacer un análisis general de todos los resultados obtenidos en busca de las fuentes de resistencia a escaldadura foliar en condiciones naturales y mediante el empleo de inoculación artificial en las formas originales, sus descendientes y líneas de mejoramiento desarrolladas con fines específicos. Los mejores resultados se obtuvieron en los híbridos comerciales y progenitores, al disponer los genetistas de 292 progenitores para su empleo en los trabajos de mejoramiento; con un material genético altamente resistente a esta enfermedad.

4.5. Explotación de los progenitores con diferentes niveles de resistencia a escaldadura foliar en las últimas cinco campañas de hibridación.

Durante el quinquenio 2011-2015 participaron 27 progenitores de reacción resistente ante el organismo causal de la escaldadura foliar, que fueron utilizados como progenitores con destino comercial para un total de 360 combinaciones, siendo el progenitor Ja64-19 el más utilizado, al participar en 40 de ellas, siguiendo este orden los progenitores CP56-59, CP65-392, B80250, C86-456, CP70-2086 y Co6806 entre otros.

Tabla 16. Participación de progenitores resistentes en diferentes campañas de hibridación.

Progenitores	Diferentes campañas					
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Total
C229-84	3	3	4	2	3	15
C486-407	-	6	2	10	2	20
MEX65-1424	5	-	-	1	2	8
CP72-2086	4	5	6	3	5	23
CP56-59	6	2	3	6	8	25
B80250	3	4	5	1	11	24
Ja64-20	6	4	1	2	-	13
Ja64-19	17	8	9	5	1	40
Co997	6	1	2	4	6	19
C86-456	6	1	11	1	4	23
C85-102	1	-	9	3	2	15
C90-469	1	6	2	2	-	11
B6368	3	-	4	8	4	19
M165/38	2	-	-	1	1	4
CP72-356	3	1	-	-	-	4
CP65-392	7	10	4	4	-	25
Co281	-	1	2	-	-	3
B45181	-	2	4	5	4	15
B80394	-	-	5	1	-	6
Co6806	-	-	9	6	7	22
C97-59	-	-	1	2	-	3
Ja60-5	-	-	2	3	2	7
Ja64-11	-	-	3	4	-	7
MEX66-1235	-	-	-	1	-	1
C147-76	-	-	-	1	1	2
C334-64	-	-	-	1	1	2
B45211	-	-	1	2	1	4
Total	73	54	89	79	65	360

Tabla 17. Participación de los progenitores intermedios en diferentes campañas de hibridación.

Progenitores	Diferentes campañas					
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Total
C120-78	2	1	5	1	1	10
C88-553	10	5	14	3	3	35
C89-161	7	1	2	4	2	16
C187-68	1	-	-	-	-	1
C86-165	8	4	14	5	14	45
C86-12	7	6	19	7	-	39
C90-501	15	12	32	13	8	80
POJ2878	3	3	3	-	-	9
C89-147	2	-	-	-	-	2
C1051-73	3	4	6	3	2	18
B51410	1	2	9	1	3	16
Ja64-21	1	1	-	-	-	2
C1616-75	1	2	7	-	1	11
C86-51	-	-	-	-	3	3
Total	61	41	111	37	37	277

En la Tabla 17, aparecen los progenitores de reacción intermedia, donde participaron 14 progenitores para un total de 277 combinaciones. La mayor utilización fueron los progenitores C90-501, C86-165, C86-12, C88-553. Llama la atención el hecho de que C90-501 participó en 32 combinaciones en la campaña 2013-2014, lo que pudiera estar muy relacionado con su aporte al mejoramiento, por la alta cantidad de selecciones con perspectivas para la producción.

Tabla 18. Participación de progenitores susceptibles en diferentes campañas de hibridación.

Progenitores	Diferentes campañas					
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Total
CP52-43	8	15	14	10	4	51
C323-68	1	-	3	10	3	17
CP70-1133	4	9	1	6	2	22
C88-380	2	1	1	1	3	8
C266-70	5	3	4	9	3	24
MEX68-200	2	-	-	-	1	3
C86-156	2	-	-	-	-	2
C87-51	1	3	1	2	2	9
Co421	1	-	5	3	-	9
POMEX72	3	-	7	2	3	15
C89-250	1	-	1	-	-	2
C86-503	3	-	2	4	4	13
C227-59	2	-	1	3	-	6
SP70-1284	1	-	4	3	4	12
C90-317	-	-	1	2	1	4
C90-530	-	-	1	-	-	1
C91-115	-	-	-	2	-	2
Total	36	31	46	27	30	200

El cultivar CP52-43 fue el progenitor más utilizado, al participar en 51 combinaciones en las cinco campañas analizadas, otros tuvieron también alta participación como C266-70, CP70-1133 y C323-68, entre otros.

Al hacer un análisis del empleo de los progenitores con niveles de resistencia diferentes, se pone de manifiesto mayor participación de los resistentes, excepto en la campaña 2013-2014.

Los progenitores de resistencia intermedia, durante la campaña 2013-2014 alcanzaron el valor más alto de las cinco campañas analizadas, (Figura 2). Se considera que este valor se obtuvo debido al número de combinaciones donde fue utilizado el cultivar C90-501.

La cantidad de combinaciones realizadas con participación de progenitores susceptibles, fue inferior respecto a los resistentes e intermedios, pues solamente se efectuaron 200 combinaciones.

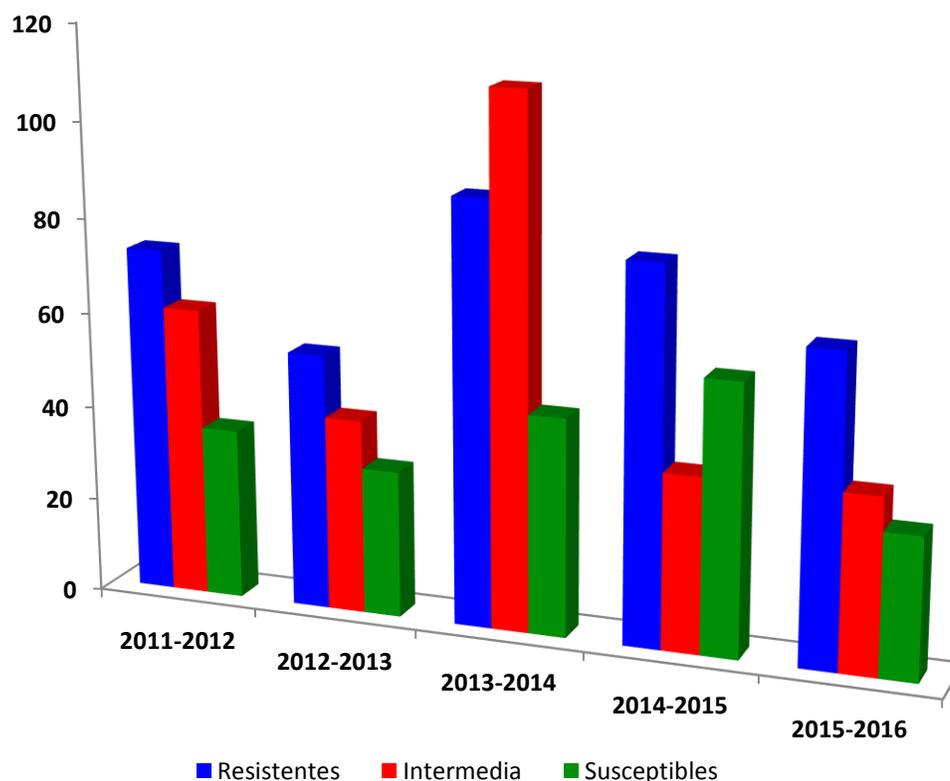


Figura. 2. Resumen de la utilización de los progenitores por su resistencia a la escaldadura foliar en las últimas cinco campañas de hibridación.

4.6. Manejo de los progenitores por su resistencia a escaldadura foliar, a nivel de combinación.

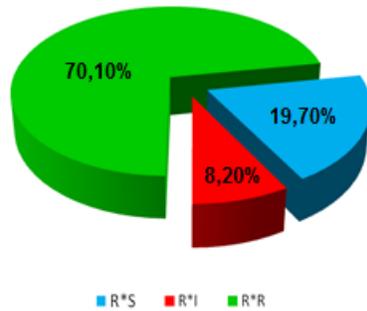


Figura 3. Progenitor femenino resistente.

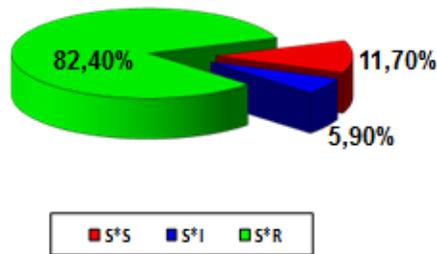


Figura 4. Progenitor femenino susceptible



Figura 5. Progenitor femenino intermedio

Un manejo favorable de los progenitores se muestra en las Figuras (3,4 y 5), pues en la mayoría de las combinaciones efectuadas, uno de los componentes es resistente, con elevado porcentaje de participación, que oscila entre el 72,10 y el 82,80%, independientemente de su empleo, tanto progenitor masculino como femenino.

Los progenitores intermedios y susceptibles a la escaldadura foliar han tenido participación por necesidad del mejoramiento, dado su aporte a otros caracteres positivos, pero en todos los casos, con porcentajes bajos de participación.

Conclusiones

- Se determinó que la composición actual de cultivares de caña de azúcar en la provincia de Matanzas presenta el 65,8% de vulnerabilidad a *X. albilineans* (Asbhy) Dowson.
- Se logró reducir las áreas de cultivares susceptibles a *X. albilineans* al cierre de 2017 en la provincia de Matanzas, mediante la eliminación de: C1324-64, C266-70, C294-70, C88-380, C90-105, C90-530 y C89-148.
- El 86,7% de los genotipos del germoplasma mostraron resistencia natural a *X. albilineans*, lo que permitirá desarrollar líneas de mejora para ampliar la base genética de la resistencia a escaldadura.
- El empleo de inoculación artificial permitió detectar 292 posibles progenitores para obtener nuevos cultivares resistentes a escaldadura foliar en las campañas de hibridación.
- Se lograron avances en las últimas campañas de mejoramiento genético al observarse predominio de los progenitores resistentes ante *X. albilineans* y un manejo adecuado a nivel de combinación híbrida.

Recomendaciones

- Se recomienda a los fitosanitarios de las Unidades Empresariales de Base (UEBs), Unidades de Producción (UPs) y a los Especialistas del Servicio Fitosanitario (SEFIT), mantener vigilancia permanente sobre todos los cultivos que muestran valores elevados de susceptibilidad a escaldadura foliar.
- Los genetistas y especialistas de los Servicios de Recomendación de Variedades y Semillas (SERVAS), deben tener en cuenta la resistencia a *X. albilineans* de los nuevos cultivos recomendados para extender en áreas comerciales.

Bibliografía

- Alfonso, F., Tuero, Susana de la C., Pérez, Eusebia de la C., Pérez, Mirta E., La O, María de la., González, R., Martínez, L. y Ordóñez, Caridad. (2017): Revista ATAC, # 2. pp 9-13. ISSN01-7553.
- Agrios, G. 1991. Plant Pathology, Fourth Edition. Academic Press, San Diego.
- Autrey, L.J. C., Saumtally, S., Dookun, A. (1997) Studies on Variation in the Leaf Scald Pathogen *Xanthomonas albilineans*. Proceedings XXI Congress of ISSCT. Bangkok (Thailand), pp. 485-497.
- Barroso, G., Guardarrama, I., Justiz, R., Orelly., J. P., Leal, P.P., Cabrera, L., Abrantes, I. (2007). Evolución de la composición varietal de la provincia de Matanzas en el quinquenio 2001-2006. Memoria Electrónica 60 Aniversario de la EPICA Antonio Mesa. Jovellanos Matanzas.
- 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, Universidad de Matanzas, pp. 35-40.
- Bressiani, J. A., Sanguino, A., Lee, W., Vencovsky, R., Goncalves, Silva, J. A. (2005): Breeding sugarcane for leaf scald resistance: a genetic study. Proc.ISSCT.Vol.25, pp 474-480.
- Carvajal, O., Barroso, G., Ruffín, 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.
- Carvajal, O., González, R., Olga Lidia, Acosta G., J., Estévez, H., China, A., Delgado, Mercedes, Ruffín, Yordanka. y Alpizar, O. (2013). Vulnerabilidad de la composición de cultivares de caña de azúcar ante la escaldadura foliar

- Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Cuba. Rev Cuba y Caña, pp. 60-65.
- Chávez Morales, R. (2000). Proyecto para determinar la resistencia varietal al mosaico, roya, carbón y escaldadura Foliar de la Caña de Azúcar. Resistencia varietal a la enfermedad de escaldadura de la Caña de Azúcar (*Xantomonas albilineans*). Programa Nacional de Variedades del FOCITCAÑA. México, D. F. Octubre p. 85.
 - Chinae Martín, A. y Rodríguez Lema, E. L. (1994). Enfermedades de la Caña de Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba. Ediciones CIBA-GEIGY, 100 p.
 - Chinae, M. A. y Rodríguez Lema, E. L. (2007). Enfermedades de la Caña de Azúcar. Identificación y lucha. INICA, MINAZ. Ciudad de La Habana. p. 200 (En edición)
 - Chinae Martín, A. y Rodríguez Lema, E. L. (2010). Enfermedades de la Caña de Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba. Ediciones Imago, p. 100.
 - Chinae Martín, A. y Milanés, R. N. (2008). Enfermedades de la caña de azúcar en: Temas selectos de la caña de azúcar. Universidad Veracruzana, México, pp. 72-85.
 - Chinae Martín, 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.
 - Chinae Martín, A., Rodríguez, Pérez, Eida y otros (2012). Actualización del inventario de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba. Rev. ATAC 1. pp. 33-37.
 - D'Agostini, S., Rebouças, M. M., Batista A. y Vitiello, N. (2015): La caña de azúcar: www.biologico.agricultura.sp.br/docs/pag/v5...dagostini.htm.
 - Daugrois, J. H., Champoiseau, P., Boisne-Noc, R. y Joseph, S. (2000). Aereal dissemination of *Xanthomonas albilineans*. Annual Report CIRAD. p. 20.
 - Daugrois, Jean Heinrich; Rosiane Boisne-Noc, and Philippe Rott. Leaf Surface Colonization of Sugarcane by *Xanthomonas albilineans* and

- Subsequent Disease Progress Vary According to the Host Cultivar. 2014. *Plant Disease*, 98(2): 191-196.
- 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 y Silva, M. (2005). Caracterização serológica, molecular e patogênica de isolados de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson agente causal da escaudadura da Cana de Açúcar. (Tesis de Maestría en Fitopatología). Universidad de Sao Paulo. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, p. 61.
 - Díaz, 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.
 - Edgerton, C. W. (1995). Sugarcane and its Disiases. La. State University Press. Baton Rouge La. pp. 290.
 - FAO (2013): El cambio climático, las plagas y las enfermedades transfronterizas. Disponible en www.fao.org/foodclimate. 2pp.
 - FAO (2016): El cultivo de la caña de azúcar. Disponible en: <http://azuquita2012>. Centro de información del Paraquat en nombre de SyngentaCropProtection-AG. 25 de abril de 2015.
 - Flores, S. (1997). Escaldadura de la hoja en las enfermedades de la caña de azúcar en México pp. 177-186. Edición Carlos Gómez Núñez.
 - Fuchs, M., González, V., Rea, R., Zambrano, A. Y., De Sousa- Vieira, O., Díaz, E., Gutiérrez, Z., Castro, L. (2005). Mejoramiento de la caña de azúcar mediante la inducción de mutaciones en cultivos de callos. *Agronomía tropical*. Maracay. Vol 55 N 1 p. 8.
 - Garcés, F. y Valladares, Carmen (2006). La desinfección de herramientas: una medida preventiva para el manejo de la escaudadura de la hoja y el raquitismo de la soca. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). Carta Informativa. 8, N0 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, pp. 135-148.
- Grisham, M. P. (2004). Ratoon, Stunting Disease. In: Sugarcane Pathology Bacterial and Nematode disease. Rao, G. P, Saumtally, A. S, Rott, P. (editors). Science Publishers. Inc. USA, pp. 77-96.
- 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. Cuba & Caña pp. 42-47.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneat, P. H., Staley, J. T. y Williams, S. T. (1994). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition. Williams & Wilkins, eds. pp. 53-64.
- 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 Posgraduados. Texcoco, México, 37 (5), pp. 511-519. MINAZ
- INICA (2008). Informe a la XVI Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal, Sancti Spíritus, p. 93.
- INICA (2011) Normas y procedimientos del programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. Editores Héctor Jorge Suárez, Ibis de las Mercedes Jorge Gómez, José María Mesa López, Norge Antonio Bernal Liranza, p. 348, versión electrónica.
- INICA (2015) XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal II variedades. pp. 2-5 ISSN1028-6527.
- INICA (2016) XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla. y Sanidad Vegetal II variedades. pp. 2-6. ISSN1028-6527.
- INICA (2018) Escaldadura foliar. En Informe a la XXV Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal, pp.90-91, La Habana.

- INFOCAÑA (2014) Lista de boletines del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar: Zafra azucarera 2013- 2014. http://www.infocana.gob.mx/lista_boletines.php?t=1 (Septiembre 2014).
- Iglesias, A., Díaz, M., Álvarez, E., Peralta, E., L., Pazos, V. (2003) Optimización del diagnóstico múltiple de la escaldadura foliar y el Raquitismo de los retoños de la Caña de Azúcar. Protección Vegetal. Volumen 18. No 1. pp. 15-18.
- Jiménez, 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) pp. 139-142.
- Jiménez, 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) pp. 233-245.
- Jorge, S. H., Bernal, N. Jorge, I., Mesa, J., González, F., González, A.; Cabrera, L. (2011). Capítulo 6. Selección. En Normas y procedimientos del mejoramiento genético de la caña de azúcar en Cuba. Jorge, H y Jorge I. Editores. Rev. Cuba & Caña Edición Especial. pp. 187-190.
- Kretz, J., Kerwat, D., Schubert, V., Grätz, S., Pesic, A., Semsary, S., *et al.* (2015). Total synthesis of albicidin: a lead structure from *Xanthomonas albilineans* for potent antibacterial gyrase inhibitors. Angew. Chem. Int. Ed. 54,1969–1973.doi: 10.1002/anie.201409584.
- Koike, H. (1971). Testing Sugarcane. Varieties for Leaf Scald Disease Resistanc. Proc. Cong. ISSCT, New Orleans La 14.909-918.
- La O. María, Zardón. María A, Puchades, Yaquelín, Delgado, Aday, O, Mesa. J. M., Rodríguez, Eida, Alfonso, Isabel, Rodríguez, Mérida, Acevedo, R., Montero, Yatalí, Martínez, Yamila, Zamora, Loidy, Carmona, Elva, Estrada, María E., Casas, M., Pérez, Juana, Zayas, C. M., Rufín, Yordanka. (2012). Implementación del sistema de diagnóstico serológico y molecular para

- enfermedades de la caña de azúcar en la red del INICA. Congreso Internacional 50 Aniversario de la ATAC. La Habana.
- Martin, J. P. y Robinson, P. E. (1961). Leaf scald. In: Sugar Disease in the World, 1. J.P. Martin, E.V. Abbott, C.G. Hughes, eds. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, Vol. 1, pp. 79-107.
 - Martin, Marianela (2014): La caña es más que azúcar. Juventud Rebelde.
 - 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, E. L., Pérez Milián, J. R., Cortegaza, L., 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. 18(3) pp. 159-161.
 - Mesa López, J. M., La O Echavarría, María, Carvajal, O., Arencibia, A., Moltalván, J., González, R., Pérez Milián, J. R., Rodríguez, Eida, Alfonso, Isabel, Jorge, H., García. H., Bernal, N., Santana, I., Cabrera, L y Jorge, Ibis. Advance in genetic improvement to resistance of sugarcane to *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson in Cuba. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 27, 2010.
 - Mesa López, J. M., González Acosta, R., Rodríguez Regal, M. *et al.* (2016): XXII Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal, Villa Clara. Revista Cuba & Caña, 56 p. ISSN 1028-6527
 - North, D. S., 1926. Leaf Scald. A Bacterial Disease of Sugarcane The Colonial Sugar Refining Co. Lid.Sydney, Agric. Rep. No 9.
 - Ordosgoitti, A., Aponte, A. y González, P. (1987). Reacción de variedades cubanas de Caña de Azúcar a *Puccinia melanocephala* Sydow et P. Sydow y *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en Venezuela. Agronomía Tropical. 29(2) pp. 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; 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.; Pedroso, M. y Martínez, Yamila (1997). Diagnóstico de Fitopatógenos. Manual Teórico-Práctico, CENSA, p.134.
- Pérez Oramas, G., Bernal, N., Chinae Martín, A., O'Reilly Legón, J. P. y De Prada, F. (1997). Recursos genéticos de la Caña de Azúcar. Publicaciones IMAGO, La Habana, p. 249.
- Pérez Milián, J. R., Chinae, A., Matos, Madyu y Montalván, 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, C., Herrera, N., Fajardo, R., Casas, L., Gutiérrez, D., Espinosa, L., (2001) Evaluación del impacto de las variedades y la calidad de la Caña en los procesos industriales. Manual de Técnicas Analítica. Universidad Central de las Villas. Facultad de Química y Farmacias Cuba. p. 91.
- Pérez Milián, 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 Milián, J. R., Matos, Madyu.; Chinae Martín, 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.17 (3) p. 181-182.
- Pérez Milián, J. R., Matos, Madyu., Montalván, J., Peralta, E. L., Pérez, G., Carvajal, O. y Chinae, A. (2003): Desarrollo de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en cuba: patógeno, variedades y clima. Protección Vegetal. 18(3) pp. 162-167.

- Pérez Milián, J. R., Matos, Madyu, Pérez, G., Montalván, J., Aguiar, E., Peralta, Esther Lilia y China, A. (2004). Brote epifítico 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, pp. 97-103.
- Pérez, G., China, A., De Prada, E. F., Abrantes, R. I., Cabrera, M. L., Carvajal, O y López, M. (2001). Mejora de la Caña de Azúcar en alta incidencia de enfermedades: Consecuencia de bajos rendimientos. Resumen, 15 Aniversario EPICA Stgo. de Cuba, pp. 25-28.
- Pérez Pérez, Y., Pérez Milián, J. R., Carvajal Jaime, O., Rufín, Yordanka, China Martín, A. y Pérez, H. (2012). Nuevas alternativas para los estudios de resistencia de las variedades de caña de azúcar frente a la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. Cuba y Caña, 1 pp. 77-84.
- Persley, G. J. y Ryan, C. C. (1976). Epidemiology of leaf scald in the Moreton district of Queensland. Proc. Queensl. Soc. SugarCaneTechnol., pp. 79-82.
- Pieretti, I. *et al.* (2009) The complete genome sequence of *Xanthomonas albilineans* provides new insights into the reductive genome evolution of the xylem-limited Xanthomonadaceae. BMC Genomics 10, 616.
- Ricaud, C. (1975). Factors affecting the severity of leaf scald disease of sugarcane in different countries. Proc. IndianSugarTechnol. Assoc., SeminarPaper, p. 6.
- Ricaud, C., y Ryan, C. C. (1989). Leaf scald En: Disease of sugarcane. Major disease. Eds: C. Ricaud, B. T. Egan, A. G. Gillaspie Jr., C. G. Huges. Amsterdam. The Netherlands: Elsevier Science Publisher, pp. 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, pp. 25-31.
- Rivera, N. *et.al.* (1993). Epidemiology of Leaf Scald and Gumming Disease of Sugarcane in Cuba and Biology of their Causal Agents. Proc. Cong. ISSCT. La Habana. pp. 18-487.

- Rott, P. Davis, M. J. y Baudin, P. (1994). Serological variability in *Xanthomonas albilineans* causal agent of sugarcane leaf scald disease. *PlantPathology*, pp. 344-349.
- 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*, pp. 43-49.
- 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*, Vol. 87, No. 12, p. 1203
- Rott, P. y Davis, M. J. (2000). Leaf scald. In: *A guide to Sugarcane diseases*. CIRAD and ISSCT, pp. 163-169.
- Rott, P., De 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. 1995. Leaf scald of sugarcane. *Agriculture and Development; CIRAD CA*, 51-58.
- Salomón García-Juárez, H., Ortíz García, C. F., Salgado García, S., Valdez Balero, A., Silvan Rojas, Hilda V., Ovalle Sáenz, W. R. Presencia de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (4) pp. 397 - 404, 2015.
- Sauntally, 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. Técnica; Vol. 2*, p. 477-484.
- Sauntally, A. S. y Dookun, A. (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, pp. 67-74.

- Tokeshi, H. (1997) Doencas da Caña de Azúcar, ESALQ/USP. Editora Agronómica, CERES Ltda/SA, pp. 10-13.
- Thelen, M. (2004) Remolacha Azucarera Vs Caña de Azúcar. ¿Quiénes son los protagonistas del Mercado Mundial? Correo Bayer Crop Science. pp. 20-23.
- Victoria, J. I., Guzmán, F. A. (1995). Enfermedades de la Caña de Azúcar en Colombia. En: C. Cassalet, J. Torres, C. Isaacs (eds). El cultivo de la Caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. Cali, Colombia, pp. 265-293.
- Young, A. y Brumbley, S. (2004). Ratoon Stunting Disease of Sugarcane History, Management and Current Research. En. Sugarcane Pathology Bacterial and Nematode disease Science Publishers. Inc. USA. pp. 97-124.