

Te  
UVF  
Agro  
M644  
1984

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE CAÑA DE  
AZUCAR A LA ENFERMEDAD DEL CARBON  
(Ustilago scitaminea)

RAUL JOSE MINONDO AYAU

Guatemala

1984

COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES VARIETADES DE CAÑA DE  
AZUCAR A LA ENFERMEDAD DEL CARBON  
(Ustilago scitaminea)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE CAÑA DE  
AZÚCAR A LA ENFERMEDAD DEL CARBÓN  
(Ustilago scitaminea)

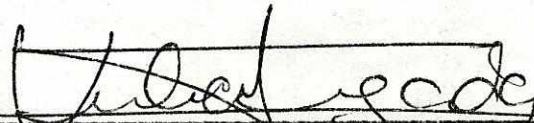
RAUL JOSE MINONDO AYAU

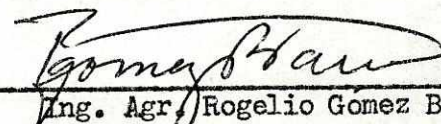
Trabajo de investigación presentado para optar  
al grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas  
con el título de Ingeniero Agrónomo

Guatemala


1984


Vo. Bo. :

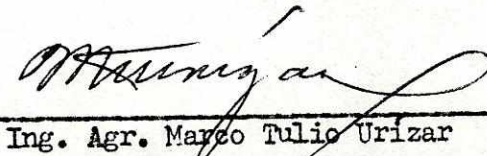
(f)   
Ms. Sc. Julio Roberto Tejada Castillo  
Asesor

(f)   
Ing. Agr. Rogelio Gómez Barrios  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Ing. Agr. Mauricio R. Cabarrus Pellecer

(f)   
Ing. Agr. Hector E. Ranero Cabarrus

(f)   
Ing. Agr. Marco Tulio Urizar

Fecha de aprobación: 28 de Septiembre de 1984

El presente trabajo lo dedico a:

Mis Padres

Mi Familia

Mis Profesores

Mis Amigos.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a las siguientes instituciones y personas que me prestaron colaboración en el desarrollo de la presente tesis:

- Universidad del Valle de Guatemala
- Asociación de Azucareros de Guatemala, Departamento Técnico
- Ingenio Pantaleón S. A., Departamento Agrícola
- Ing. Julio Roberto Tejada Castillo
- Ing. Rogelio Gómez Barrios
- Lic. Inf. Mariella D. de Minondo
- Y a todos aquellos que de alguna manera u otra me ayudaron en la elaboración de esta tesis.

## CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	xiv
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. La caña de azúcar	3
1. Historia de la caña de azúcar y producción de azúcar	3
2. Clasificación	7
3. Programas de hibridación de la caña de azúcar	12
4. Variedades de la caña de azúcar	18
B. EL carbón de la caña de azúcar	22
1. Historia y distribución	22
2. Descripción de los síntomas de la enfermedad	23
3. Descripción del organismo causante	26
a. Estructura somática	26
b. Reproducción asexual	27
c. Condiciones para la germinación de esporas	29
d. Razas del patógeno	29
4. Importancia económica de la enfermedad	33
a. Daños directos	33
b. Daños o pérdidas indirectas	34

	Páginas
5. Formas de transmisión de la enfermedad	34
a. Dispersión de esporas	34
b. Viabilidad de las esporas	35
6. Formas de infección del patógeno	36
a. Formas de infección	36
b. Condiciones para la infección	39
7. Medidas de control	41
a. Resistencia varietal	41
b. Extirpación de tallos infectados	42
c. Selección de material sano	43
d. Desinfección de esquejes	44
e. Descanso de campos	44
f. Rotación de cultivos	45
g. Quema de cañales en la zafra	45
III. MATERIALES Y METODOS	46
A. Localización y características del área experimental	46
1. A nivel de invernadero	46
2. Estación experimental de la Universidad del Valle	46
3. Estación experimental Mangalitos del ingenio Pantaleón	47
B. Materiales utilizados en el ensayo	47
C. Metodología experimental	55
1. Forma de inoculación	55

	Páginas
2. Sistema de siembra	55
3. Período de observación y datos recabados	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	59
A. A nivel de invernadero	59
B. Estación experimental de la Universidad del Valle	69
C. Estación experimental Mangalitos del Ingenio Pantaleón	75
D. Susceptibilidad de las principales variedades de caña de azúcar en Guatemala	81
V. DISCUSION Y CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFIA	87

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Páginas
1. Variedades de caña de azúcar utilizadas en los tres experimentos de susceptibilidad varietal al hongo <u>Ustilago scitaminea</u> .	49
2. Escala de evaluación utilizada en los ensayos de susceptibilidad varietal al carbón de la caña de azúcar.	58
3. Comparación de resultados en los ensayos de resistencia al Carbón, en variedades de caña de azúcar en dos diferentes sistemas ecológicos.	70
4. Comportamiento de ciento veintiún variedades de caña de azúcar, a la inoculación artificial de <u>Ustilago scitaminea</u> , prueba realizada en el campo.	77
5. Susceptibilidad al carbón, de las principales variedades de caña de azúcar en Guatemala.	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Páginas
1. Síntomas característicos de la presencia de <u>Ustilago</u> . a) Estructura en forma de látigo que adoptan las terminales de los tallos infectados. b) Látigo constituido por el centro parenquimatoso, rodeado de telentosporas y una membrana plateada.	24
2. Esporas típicas de <u>Ustilago scitaminea</u> con un diámetro de 5.5 a 7.5 micras, de color pardo y epispora delgada con puntos pequeños.	28
3. Fotografías de la metodología de inoculación por inmersión, de los esquejes de caña para las pruebas de susceptibilidad al Carbon. a) Tanque de inoculación y b) Bolsas de incubación y preparación de los esquejes para siembra.	56
4. Vistas del desarrollo de las diferentes variedades de caña de azúcar inoculadas con Carbon. a) Experimentos realizados a nivel de invernadero y b) En las parcelas experimentales en campo.	60
5. Diagrama de la producción de látigos de carbon en variedades comerciales de caña de azúcar, a nivel de invernadero.	62
6. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón.	63
7. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón.	64
8. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón.	65

Figura	Páginas
9. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón.	66
10. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón.	67
11. Diagrama de la producción de látigos en 25 semanas, de caña de azúcar de las Estaciones Experimentales de la Asociación de Azucareros de Guatemala.	68

## RESUMEN

El Carbón de la caña de azúcar causado por el hongo Ustilago scitaminea, fue detectado en Guatemala en enero de 1981. Es un patógeno que se ha difundido por toda el área cañera del país y ha ocasionado problemas en este cultivo. No obstante, se están consolidando medidas de control.

A pocos meses de la aparición de los primeros focos de la enfermedad se realizaron las primeras pruebas de comportamiento varietal en experimentos realizados en invernadero y en el campo. Los resultados determinaron que un 59 por ciento de las variedades de caña utilizadas es resistente a esta enfermedad, el 13 por ciento es medio resistente y un 28 por ciento de los cultivares es susceptible.

Con base en los resultados obtenidos, las variedades resistentes están siendo utilizadas para acelerar los programas de producción de variedades comerciales, después de una cuidadosa evaluación de los aspectos agro-industriales. Para luego, ser utilizadas en las explotaciones comerciales y sustituir las variedades de caña susceptibles a esta enfermedad.

## I. INTRODUCCION

Guatemala es un país cuya economía depende en gran parte del sector agrícola. En la actualidad la agro-industria azucarera ocupa el tercer lugar en lo que a aportación de divisas externas se refiere. Se sobreentiende que su importancia para el país es grande, ya que no sólo genera divisas sino que es una fuente de trabajo para hombres y mujeres de diferente preparación técnica y de diferentes zonas del país. El Carbón de la caña de azúcar (Ustilago scitaminea) es una de las enfermedades más dañinas. En la mayoría de los casos la más importante, por lo que, a nivel mundial merece la máxima atención en cuanto al estudio de epidemiología, etiología y control de la misma. Las características del patógeno lo hacen de importancia económica son su alta capacidad de daño fisiológico a la planta, la velocidad con que puede causar este daño y su rápida diseminación. En la mitad de la década del 80, se han probado muchos medios de control de este hongo y se ha concluido que definitivamente la única manera de un control satisfactorio y rentable es emplear variedades de caña resistentes al patógeno. Un factor que dificulta el control del patógeno es la posible capacidad fisiológica del mismo, de producir diferentes razas en ciertas etapas de su ciclo reproductivo sexual (7 y 15).

En Guatemala, en enero de 1981, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalhuapa, Escuintla, fué descubierto por primera vez el Carbón de la caña de azúcar por el Ing. Agr. Rogelio Gómez Barrios, miembro del Depar

tamento de Investigación del Ingenio Pantaleón. A partir de esa fecha, el patógeno se ha diseminado por toda la zona cañera guatemalteca. Aún no hay estimaciones económicas de los daños que ha causado, ya que éstos todavía no son concluyentes.

Hasta la fecha, en Guatemala se ha desarrollado un pequeño ensayo experimental a nivel de invernadero donde se observó el comportamiento de las principales variedades de caña de azúcar cultivadas en este país. Estas variedades, posteriormente, fueron inoculadas y sembradas en otro ecosistema totalmente diferente a la zona donde se cultiva la caña de azúcar. Esto para poder comparar su comportamiento y así poder conocer más sobre el patógeno. Actualmente se realiza un trabajo formal, a nivel de campo, donde se evalúan más de 300 variedades de caña, importantes en nuestro medio y así determinar aquellas variedades prometedoras para ser utilizadas en la explotación azucarera (140).

El presente trabajo tuvo como objetivo básico, reconocer el comportamiento de las principales variedades de caña de azúcar, inoculadas con el hongo Ustilago scitaminea, bajo tres condiciones ecológicas diferentes en Guatemala; para luego utilizar las variedades más resistentes en las explotaciones comerciales y sustituir las variedades actuales más susceptibles.

La hipótesis planteada es que todas las variedades de caña de azúcar, a nivel comercial, semi-comercial y experimental presentes en Guatemala son susceptibles a la enfermedad del Carbón de la caña de azúcar, causada por el hongo Ustilago scitaminea.

## II. REVISION DE LITERATURA

### A. La caña de azúcar

#### 1. Historia de la caña de azúcar y producción de azúcar

La caña de azúcar, incluye especies silvestres y cultivadas; existen diferentes variedades del género Saccharum, nativo de las zonas tropicales y sub-tropicales del oriente. Las especies o variedades nativas aún crecen en el sur de Asia particularmente en India, China y en muchas islas de el Pacífico Sur-Oeste. No existen especies nativas en el hemisferio oeste, Hawaii o Australia, por lo que las variedades que allí se cultivan fueron llevadas de otros lados, en alguna época.

El cuando, cómo y porqué el hombre primitivo reconoció el valor de la caña de azúcar como planta alimenticia es aún desconocido. Originalmente la caña de azúcar se utilizaba sólo para masticar y para producir un dulce sólido proveniente de un cocimiento del jugo. Se puede deducir, que las cañas más cotizadas en esa época eran aquellas más suaves y dulces. Por su propia naturaleza, esta planta es bastante variable por lo que deben de haber existido plantas notablemente diferentes en ciertas características. Así pues, empezó la selección de variedades para obtener mejores plantas, ya que el hombre de entonces cultivaba aquellas cañas que consideraba útiles y más adecuadas para satisfacer sus necesidades. Este método de selección es definitivamente muy rústico, comparado a los métodos modernos. Pero, fue así como a través de los siglos los métodos

de selección y las variedades han llegado a ser lo que son actualmente en los **diversos** países y zonas cañeras del mundo (13).

Por lo restringido de los medios de comunicación y de transporte en los tiempos pasados, se supone que no hubo un intercambio de material de propagación entre poblados o islas que cultivaban caña de azúcar. Es más, cuando surgió la necesidad de una expansión rápida de las plantaciones **cañeras** comerciales para suplir las necesidades de una agro-industria de rápido crecimiento en los últimos siglos, en las diversas islas y regiones del oriente existen cientos de variedades diferentes (13).

Varias opiniones existen sobre el origen de las verdaderas variedades azucareras. En las primeras décadas del presente siglo, se pensaba que éstas provenían de India o China en el sur de Asia. Fue en estos países de donde primero se exportó este cultivo al sur de Europa, norte de Africa y a varios países del hemisferio oeste. También es sabido, que en estos países asiáticos, desde hacía mucho tiempo, los productos de la caña de azúcar tenían gran importancia económica. Actualmente, existen en dichos países muchas variedades de caña silvestre (Saccharum spontaneum). Es posible, que las variedades presentes provengan de esta variedad silvestre. Esta teoría se puede **rechazar** ya que todos los trabajos experimentales realizados para producir variedades azucareras de estas cañas silvestres han fracasado. Aunque han sido muy útiles en trabajos de hibridación, pero como azucareras no han funcionado (13).

En los últimos años se ha planteado la teoría de que las variedades de caña con alto contenido de azúcar provienen de algunas islas del Pací-

fico como Nueva Guinea. Esto se basa en que, estas islas son actualmente los únicos lugares en el mundo que aún no han sentido el impacto de la tecnología en el campo azucarero y en ellos existen numerosas variedades que han sido seleccionadas localmente por los nativos. Estas cañas son muy similares a la S. officinarum pero han sido descritas y clasificadas por Brandes durante muchos años concluyendo que realmente son diferentes a S. officinarum y nombrándolas como S. robustum (13).

Realmente el verdadero origen de la primera caña de azúcar, con alto contenido de sacarosa en su tallo, es vago o incierto. Pero al unir el mensaje de diversos reportes se puede decir que la caña de azúcar se ha cultivado por más de 2500 años en India y en China, aunque los griegos y los romanos sabían de ella. Sin embargo, la mayoría de países europeos entonces no conocían sus productos. Sólo después del desarrollo de los medios de comunicación y de la maquinaria adecuada para su proceso fue que la agro-industria azucarera se difundió por todo el mundo (13).

El origen de la expansión de la agro-industria azucarera se realizó en dos lugares, India y en las Islas del Pacífico sur-oeste. De India se exportó primero hacia el oeste de Asia, luego a Arabia y más tarde a los países que bordean el Mediterráneo. Esta agro-industria se estableció en Sicilia alrededor de 703 y en España en 755 A. de C. Ya en 1150 España tenía aproximadamente 30,000 hectáreas de caña de azúcar, mayormente para suplir su mercado local. Las **Cruzadas** sirvieron para la expansión de este cultivo, ayudando a su desarrollo. Los participantes al estar en los países árabes conocieron el cultivo y sus productos, lo lle

varon a Europa y el interés por el azúcar creció rápidamente. Las plantaciones cañeras ya establecidas crecieron y se iniciaron nuevas. Con el incremento de la demanda de azúcar y las condiciones políticas de Europa, bastante desfavorables, las plantaciones y la industria se movieron más hacia el oeste. De esta manera llegó la caña de azúcar a Madeira en 1419 y poco después a los Azores, Cabo Verde y las Islas Canarias (13).

En los siglos subsiguientes la industria azucarera se movió al hemisferio occidente. Cristobal Colón llevó por primera vez la caña de azúcar a Santo Domingo, República Dominicana, en su segundo viaje a las Américas. Después de esto, se implementaron plantaciones en Brasil en 1500, en Santo Domingo en 1697 y en Cuba en 1772. Hay evidencia que durante toda la trayectoria de este cultivo, se estaba empleando sólo una variedad, conocida en América como caña "creole" (13).

De las islas del sur-oeste del Pacífico viene la segunda gran aportación en la expansión de éste cultivo, ya que al descubrirse caña de azúcar en las islas, se le trasladó a diversos países entre ellos los de América tropical.

Generalmente se asume que en Louisiana la variedad creole fue introducida por los misioneros Jesuitas en 1752, traído de Santo Domingo. En Nueva Orleans E.U.A. por primera vez se produjo azúcar en 1795 (13).

El gran desarrollo que ha tenido la agro-industria azucarera se le puede atribuir a los tres factores siguientes:

- a. migración del hombre hacia áreas o zonas tropicales,
- b. desarrollo de mejores técnicas en lo que a máquinas se refiere,

- para la extracción y fabricación del azúcar; y
- c. producción de las mejores variedades, basadas en mayor producción de azúcar y resistentes a enfermedades y ataques de plagas (13).

## 2. Clasificación

El género Saccharum, incluye plantas cultivadas y silvestres normalmente conocidas como caña de azúcar. Pertenece a la tribu Andropogoneae de la familia Gramineae. Actualmente el sistema de clasificación de la caña de azúcar presentado por Jeswiet es el más aceptado y usado por los técnicos azucareros de todas partes del mundo. En este sistema originalmente sólo se reconocían cuatro especies del género Saccharum pero a partir de 1928 después de la expedición Brandes-Jeswiet en Nueva Guinea se reconoció otra especie más. Actualmente, 1984, se tienen, según este sistema de clasificación, las siguientes especies del género Saccharum: S. officinarum, S. barberi, S. sinense, S. spontaneum y S. robustum. Además de las anteriores existen otras dos, S. edule y S. narenga que son dos especies de caña que para propósitos de producción de azúcar son de poca importancia; y que se usan actualmente sólo por algunos investigadores interesados en genética (13).

Desde el punto de vista taxonómico las especies de caña de azúcar cultivadas se pueden considerar como plantas individuales, ya que todas provienen de la propagación asexual de alguna plántula desarrollada o crecida a partir de una semilla. Además, casi todas las variedades son híbridas.

Algunos híbridos son plantas que actualmente están agrupadas en diferentes especies y existen otras que no se les conoce su origen. Lo mejor es quizás, aceptar el sistema antes mencionado para la clasificación por medio del cual se reconocen sólo ciertos tipos de cañas.

Entre los botánicos que han contribuido y que más han estudiado la clasificación y agrupación de las diferentes cañas de azúcar están: Barber, Earle, Jeswiet y Brandes. Cada uno de ellos ha trabajado en diferentes partes del mundo y ha contribuido de alguna manera a la organización de las diferentes especies de caña de azúcar. Barber, estudió en India las diferentes cañas y trató de agruparlas en distintos grupos según su morfología. Earle, trabajó en las Indias orientales y trató de asociar las cañas introducidas al hemisferio oeste con las de los mismos nombres de sus lugares de origen. Él llegó a la conclusión, que existían muchas variedades con el mismo nombre en diferentes partes de las Indias orientales; y que de hecho entre las cañas que habían salido del país para sembrarse en otros lados llevaban nombres confusos y sin relación a su origen. Jeswiet, en Java, tuvo la oportunidad de trabajar con la mayoría de cañas del mundo y logró la clasificación que se mencionó antes. El implemento de divisiones se basó en diferencias morfológicas y genéticas que consideró suficientes como para agruparlas en especies diferentes. Brandes y sus asociados, coleccionaron especies de todo el mundo y las sembraron bajo condiciones ecológicas donde ellos podían estudiarlas y compararlas (13).

Actualmente, basándose en varios estudios citológicos, muchos taxonomistas han tratado de clasificar las diferentes cañas de acuerdo con el

número de cromosomas. Estos estudios de citología han sido también de mucha importancia para los genetistas.

Lo cierto es, que la situación del número de cromosomas en el género Saccharum, es actualmente bastante compleja y muy confusa.

Basándose en estudios de variedades e híbridos se sabe que el número de cromosomas somáticos en plantas dentro del género Saccharum es de 48 o menos, hasta arriba de 150. Se asume que el número básico del grupo es de diez. Todas las variedades, especies o híbridos estudiadas a la fecha parecen ser poliploides o aneuploides. Las especies S. officinarum y S. robustum parecen ser octaploides ya que el número 80 se encuentra con facilidad, aunque para S. robustum se han reportado números de  $2N=60$  hexaploide hasta  $2N=120$ , siempre múltiplos del número básico o haploide 10 (13).

Al hacer cruces entre variedades con números diferentes de cromosomas origina normalmente un descendiente con un número mayor que ambos progenitores. Existen casos de cruces entre diferentes especies, donde en el núcleo del descendiente ( $F_1$ ) hay  $2N$  cromosomas de uno de los progenitores y  $N$  del otro. Hay otros casos con diferentes números de cromosomas en la progenie que en los progenitores, aunque en general no existe aún suficiente información para explicar definitivamente las combinaciones o cambios cromosómicos que se conoce que ocurren entre muchas variedades y especies cañeras.

Como se dijo anteriormente, existen cinco grupos de cañas de azúcar según el sistema de Jeswit. Este sistema se basa principalmente en las partes florales de la caña para su clasificación. Esto no quiere decir que se basa exclusivamente en este órgano ya que también se consideran las

otras partes vegetativas.

A continuación hay una breve descripción de los cinco grupos o especies del género Saccharum que considera Jeswit. (13).

a. Saccharum officinarum, ésta incluye las cañas nobles. En general son suaves, con tallos largos y gruesos, relativamente bajas en contenido de fibra y altas en contenido de sacarosa. Son las cañas que se consideran ideales o más apropiadas para la molienda, y por ende, son las responsables del desarrollo y crecimiento de la industria azucarera. Estas cañas normalmente son muy susceptibles a ataques de diversos tipos de hongos, insectos, virus, etc., así como susceptibles al acame. Actualmente, la mayoría de ellas no se pueden explotar satisfactoriamente en muchos países. En la espiga, la cuarta gluma es rudimentaria o no existente, diferenciándose con las espigas de otras especies. La mayoría de estas cañas presenta ochenta cromosomas (13).

b. Saccharum barberi; incluye las cañas conocidas comúnmente como caña de India. En general los tallos son duros, de diámetro reducido, con un contenido alto de fibra, y con un desarrollo radicular grande, extenso y vigoroso. Debido a su tamaño estas cañas han tenido muy poca aceptación en otros países, fuera de India. Por lo general, son inmunes a varias enfermedades y tolerantes a otras. El número de sus cromosomas varía de 82 a 124. (13).

c. Saccharum sinense; incluye todas las cañas conocidas como cañas chinas o cañas japonesas. Normalmente, los tallos son duros y de poco diámetro. Se usan generalmente para forraje, aunque algunas tienen un

contenido alto de sacarosa para molerlas y extraérsela. Su resistencia o tolerancia a diversas enfermedades es variable. Tienen desde 116 a 118 cromosomas somáticos (13).

d. Saccharum spontaneum; incluye todas las cañas de las islas del pacífico del sur, así como del sur y centro de Asia. Por el momento, esta especie incluye cañas que varían en hábito de crecimiento, tamaño, resistencia a bajas temperaturas y otras características. El número de cromosomas varía de 60 hasta 124. Muchos de los clones integrantes de este grupo se han usado ampliamente en programas de mejoramiento varietal aprovechando su resistencia a varias enfermedades (13).

e. Saccharum robustum; incluye un grupo de cañas que presentan varias características que lo diferencian de las demás. Los tallos son normalmente bastante gruesos y su contenido de sacarosa es bajo. La cuarta gluma de la espiga se presenta similar a la S. officinarum ya que es bastante reducida. Esta especie es originaria o se reconoció por primera vez en Nueva Guinea. El número cromosómico es de ochenta (13).

De estas cinco especies es de donde provienen las cañas que se cultivan en Guatemala actualmente. Son muy compatibles entre ellas, por lo que cruzarlas no presenta ningún problema. Ciertas características de algunas de ellas han sido útiles para que los genetistas logren mejorar este cultivo en muchos sentidos. El problema para los taxónomos es que el presente método de clasificación deja a las variedades actuales comerciales sin nombre ya que no hay como poderlas clasificar (13).

### 3. Programas de hibridización de la caña de azúcar

Los programas de mejoramiento varietal en los diversos países del mundo azucarero han tenido un gran impacto en la producción de azúcar. Estos programas han sido orientados en producir híbridos de gran rendimiento, tanto en peso como en sacarosa, así como resistentes o tolerantes a las principales enfermedades y plagas dañinas a la caña de azúcar. Ha sido un trabajo tanto de genetistas como de patólogos. Otro propósito importante que han seguido los fitomejoradores, es el de la adaptabilidad de las variedades a nuevos territorios con gran potencial como área azucarera (13).

Muchas de las variedades cultivadas actualmente son híbridos, por lo que sus caracteres se presentan en forma heterocigótica generalmente. Por esta razón, al desarrollar nuevas plantas a partir de semilla producto de reproducción sexual, existe una gran segregación de caracteres siendo la progenie siempre muy diferente a los padres. Para que una variedad sea realmente mejorada, debe de presentar una gran cantidad de caracteres deseables, y un mínimo de indeseables, pero esto aún no se ha conseguido frecuentemente (13).

Es bastante difícil para el fitomejorador de caña de azúcar, la tarea de desarrollar una variedad realmente superior. Para lograrlo tiene que contar con un enorme número de semillas, producto de la unión de gametos sexuales que normalmente se producen en la flor de la caña. Luego, debe de cuidar y observar cada nueva plántula para poder escoger entre

cientos de miles una o dos que llenen los requisitos requeridos para poder continuar con su reproducción asexual vegetativa (13).

Todos los países y estaciones experimentales productoras de variedades de caña mejoradas usan normalmente el mismo sistema para reconocer las nuevas plántulas. O sea, que el sistema de nomenclatura para plántulas en los diversos países y estaciones está generalizado y homogenizado. Normalmente, una nueva plántula o una nueva variedad lleva un código y un número de serie. El código es casi siempre, una abreviatura del país o estación, o la inicial mayúscula del nombre del país o de la estación. Por ejemplo, a continuación se citan algunos casos:

B . . . . .	Barbados
Co . . . . .	Coimbahre, India
L . . . . .	Louisiana, E.U.A.
C.P. . . . .	Canal Poin Florida , E.U.A.
Q . . . . .	Queensland, Australia
M y Maur . . . . .	Mauritius, Africa occidental
Tuc . . . . .	Tucunán, Argentina
P.R. . . . .	Puerto Rico
C . . . . .	Cuba
Mex . . . . .	México
H . . . . .	Hawaii , E.U.A.
Cl. . . . .	Clewston, Florida , E.U.A.
My. . . . .	Mayagüez , Puerto Rico

A veces se originan ciertas confusiones, ya que se presentan casos

donde una misma letra representa dos lugares diferentes, por ejemplo: M representa Mauritius y Mayagüez; B representa Barbados y Bouricius. El número de serie, también puede dar una idea de la fecha en que la variedad fue hibridizada en la estación experimental en particular, así como el número de la línea o plántula de la cual se reprodujo (13).

Hasta el año 1887, no se creía que la caña de azúcar fuese capaz de producir semillas viables. Hasta esa fecha solo se había propagado asexualmente. Actualmente, a nivel de explotaciones comerciales, la caña de azúcar se propaga asexualmente o sea por medios vegetativos, pero desde 1887 se ha propagado por semilla para propósitos de investigación. El mayor avance en la reproducción de caña de azúcar sexualmente, está en la hibridación que se ha logrado realizar; el cual es medido por la producción de variedades resistentes y/o tolerantes a la mayoría de las enfermedades, adaptabilidad a nuevos ecosistemas y con características agronómicas deseadas. Los primeros híbridos procedentes de cruces artificiales controlados, se obtuvieron en Java y fueron cruces de S. officinarum con las otras especies. A partir de entonces se siguieron dos líneas de cruces, los cruces con S. barberi y los cruces con S. spontaneum (13).

Entre las primeras hibridaciones efectuadas en Java fueron los de S. officinarum, procedentes de países tropicales y de S. barberi procedente de la India. Se obtuvieron cañas de mediano tamaño pero aún pequeñas para su utilización en la industria. Estas cañas mostraban resistencia a varias enfermedades, pero sobre todo a pudriciones de raíz debido al vigoroso sistema radicular heredado de S. barberi.

De estos cruces nació la variedad POJ 213 de la cual se desarrollaron

muchas nuevas variedades comerciales. Cruces con S. spontaneum dieron como resultado la caña POJ 2878 a la que se le atribuyen grandes alzas en rendimiento y sacarosa. Las cañas que pertenecen a S. spontaneum son totalmente inútiles para uso industrial pero presentan resistencia a muchas enfermedades y sistemas radiculares muy extensos y vigorosos (13).

Entre los problemas más serios que afrontan los genetistas para la producción de nuevos híbridos de caña de azúcar es el tamaño de la flor, ya que es muy pequeña. Por lo que, no se pueden usar flores como unidad y por lo tanto, es necesario utilizar toda la panícula, constituida por cientos de flores pequeñas. El uso de bolsas de plástico en la panícula no es una práctica que se puede realizar en la caña de azúcar ya que la polinización no se lleva a cabo en buena forma y muchas de las semillas normalmente no germinan (13).

En el campo es extremadamente difícil evitar que ocurra polinización entre las plantas, ya que el polen se disemina por las corrientes del viento; y prácticamente es imposible eliminar el polen de la flor normalmente. Por lo tanto se utilizan flores que tengan polen poco viable, pero aún así se obtiene cierto porcentaje de auto-fecundación. Actualmente, el hecho de que algunas variedades florecen a diferente tiempo que otras es lo que más dificulta los cruces entre ellas (13).

Los primeros trabajos que se realizaron con semilla sexual de variedades, consistían en recolectar las semillas de los campos y sembrarlas en otro lugar para estudio. Luego se hicieron los primeros cruces artificiales para ello se coloca una flor alrededor y por encima de la otra

para que hubiera polinización. Este método implicaba o necesitaba el cambio diario de la flor macho para tener una fuente de polen hasta que hubiera pasado el período en que las flores femeninas estuvieran receptoras. Unos años después se experimentó sembrando dos variedades juntas en lugar aislado y al tiempo de florear se amarraban las dos flores juntas hasta que pasaba el tiempo de polinización. Debido a que hay diferencias en épocas de floración de las distintas variedades de caña, el porcentaje de fecundación fue siempre bajo (13).

Una técnica que ha logrado ayudar a estos programas es la del uso de ácido sulfuroso para prolongar la vida de las flores tanto femeninas como las masculinas. Esta técnica funciona así: los tallos que entran a florear se cortan y la flor se sumerge en una solución de ácido sulfuroso (una mezcla de 150 ppm de  $SO_2$  y 85 ppm  $H_3PO_4$ ). La flor continúa su desarrollo normal y puede producir semillas viables. De esta manera se pueden usar flores inclusive de otros países y/o estaciones experimentales para hacer los cruces, manteniéndose las flores totalmente aisladas del polen de otras.

Otro método fácil y útil para realizar los cruces genéticos en distintos lugares aislados de otras fuentes de polen, es el de enraizamiento de nudos inferiores a la parte floral. Todo nudo de una caña se puede forzar a producir raíces si se mantiene entre en aserrín o cualquier material húmedo. Al haber indicios que habrá floración proximate se corta el tallo por debajo de donde se le forzó a producir raíces, de esta forma se puede mover la flor con sus raíces a invernaderos

adecuados para su cruce, en condiciones totalmente controladas (13).

Otro método de cruces artificiales que se usa actualmente es el de formar grupos de variedades que son pistiladas (masculinas estériles) y que sean polinizadas por grupos de flores con polen fértil. De ésta manera un grupo de buenas variedades es polinizada por otro grupo selecto de buenas variedades logrando así un mayor número de combinaciones de donde puede salir una variedad mejorada. Este método es similar al de polinización abierta al campo, pero con la diferencia que se usan grupos de variedades selectas.

Después de haber efectuado la polinización viene otro aspecto difícil que es la siembra para estudios posteriores de cada una de las variedades producidas. En el pasado se sembraba cada semilla individualmente, lo que implicaba gran área, mucho trabajo y un excesivo costo en el manejo. Actualmente, se siembran en grupos de 10 semillas asumiendo que las débiles no sobrevivirán y/o que se pueda hacer una selección durante su desarrollo para no tener el gasto de mantenimiento de plantas que nunca darán resultados satisfactorios.

Como se mencionó con anterioridad la limitante hasta ahora, es lograr algún método para que todas las plantas florescan al mismo tiempo.

Las limitantes en la producción de nuevas variedades hoy en día, es el hecho de que es más difícil cada vez obtener una mejor variedad de las que actualmente se cultivan comercialmente. Por lo tanto, se tienen que usar cientos de miles de plántulas provenientes de cruces sexuales, para obtener quizás una o dos de ellas con características me-

jores que las de sus progenitores. En conclusión, las metas de los fitomejoradores son:

- a. producción de variedades de caña que se adapten a climas específicos y a sistemas de cosecha especiales para cada localidad;
- b. cañas que den suficiente sombra al suelo o con cierre rápido para impedir o dificultar el desarrollo de malezas;
- c. cañas con contenidos adecuados de sacarosa, que a la vez sean resistentes a plagas y enfermedades, con un alto rendimiento por hectárea y
- d. con características agronómicas adecuadas (13).

#### 4. Variedades de caña de azúcar

Para lograr entender los problemas asociados con las enfermedades de la caña de azúcar es importante tener un conocimiento de las variedades susceptibles a ciertas enfermedades que han sido totalmente reemplazadas por nuevos cultivares con características de mayor resistencia. En general, la utilidad de una variedad está dada por su resistencia a las enfermedades específicas del área donde se piensa sembrar.

Por propósitos de conveniencia, se han dividido las variedades en dos grupos: el grupo de variedades tradicionales conocidas por diferentes nombres, y las variedades más recientes clasificadas con letras y números procedente de semilla sexual desarrollada bajo condiciones controladas. El origen de las cañas en ambos grupos es el mismo, ya que las cañas antiguas también podían propagarse sexualmente siempre y cuando la semilla estuviese en condiciones adecuadas (13).

Existen problemas con las variedades antiguas que no se presentan

con las nuevas, ya que las variedades antiguas al ser introducidas a diferentes países y/o localidades se les cambiaba el nombre, por el contrario las variedades nuevas por lo regular mantienen su nomenclatura del país de origen.

Se hace énfasis que las variedades antiguas son las responsables del desarrollo de la agro-industria azucarera, ya que sus características de buenas productoras son las que se han tratado de introducir en las variedades nuevas. A continuación hay una descripción de las variedades antiguas y nuevas más importantes:

a. Bourbon; Otaheite, Lahaina, Caña Blanca u otros nombres. Esta es una de las más importantes, ya que por muchos años jugó un papel importantísimo en el desarrollo de la industria azucarera. En muchos países del hemisferio oeste ésta fue la variedad que inició, y en muchos casos solidificó, el cultivo comercial en gran escala de la caña de azúcar. Tiene excelentes características de rendimiento, tanto de toneladas de caña por área sembrada así como de kilogramos de azúcar por tonelada. Se introdujo en Hawaii en 1854, y durante los siguientes cincuenta años fue la que predominó en el área. Esta caña es conocida por su inhabilidad en soportar condiciones adversas y es además susceptible a muchas enfermedades. Por estas razones su cultivo ha disminuido, y se ha utilizado en los programas de hibridación para su mejoramiento (13).

b. Creole. Esta es una caña que durante muchos años se cultivó en Asia y en los países al sur del Mediterráneo. No obstante su valor histórico, esta caña actualmente no se utiliza (13).

c. Cheribon. Louisiana Purple, morada y otros nombres. Este nombre que se le asignó se refiere a un distrito de Java. También hay diferencias en nombre ya que se conocen cañas como "Light Cheribon" y "Black Cheribon". Esta variedad es la que se usó extensamente en Java en el desarrollo de las ahora conocidas variedades POJ. Se introdujo a Louisiana en 1821 y 1822 y durante muchos años fue la más importante de las variedades de uso comercial en ese estado. Esta caña también presenta susceptibilidad a muchas enfermedades por lo que se le ha descartado para uso comercial, pero se utiliza en los trabajos de hibridación (13).

d. Louisiana Striped. Striped Preanger, Mexican Striped, Rayada, Ribbon y otros nombres. A esta caña se le caracteriza por las bandas blancas y rojas que se presentan alternamente, en los entrenudos. Esta variedad es más grande y suave que la Louisiana Purple y se usó más o menos en el mismo período y mismas áreas que ésta. Por su susceptibilidad a diversas enfermedades también fue eliminada (13).

e. Cristalina. Light Preanger, White Transparent, Rose Bamboo, La Pice, Palfrey y otros nombres. Hasta hace poco ésta fue la variedad más importante en muchos países. En Cuba y en República Dominicana fue la principal caña durante mucho tiempo. Actualmente ha sido sustituida por cañas con mayor resistencia a enfermedades, pero aún se cultiva. Esta es una caña grande con buen hábito de amacollamiento que se adapta bien a diferentes tipos de suelos y que se desarrolla satisfactoriamente aún en condiciones adversas (13).

f. Yellow Caledonia. Malabar, White Tanna, Yellow Bamboo. Esta es una de las cañas viejas nobles que durante mucho tiempo se cultivó

en Australia y Hawaii. Es bastante tolerante a condiciones adversas y a ciertas pudriciones de la raíz. Durante 1920 y 1925 fue la caña que más se cultivó en Hawaii. Se ha sustituido actualmente por variedades mejoradas (13).

g. Badila. NG 15. Esta variedad fue introducida en Queensland en 1906, de Nueva Guinea. Actualmente se cultiva comercialmente en las Filipinas, Queensland y las Islas Fiji. Es una caña de maduración temprana, de alto contenido de azúcar con entrenudos cortos. Aparentemente su óptimo desarrollo se da en suelos aluviales fértiles. Es tolerante o resistente a muchas enfermedades fungosas por lo que es de mucha importancia en áreas donde estas enfermedades están diseminadas (13).

h. Chunnee. Esta caña ha sido cultivada en la India durante mucho tiempo y de acuerdo con la clasificación de Jeswiet pertenece a una especie de S. barberi.

Es una caña pequeña con alto porcentaje de fibra y con bajo contenido de azúcar. Su importancia está en que se ha usado en los programas de hibridación, ya que tiene un desarrollo radicular muy vigoroso, que le da características de resistencia a muchas enfermedades de la raíz, así como adaptabilidad a diferentes condiciones del suelo. Esta caña es susceptible al mosaico, característica que es transmisible a su progenie, por lo que es una gran desventaja que tiene (13).

i. Uba. Esta variedad pertenece al grupo de S. sinense. Es una caña pequeña con alto porcentaje de fibra, muy resistente a problemas de la raíz y adaptable a condiciones pobres del suelo. Se ha usado comer-

cialmente en muchos países pero se le está sustituyendo por variedades mejoradas (13).

j. Kassoer. Esta caña se asume que es un híbrido natural de Black Cheribon y la línea de Java de S. spontaneum. Es una caña grande con buen desarrollo radicular pero con bajo contenido de azúcar. Su importancia está en que se ha usado mucho en trabajos de hibridación. De ella han salido muchas de las POJ, importantes actualmente (13).

## B. El Carbón de la caña de azúcar

### 1. Historia y distribución

La enfermedad del carbón fue uno de los primeros problemas de la caña de azúcar al ser reconocido científicamente. Se mencionó por primera vez en Natal, Africa del Sur en 1877, identificado el organismo causante, como Ustilago sacchari y posteriormente se reclasificó como Ustilago scitaminea.

En Natal, la enfermedad atacó la variedad de caña conocida como "caña china" que fue completamente destruida por este hongo. Con la destrucción de esta variedad susceptible, el hongo aparentemente desapareció y fue vuelto a encontrar hasta 60 años después (1945). Sin embargo, anteriormente ya había sido reportado en Java en 1881, en Filipinas en 1908, en Mauricio en 1915. En la entonces Africa Portuguesa del este fue hallado desde 1910 y se reportaron serios ataques en 1931 y 1946.

En América el primer informe se hizo en 1940 en Argentina y para

1943 hubo reportes de daños severos en Tucumán. Luego se notificó de Paraguay en 1944, en Brasil en 1948 y en Bolivia en 1956. En 1974 la enfermedad fué detectada en Guyana, en 1976 en Trinidad-Tobago y en Jamaica. En 1977 aparece en Guadalupe, Estados Unidos de América, Belice, Venezuela, St. Kitts y en Cuba. Para 1979 se había diseminado por Honduras, Nicaragua, Barbados y Colombia. En 1980 se obtuvieron los primeros brotes de Carbón en El Salvador, Panamá, México y Haití. Finalmente en 1981 el Carbón de la caña de azúcar aparece por vez primera en Costa Rica y Guatemala (9, 15 y 18).

## 2. Descripción de los síntomas de la enfermedad

El síntoma característico de la enfermedad es la presencia de una estructura en forma de látigo, que adoptan las terminales o los meristemos apicales de los tallos infectados. Este látigo puede tener desde pocos centímetros hasta más de un metro de largo y llega a adquirir un grosor o diámetro de 0.8 cm. El látigo está constituido por un centro parenquimatoso con tejido fibrovascular rodeado de teleosporas, las que a su vez están cubiertas por una membrana plateada que al romperse son liberadas al ambiente. La diseminación de las esporas se lleva a cabo principalmente por el viento quedando solo el centro parenquimatoso. Al producirse esta rotura de la membrana, queda expuesta una espesa capa de una masa polvorienta de esporas color pardo oscuro que le da al carbón este nombre Fig. 1.

La aparición del látigo en variedades susceptibles, depende en gran medida de el número de hojas que lo rodean y lo envuelven. Normal-

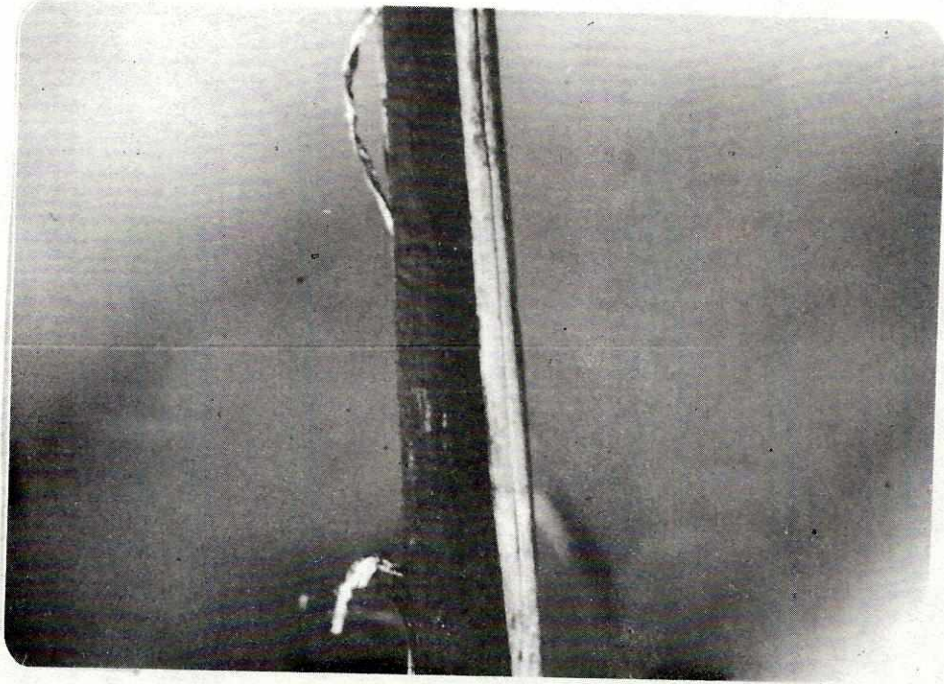
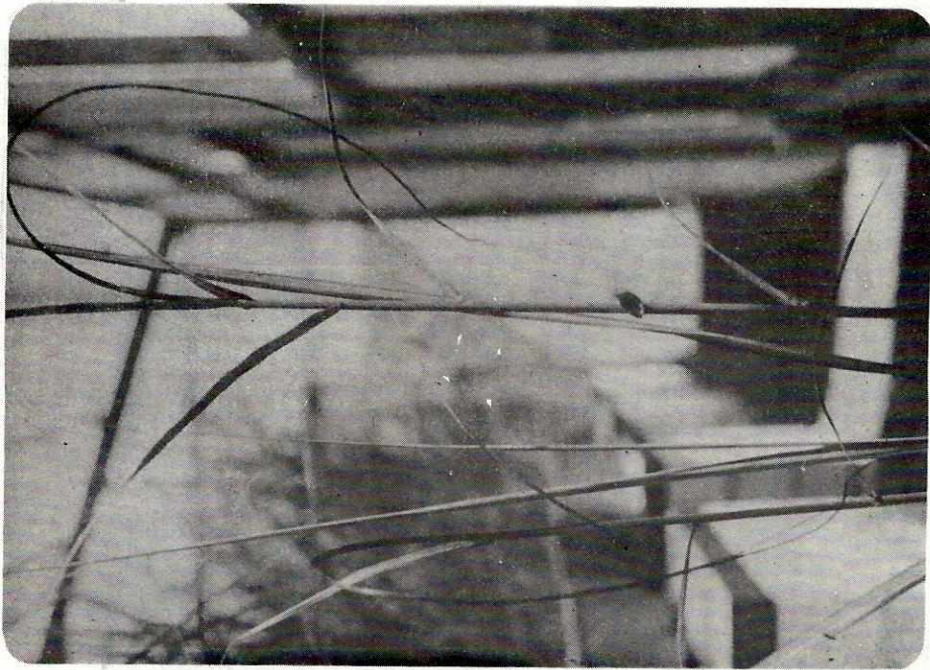


Fig 1. Síntomas característicos de la presencia de Ustilago. a) Estructura en forma de látigo que adoptan los terminales de los tallos infectados. b) Látigo constituido por el centro parenquimatoso, rodeado de teliosporas y una membrana plateada.

mente a los 80 días de haberse producido la infección, se observan los primeros látigos en el campo.

La aparición del látigo también depende de la velocidad con que se desarrolla la planta. El período de crecimiento del látigo es de aproximadamente tres meses y durante este tiempo las matas enfermas pueden aumentar su altura de 1.5 ó 2.0 metros más que las matas sanas. De este modo es que casi siempre los látigos están a mayor altura que el resto de los tallos de las plantas pudiendo así diseminarse la enfermedad con mayor facilidad. En épocas de mucha precipitación la masa de esporas que rodea al centro parenquimatoso puede ser lavada presentando entonces como síntoma solo el centro del látigo.

Aún no se ha logrado determinar con firmeza y claridad la naturaleza de lo que es el látigo, pero hay teorías que dicen que el centro parenquimatoso es una inflorescencia modificada. En lo que se refiere a la cubierta color gris plateada que rodea la masa de esporas se han encontrado fragmentos funcionales de hojas por lo que hay sospecha de que el látigo pueda ser una hoja modificada.

Otro síntoma característico de esta enfermedad es un ahijamiento o amacollamiento excesivo. Esto es normalmente producto de infecciones de brotes secundarios.

Estos nuevos brotes tienen una característica zacatosa, son delgados, con hojas angostas y más rígidas, los entrenudos son más largos y muchas veces terminan con nuevos látigos. Los brotes zacatosos nunca alcanzan tamaño industrial, ni llegan a ser tallos aprovechables. Nor-

malmente las yemas infectadas por el hongo tienden a hincharse y a desarrollarse antes que las normales, y producen tallos aéreos con carbón. A esto se le conoce comunmente como lalas con carbón.

Al estar infectada la yema terminal del tallo se produce el látigo, esto crea un estímulo para que broten las yemas inferiores, con la capacidad de producir más látigos. Este estímulo se debe, posiblemente, a una rotura de la dominancia apical con subsecuente estímulo a brotar para lograr nuevamente competencia por esta dominancia.

En el caso de que se emplee semilla infectada, la incidencia de la enfermedad será mucho más elevada. En este caso la sintomatología que se presenta es tanto de látigos como de amacollamiento excesivo.

La aparición de los látigos cambia según la variedad de caña, de la época del año y de la intensidad de infección. En pruebas hechas con el método de inmersión pueden aparecer los látigos seis semanas después de la inoculación. Normalmente los látigos aparecen antes de los seis meses de edad de la caña. A medida que la caña madura se vuelve más tolerante a la infección (3, 9, 12, 15, 38, 40 y 42).

### 3. Descripción del organismo causante.

a. Estructura somática. El hongo Ustilago scitaminea pertenece a la clase Basidiomicetos, a la subclase Heterobasidiomicetos, al orden Ustilaginales y a la familia Ustilaginaceae. Es un parásito del tejido meristemático joven y un saprófito facultativo. Penetra al hospedero

exclusivamente através de la parte inferior de la yema, por debajo de la escama.

Al contrario, de otros muchos hongos parásitos, el Ustilago scitaminea no desarrolla un micelio muy profuso dentro del hospedero. Las hifas son septadas dicarióticas y presentan haustorios, Fig 2 (2 y 6).

b. Reproducción asexual. Al llegar la etapa de esporulación, el micelio binucleado está compuesto de una masa de hifas formadas por numerosas células cortas. La teleutospora se forma a partir del protoplasma al sufrir éste una serie de segregaciones y forma una gruesa pared a su alrededor. La teleutospora queda independiente, pero constituida dentro de un soro.

Durante la maduración de las teleutosporas hay una cariogamia o divisiones rápidas del núcleo con subsiguientes fusiones por pares a modo que al madurar éstas son unicelulares y diploides. Estas teleutosporas, al estar maduras germinan dando origen a un promicelio que se divide transversalmente en tres o cuatro células, cada una de las cuales es capaz de producir basidiosporas.

El promicelio genera directamente dos hifas infecciosas que son casi invariablemente producidas por las células basales y que penetran e infectan al hospedero directamente.

En el campo raramente se producen las condiciones óptimas por más de ocho horas, y es por eso que el promicelio debe de germinar y evolucionar hasta convertirse en filamentos infecciosos, en un período corto



Fig 2. Esporas típicas de Ustilago scitaminea con un diámetro de 5.5 a 7.5 micras, de color pardo y epispora delgada con puntitos pequeños.

Las temperaturas bajas de  $10^{\circ}$  a  $14^{\circ}$  C favorecen la germinación indirecta, en la cual las esporas producen unos cuantos esporidios pequeños. En temperaturas superiores a las mencionadas se observa la germinación directa o hifal (1, 10, 15 y 17).

c. Condiciones para la germinación de esporas. Diversos investigadores han planteado dos temperaturas óptimas para la germinación de esporas, una que favorece la producción de esporidios y otra la formación de tubos germinales.

Para el primer caso lo óptimo, bastante amplio está de  $15^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  C; para el segundo la temperatura es bastante reducida. En este caso, la formación de los tubos germinales es a  $31^{\circ}$  C según algunos autores y según otros el óptimo oscila entre  $25^{\circ}$  y  $31^{\circ}$  C. La humedad relativa debe ser arriba de 80% para favorecer el desarrollo del patógeno (15 y 17).

d. Razas del patógeno. Por un proceso conocido como parasexualismo ocurren recombinaciones genéticas que dan como resultado diferentes razas en el mismo patógeno. Este proceso ocurre cuando hay fusión de los dos núcleos dentro de una célula dicariótica. Esto resulta en un núcleo diploide. Durante subsiguientes divisiones ocurre entrecruzamiento en algunas de las divisiones mitóticas que intercambian material genético y lo recombinan. Cuando de nuevo el núcleo se divide en dos núcleos haploides dan como resultado dos individuos distintos al original (1 y 2).

Sydow (37) proporcionó las medidas de la espora del U. scitaminea como 5.5 a 7.5 micras de diámetro. También describió una forma similar de Saccharum fuscum proveniente de Assam, como esporas menores, de 3.5 a 5 micras de diámetro y que llamó U. consimilis. También reconoció un tercer hongo de carbón que ataca al género Saccharum y cuyas esporas tienen un tamaño intermedio.

Mundlaur (33) estudio 73 colecciones de carbones de la caña de azúcar de la India, Filipinas, China, Java, Natal, Burma y Mauricio y dividió el carbón en dos especies y dos variedades, siendo las siguientes formas:

- i. U. consimilia Sydow. Espora color castaño, espispora gruesa de superficie lisa, de 3.5 a 6 micras (promedio 5 micras) de diámetro; ataca a Sclerostacha fusca (Saccharum fuscum Rox 6) y a Saccharum spontaneum.
- ii. U. scitaminea Sydow. Esporas pardas, espispora delgada con puntos pequeños, de 5.5 a 9.5 micras (promedio 7.5 micras) de diámetro; ataca a S. officinarum y a S. barberi.
- iii. U. scitaminea var. sacchari-barberi Mundkur. Esporas pardas, espispora gruesa con pequeñas verrugas, de 5 a 8 micras (promedio 6.5 micras) de diámetro; ataca a S. barberi, a S. officinarum y a S. spontaneum.
- iv. U. scitaminea var. sacchari-officinarum Mundkur. Esporas pardas Vandyke, espispora de grosor medio toscamente equinulada de 6.5 a

11 micras (promedio 8.5 micras) de diámetro; ataca a S. officinarum.

Hirschhorn (16) de Argentina, ha examinado diversos caracteres morfológicos de 300 especímenes y dividió el material en seis grupos que son distinguidos por los siguientes aspectos:

- i. Castaños a grisáceo, globoso a subgloboso 5 a 7.5 micras de diámetro con una membrana algo verrugosa.
- ii. Castaños a dorado rojizo, globoso, subgloboso o elíptico 4 a 7.5 micras de diámetro con una membrana casi lisa o escasamente punteada 1 a 3 micras de grosor.
- iii. Rojizo-dorado o casi negro, muy lustroso, irregular 5 a 7.5 micras de diámetro con una membrana pequeña o escasamente punteada, 3 micras de grosor.
- iv. Color de limón, globoso, 4 a 5 micras de diámetro, con una membrana altamente erizada.
- v. Este grupo se caracteriza por dos tipos de clamidosporas: (a) dorado a grisáceo, globoso, 11 micras de diámetro con una membrana tenue, conspicuamente erizada y (b) dorado globoso o irregular, 5 a 6 micras de diámetro, con una membrana casi lisa.

Fawcett (14) encontró una fluctuación considerable en el tamaño de las esporas adheridas al apéndice después de la caída de la mayoría y observó que a pesar de que las dimensiones de las esporas de carbón eran menores a las proporcionadas por Mundkur y Thirumalachar, no había se

mejanza suficiente, incluyendo el factor de color, para identificar la forma Argentina con Sacchari officinarum.

En India, Muhammed (32) recolectó material proveniente de Lyallupur, Sargoda y Tandojam y lo dividió en cinco distintas razas patógenas con diferentes respuestas a temperaturas entre 25 y 32°C, pH 3.5 a 6.2 y con diferentes áreas, presentaban variaciones en la germinación en medios nutrientes. Lambat (25) estudió 25 aislamientos: el color iba del amarillo al pardo con una variación sin continuidad en el tamaño de las esporas, que permitió su clasificación en cuatro grupos.

Leu (29 y 30) descubrió dos razas en Taiwán, cada una atacando específicamente a las variedades de caña NCO 310 y a R 134, de tal forma que la susceptibilidad o resistencia de una de estas variedades se puede utilizar como referencia para hacer la diferenciación entre estas dos razas. Chen encontró cuatro clases de carbón en Taiwán, según Leu (29).

Varios investigadores han descubierto que la susceptibilidad de las variedades de caña, cambia en áreas ecológicas diferentes. Esto puede deberse a las razas patógenas de los hongos, a las distintas variedades con localización, o a la variación en la técnica de inoculación. Por ejemplo: la CB 45-3 es resistente en Sudáfrica pero susceptible en Brasil; la NCO 376 es resistente en Hawaii, Alto Volta y Kenia, pero es susceptible en Rodesia y Madagascar y, la NCO 310 es resistente en Kenia pero susceptible en Brasil, Rodesia y Hawaii, (1, 10 y 16).

No ha quedado perfectamente establecido si hay o no alguna relación entre las características morfológicas de las esporas y las razas patóge

nas. Algunas variedades mantienen su resistencia en diversas áreas, como en el caso de B 41-227 (27 y 30).

#### 4. Importancia económica de la enfermedad

a. Daños directos. El rendimiento en peso de los cañales afectados baja considerablemente con la enfermedad, debido a la disminución del diámetro de los entrenudos de cada variedad de caña según susceptibilidad. El carbón también provoca una marcada disminución de sacarosa en los entrenudos del tallo y un notable incremento en el porcentaje de fibra. De esta manera la extracción de azúcar se complica. Los reportes de diferentes países son variados, en algunos casos han ocurrido ataques del hongo lo suficientemente severos lo cual causa serias pérdidas económicas. En otros, ha sido una enfermedad de poca importancia o de poco impacto económico.

En países donde el ataque de la enfermedad ha sido severo, la mayoría de veces, la pérdida casi total de los cañales, se recupera rápidamente al adoptarse e introducir variedades resistentes.

La gravedad de la enfermedad radica en tres factores importantes:

- i. Infección primaria o secundaria;
- ii. Ciclo del cultivo si es plantilla o soca;
- iii. La época de la infección, si es a principios o a final de la temporada.

Las pérdidas más severas e incluso totales se le atribuyen a la siembra de esquejes o semilla asexual infectada. Las infecciones que se de-

rivan del suelo con teleutosporas son severas, pero menores que en el caso de siembra con esquejes infectados (20, 21, 22 y 24).

Según Geplacea (15), Khana evaluó veintisiete variedades de caña y obtuvo, entre otros, los siguientes resultados; veintidos sufrieron más de un 60% de pérdida de peso. Diez de las veintisiete mostraron una pérdida total del azúcar recuperable entre 80 y 90% y en cuatro variedades fue superior al 90%. En Guyana se han reportado campos con pérdidas totales del 80%.

b. Daños o pérdidas indirectas. Este problema puede ser mayor que los obtenidos en pérdidas directas. Las indirectas provienen mayormente de dos fuentes.

La primera es una baja sustancial en el rendimiento, tanto de peso como de azúcar, al usar cañas resistentes, pero con características agroindustriales bastante desfavorables, comparadas con la caña susceptible que se reemplazó.

La otra fuente es el gasto que ocasiona el rastreo de cañales para determinar infección, la destrucción de sepas y de látigos que hay dentro de los campos, la renovación de cañales, y otros trabajos de reemplazo varietal (20, 24).

##### 5. Formas de transmisión de la enfermedad

a. Dispersión de esporas. La producción máxima normal de esporas de un látigo es de aproximadamente diez billones durante su período de desarrollo. Esta cantidad de esporas se pueden liberar al ambiente, en condiciones óptimas, en un período de un día, a día y medio.

En épocas de sequía a temperaturas entre 22° y 24°C con humedad relativa de 50 a 60%, las esporas pueden ser liberadas y transportadas fácilmente por el viento. En épocas lluviosas o de mucha humedad más del 50% de esporas se adhiere al centro parenquimatoso del látigo formando una masa bastante compacta. La dispersión se lleva a cabo casi exclusivamente por el viento. Según estudios, la dispersión de esporas puede tener un alcance de diseminación de 20 a 40 metros de su lugar de origen.

En condiciones normales de población de caña, la deposición puede llegar a ser de mil esporas por centímetro cuadrado en el follaje, a una distancia de diez metros del lado del cultivo donde sopla el viento. Bajo estas mismas condiciones normales muy pocas llegan al suelo. El millar tiene una viabilidad promedio de 80%, al ser depositadas en el follaje.

Diversos autores han reportado altas concentraciones de esporas, las que pueden llegar hasta diez millones por yema. Esta concentración alta se debe a que las esporas que son depositadas en las hojas son lavadas hasta la yema en la axila de la hoja. La viabilidad de ellas en la yema, baja hasta un 10 o 20%, probablemente debido a que las condiciones en la axila no son óptimas para su desarrollo (12, 15, 31).

b. Viabilidad de las esporas. Cuando las esporas se encuentran en el suelo en condiciones húmedas, pueden germinar en 48 horas; no así en un medio seco donde pueden permanecer viables hasta 210 días. Como promedio, en condiciones normales, las esporas mantendrán su viabilidad durante unos cuatro meses.

Existen actualmente varios estudios cuyos resultados son contradictorios referentes a los períodos de viabilidad bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura. Lo que sí es concluyente, es que la viabilidad está directamente relacionada con las condiciones de temperatura, ya que todos los estudios que se relacionan con este tema han sido efectuados en diferentes países y estaciones experimentales (15 y 23).

Por ejemplo James (23) estudió la interrelación entre la temperatura y el contenido de humedad del suelo y encontró que en suelo seco las esporas podían matener su viabilidad durante un lapso de 16 a 32 días a 16°C y durante 64 días a 26°C; mientras que en suelo húmedo, esta viabilidad se conservó de 4 a 8 días a 16°C y durante 16 días a 26°C.

Leu (28) encontró que si las esporas se almacenan en un medio seco, la germinación no disminuía un año después de la recolección. En condiciones de bajas temperaturas, observó un 95% de germinación después de 4 años y en condiciones húmedas no hubo germinación después de 15 días.

En general muchos investigadores coinciden de algún modo en que bajo condiciones secas las esporas no germinan, pero mantienen su viabilidad; por el contrario, bajo condiciones húmedas si existe una buena germinación (12, 15 y 31).

## 6. Formas de infección del patógeno

a. Formas de Infección. Bajo condiciones naturales la entrada del patógeno al hospedero se lleva acabo entre seis y treinta y seis horas después de la deposición de las teleutosporas en la yema. La hifa infect

ciosa sólo coloniza al haber penetrado al meristemo de la yema, aunque para esto haya tenido que pasar las células foliares de las escamas que rodean la yema.

A nivel experimental se puede producir infección en cualquiera de las siguientes formas, según la manera de depositar las teleutosporas teliosporas.

- i. Aplicadas al final de los cortes, en los esquejes;
- ii. Atomizadas o espolvoreadas en las yemas al momento de sembrar;
- iii. Mezcladas en el suelo antes de sembrar;
- iv. Disueltas en una solución de agua y sumergiendo los trozos o esquejes de semilla;
- v. Inoculadas en el meristemo apical de crecimiento;
- vi. Aplicadas a yemas jóvenes de caña en pie; e
- vii. Introducidas en heridas de la base de los brotes, heridas alrededor de las yemas o en raíces dañadas mecánicamente.

En campos comerciales la enfermedad del Carbón se propaga de la siguiente forma:

- i. Siembra de semilla asexual infectada con Carbón, o sea esquejes proveniente de tallos enfermos;
- ii. Esporas adheridas a la superficie de las yemas de los esquejes al momento de sembrar;
- iii. Infección, por un suelo contaminado con esporas, que al emerger los tallos o aún estando por debajo de la superficie, ocurre una relación patógeno-hospedante;

- iv. Infección de las yemas de cañas en pie; y
- v. Brotes de socas previamente infectadas con el hongo.

La infección primaria es cuando hay infección de yemas en los nudos de tallos en pie. Esta se lleva a cabo cuando hay una concentración adecuada del inóculo, humedad, temperatura y variedades de caña susceptibles. Bajo estas condiciones la espora germina y forma promicelios, donde se producen los filamentos infecciosos, los cuales sirven para penetrar al hospedero através de la parte inferior de la yema bajo las escamas. Una vez que haya deposición, germinación y penetración, se establece en el área meristemática de la yema un período de latencia y difusión hasta la observación de síntomas.

Normalmente, hay una formación de apresorios únicamente en las escamas interiores de las yemas más jóvenes y sobre tejido con epidermis no diferenciada. Esto ocurre particularmente en los meristemas basales de las yemas en germinación. Conforme el tejido de la epidermis se va diferenciando hay una disminución considerable en la formación de apresorios; hasta el punto en que en regiones diferentes no se aprecia la presencia de ellos. Es posible que el estímulo necesario para la formación de apresorios sean las sustancias segregadas o producidas en las superficies de tejidos meristemáticos.

Tanto el tipo de germinación de las esporas, como la proporción de crecimiento del tubo germinal de las mismas del Carbón, se ven afectados por la edad del tejido sobre el que germinan.

Conforme se desarrolla el tallo de la planta, el micelio del patógeno

se mantiene a la par de la región meristemática, dejando atrás de cada primordio, sacos individuales de micelio. Los primordios se convertirán posteriormente en yemas nodales que ya estarán infectadas por el saco individual de micelio.

Por esta condición, es que se considera que la infección del Carbón es sistémica, aún cuando no hay presencia de micelio en el entremudo, ya que todas las yemas de los nudos cuentan con sacos individuales de micelio. De esta manera, cualquier brote producido a partir de estos primordios será afectado por el hongo.

La infección secundaria se refiere a la enfermedad en los brotes individuales e independientes, de una planta en retoño procedente de un progenitor sano. Los brotes se llegan a infectar por inóculo presente en el suelo en donde está desarrollándose la nueva planta (8, 11 y 35).

b. Condiciones para la infección.

i. Yema. Conforme transcurre el tiempo, hay una marcada disminución de la susceptibilidad aún en las variedades altamente susceptibles. Esto se debe, a que la enfermedad es más severa cuando la inoculación ocurre en yemas germinadas, y no en las yemas latentes. En éstas existen áreas con epidermis no diferenciada susceptible a la penetración del patógeno. Existe en el centro de la yema, una zona, bastante extensa conocida como zona de transición, la cual es también susceptible a la infección. Estas zonas de transición, se incrementan en el momento de la germinación y particularmente en variedades con germinación rápida. El aumento de susceptibilidad de las yemas en desarrollo, está asociado tanto

con el hinchamiento de la yema, que facilita el acceso de las esporas para penetrar por las escamas, como con la expansión del área dentro de la yema, que puede ser una avenida de penetración para las hifas infecciosas provenientes de esporas en germinación.

ii. Clima. Bajo condiciones adecuadas de humedad las esporas germinan relativamente rápido, mientras que en condiciones secas las esporas pueden mantenerse inactivas, pero viables, por muchos meses. Durante épocas secas pueden ocurrir grandes acumulaciones de esporas en el suelo. Al haber humedad suficiente, las esporas germinarán infectando mayormente los brotes de las plántulas que en ese momento están emergiendo del suelo y con menor éxito en los brotes desarrollados que ya son caña en pie. Bajo condiciones normales en épocas semi-húmedas o semi-secas, las esporas germinan poco tiempo después de caer al suelo infectando los brotes en desarrollo. Hay dos períodos críticos de susceptibilidad o de iniciación o desarrollo del Carbón. El primero se inicia desde el momento de la siembra hasta aproximadamente seis semanas después, ya que durante este período se desarrollan las yemas las cuales son altamente susceptibles dentro del suelo. El segundo período crítico es cuando aparecen los primeros látigos de la caña plantada, ya sea por infección de las yemas en desarrollo o porque la semilla estuviese ya infectada. Durante este período la frecuencia y distribución de la lluvia tendrá una gran ingerencia en el grado de severidad de la enfermedad. En cuanto a las condiciones climáticas ideales, a continuación se exponen las experiencias de algunos investigadores.

Durairaj encontró incidencia más severa del Carbón cuando la tempe-

ratura máxima ambiental estaba arriba de 34°C con lluvia moderada.

Waller encontró que la incidencia aumentó con riego en climas cálidos. Otros autores han visto elevadas incidencias de la enfermedad en condiciones de elevadas temperaturas y baja humedad relativa y lluvias escasas (12, 15, 18, 31 y 42).

## 7. Medidas de control

a. Resistencias varietal. La teleutospora del Ustilago scitaminea tiene que llegar a las áreas meristemáticas internas de las yemas de la caña de azúcar, antes de que se efectúe su desarrollo e infección. El inóculo en estas áreas de la yema posiblemente vence cualquier otro tipo de resistencia, como la fisiológica de la planta. En otras palabras, una de las principales maneras de resistir el ataque del U. scitaminea es impedir su llegada a éstos puntos o áreas.

Varias de las características morfológicas y de crecimiento de las variedades de caña están directamente relacionadas con la resistencia al Carbón; ya que algunas características pueden afectar directamente la entrada de esporas debajo de las escamas. Dos de estas características son: i) la presencia de un reborde o surco en la yema y ii) el tipo de germinación.

Waller dice que en variedades de caña de yemas pequeñas, que tienen germinación dorsal, un reborde, sin surco en la yema, con proporción baja de desarrollo o crecimiento inicial, son más resistentes al Carbón (15).

Ciertas características asociadas con la resistencia, son: el tamaño de la yema y si la forma de ésta es alterada por el ambiente pueden dar diferencias en resistencia según el ecosistema. Otros investigadores aseguran que el mecanismo de defensa es de tipo bioquímico dentro del huésped y no de tipo mecánico (4, 5, 11, 19, 25, 26, 36, 39, 40, 43 y 44).

b. Extirpación de tallos infectados. La técnica de eliminar sistemáticamente los tallos y los látigos conforme aparecen en las plantas ha sido una práctica realizada en muchos lugares. Esta técnica consiste simplemente en la eliminación cuidadosa de toda la cepa con tallos atacados por el Carbón. Esta labor se debe de realizar cuando los látigos están aún dentro de su membrana para evitar una dispersión de las esporas. Tanto las cepas como los látigos se deben de colocar en agua hirviendo durante quince minutos o quemarlos en sitios contiguos a los cañales. Esta práctica es satisfactoria sólo en casos donde la incidencia de la enfermedad es baja.

La extirpación de tallos enfermos estimula a la planta a producir más retoños existiendo así la posibilidad de que el cultivo pueda lograr recuperar su máximo. Esto sucede sólo en el caso de que la semilla empleada sea de excelente calidad y sin infección previa. En el caso de aplicar la técnica de extirpación en plantaciones donde se usó semilla infectada, el corte de tallos enfermos estimula a la planta a producir más tallos, pero todos ellos con Carbón.

Se pueden considerar los cultivares con infecciones menores del 10

al 15%, como posibles para ser controlados sólo con extirpación de cepas y látigos. Con porcentajes mayores, la técnica no resulta eficaz. Actualmente en Rodesia se utiliza la técnica de extirpación de tallos en campos con incidencias menores del 5%, y la eliminación total de la cepa al elevarse las infecciones del 10 al 15%.

En Guyana por ejemplo, se opta por el laboreo total en cultivares con más del 3% de tallos infectados.

La gran cantidad de inóculo producido por las plantas enfermas en un lapso prolongado y la proporción relativamente baja del incremento epidémico, asociado con la maduración del cultivo, producen ventajas sustanciales al eliminar plantas enfermas. Las plantas infectadas pueden producir en los primeros ocho meses de crecimiento, un número grande de tallos enfermos con Carbón. La eliminación de estas plantas cuando los látigos son fácilmente visibles y el acceso dentro de las plantaciones es relativamente fácil reduce notablemente una gran cantidad de inóculo que de otra manera hubiera sido liberado hacia los campos adyacentes.

Definitivamente la práctica de extirpación de tallos infectados ayuda a mantener los cultivares sólo cuando la incidencia de la enfermedad es relativamente baja (3, 15, 18 y 42).

c. Selección de material sano. Al sembrar trozos de semilla o esquejes provenientes de cañas con infección de carbón es asegurarse una incidencia alta de la enfermedad. Este debe ser el primer factor a considerar en el establecimiento de cañales sanos. El establecimiento de

semilleros y su inspección regular para detectar y eliminar de inmediato las plantas infectadas, se ha recomendado como la técnica para producir semilla sana.

Como regla general se usa de un semillero que puede reproducir comercialmente plántulas que tengan abajo del 0.1% de infección. La ventaja de usar semilla completamente sana, de una variedad susceptible, queda totalmente anulada al sembrarla en zonas donde existe la enfermedad, ya que gran parte de la infección ocurre en los brotes jóvenes conforme emergen del suelo (3 y 15).

d. Desinfección de esquejes. El tratamiento térmico ya mencionado o sea el de sumergir la semilla durante veinte minutos en agua a 52°C, puede controlar la infección latente sin afectar el posterior desarrollo y rendimiento de la caña. Sin embargo James, y otros investigadores, han encontrado un incremento en la susceptibilidad de la caña al Carbón y a otras enfermedades pero no comprobaron el mecanismo de funcionamiento.

El uso de fungicidas sistémicos es definitivamente efectivo en lo que se refiere al control del patógeno, pero el uso de cualquiera de ellos resulta antieconómico en el cultivo de la caña de azúcar (3, 15, 34 y 41).

e. Descanso de campos. Al existir altas concentraciones de inóculo en el suelo es necesario inundar con agua de riego el campo durante un tiempo. Otra práctica es la de secar y humedecer el suelo intermitentemente. Estas técnicas tampoco resultan económicas a nivel comercial (15).

f. Rotación de cultivos. Esta práctica resulta efectiva al cambiar o rotar los cultivares de campos infectados. En la sucesión recurrente se incluyen leguminosas, gramíneas, abonos verdes y otros. La efectividad de este método depende la condición de que no exista una fuente de inóculo durante la época de rotación. O sea no deben haber cultivos vecinos o adyacentes que tengan infección fungosa. Si así fuese, la práctica resultaría ineficaz (15).

g. Quema de cañales en la zafra. U. scitaminea es un saprófito facultativo por lo que el desecho de la cosecha de caña integrado por el cogollo de la planta y las hojas, le proporcionan una fuente de alimento ideal durante el período en que los nuevos brotes de la caña emergen. Cuando existe ésta situación la infección posterior a la cosecha o la infección de la soca puede ser bastante severa.

Al quemar la caña antes de la cosecha y quemar los desechos, se elimina la supervivencia saprofítica del patógeno disminuyendo así su capacidad de infectar socas (15).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. Localización y características del área experimental

##### 1. A nivel de invernadero

El invernadero en el cual se realizó este primer experimento de la prueba de comportamiento varietal, está localizado en la estación experimental Mangalitos de el ingenio Pantaleón, Siquinalá, Depto. de Escuintla. El invernadero posee un área de 78 metros cuadrados, de armazón de metal, forrado con lámina de asbesto y láminas de plástico transparente en sus partes laterales y techo. La temperatura dentro del invernadero fluctúa entre un mínimo de 20°C y un máximo de 38°C, con un promedio de 75% de humedad relativa. Las variedades de caña de azúcar que se utilizaron para la prueba provinieron de diversas partes de la República de Guatemala, ingenio Santa Ana y la Unión, Pantaleón así como de diferentes estaciones experimentales de la Asociación de Azucareros de Guatemala (40).

##### 2. Estación experimental de la Universidad del Valle de Guatemala.

El campo donde se sembraron las variedades de este segundo experimento, está localizado dentro del área de experimentación de la Universidad del Valle de Guatemala. Esta se encuentra en el valle de la ciudad capital a una altura aproximada de 1502 m.s.n.m.

La temperatura en el valle en la época durante la cual estuvieron estas variedades bajo observación fluctuó entre un mínimo de  $6.3^{\circ}\text{C}$  y un máximo de  $31.1^{\circ}\text{C}$  con un promedio de humedad relativa de 78%. La precipitación anual fué de 1200 mm durante el año que se realizó el estudio.

### 3. Estación experimental Mangalitos en Ingenio Pantaleón.

El área de la estación esta localizada en el ingenio Pantaleón, Siqinalá, Escuintla a 87 kilómetros al suroeste de la ciudad capital. Esta a una altura de 330 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente se ubica a  $14^{\circ} 19'$  de latitud norte y  $91^{\circ} 03'$  de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. La temperatura mínima fué de  $17^{\circ}\text{C}$  y la máxima de  $36^{\circ}\text{C}$  con un promedio para el año 1982 de  $27.21^{\circ}\text{C}$ . La precipitación pluvial fue de 3520 mm durante el año. Hubo un total de 191 días de lluvia con un promedio de lluvia por día de 18.43 mm. La humedad relativa osciló entre 70 a 85%.

### B. Materiales utilizados en el ensayo.

#### 1. Material para inoculación.

Se utilizaron 98 diferentes variedades de caña de azúcar para los experimentos 1 y 2, y 115 diferentes variedades de caña para el experimento 3, véase el Cuadro 1. La semilla provino de distintos ingenios de la República guatemalteca, cañeros independientes y estaciones experimentales de la Asociación de Azucareros de Guatemala. Las yemas sometidas a las pruebas de inoculación estaban en esquejes tomados de la parte cen

tral de los tallos, de variedades de caña seleccionadas procedentes de semilleros de siete a nueve meses de edad, libres de daños de insectos y otros problemas (40).

Cuadro 1. Variedades de caña de azúcar utilizadas en los tres experimentos de susceptibilidad varietal al hongo Ustilago scitaminea

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Universidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca	
B 34-104			X	X
B 37-172	X	X	X	X
B 43-62	X	X	X	X
B 49-119	X	X	X	X
B 50-377	X	X	X	X
B 55-362			X	X
B 57-150			X	X
B 61-110	X	X	X	X
B 61-180			X	X
B 61-208			X	X
B 64-138	X	X	X	X
B 64-336			X	X
B 65-15			X	X
B 66-210			X	X

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Universidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca
B 66-210			X X
B 67-150			X X
B 68-93			X X
B 68-230			X X
B 69-404			X X
B 69-632			X X
B 69-613			X X
B 70-515			X X
B 70-531			X X
B 70-607			X X
B 71-242			X X
B 71-284			X X
B 71-401			X X
B 72-64			X X
B 73-06			X X
B 73-148			X X
B 73-176			X X
B 73-265			X X
B 73-343			X X
B 73-355			X X
B 73-375			X X
B 73-428			X X

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Universidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca	
B 73-714			X	X
B 73-733			X	X
B 63-108			X	X
B 63-132			X	X
B 65-89			X	X
B 67-32	X	X	X	X
B 69-05			X	X
B 64-88			X	X
B 65-152	X	X	X	X
B 66-48			X	X
B 53-10			X	X
B 56-50			X	X
B 56-59			X	X
CP 56-63			X	X
CP 57-614			X	X
CP 57-603	X	X	X	X
CP 61-37			X	X
CP 63-588	X	X	X	X
CP 65-357	X	X	X	X
CP 65-303			X	X
CP 68-1026			X	X
CP 69-1059			X	X

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Uni- versidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca	
CP 70-330			X	X
CP 70-1133			X	X
CP 70-1527			X	X
CP 70-1547			X	X
CP 72-1312			X	X
CP 72-356			X	X
CP 72-370			X	X
CP 72-1210			X	X
CP 73-1547			X	X
CP 4711			X	X
CUBA 87-51	X	X	X	X
DB 41-4160			X	X
DEMERARA	X	X	X	X
DEMERARA 34-166			X	X
H 47			X	X
H 57-5174	X	X	X	X
H 59-3775	X	X	X	X
JARONU	X	X	X	X
L 60-14	X	X	X	X
L 61-67			X	X
L 62-96			X	X
L 64-48			X	X

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Universidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca	
MAYAGUEZ 338	X	X	X	X
MAYAGUEZ 70-205			X	X
Mex 50-471			X	X
Mex 51-846			X	X
Mex 52-17			X	X
Mex 54-81			X	X
Mex 56-18			X	X
Mex 57-197			X	X
Mex 57-473			X	X
Mex 57-1285			X	X
Mex 59-32			X	X
ML 318			X	X
NGO 310	X	X	X	X
NGO 376			X	X
P 3311	X	X	X	X
PINDAR	X	X	X	X
PGG 12-745	X	X	X	X
POJ 27-14	X	X	X	X
P.P.Q.K.	X	X	X	X
PR 900			X	X
PR 980			X	X
PR 10-13			X	X

Nombre de la Variedad	Experimento 1 Nivel Invernadero	Experimento 2 Estación Universidad del Valle	Experimento 3 Estación Mangalito Planta 1er. soca	
Q-58			X	X
Q-67			X	X
Q-68	X	X	X	X
Q-71			X	X
Q-75	X	X	X	X
Q-77			X	X
Q-83	X	X	X	X
Q-96	X	X	X	X
Q-102	X	X	X	X
CO 413			X	X
CP 68-1145			X	X
CP 70-321			X	X
Mex 57-473			X	X

## C. Metodología experimental

### 1. Forma de inoculación

La inoculación de las yemas o esquejes de las variedades de caña se realizó por el método de inmersión en una solución que contenía más o menos seis millones de esporas por centímetro cúbico de agua. El material fuente del patógeno de inoculación fue obtenido de látigos frescos de las siguientes variedades de caña: CP57-603 y B 49-119. Se utilizaron seis látigos por 3.75 litros de agua para obtener la concentración mencionada.

El tiempo de inmersión fue de 30 minutos, sumergiendo seis esquejes con cuatro yemas por variedad para los ensayos 1 y 2, y 30 esquejes con cinco yemas cada uno para el ensayo 3. La solución de inóculo se utilizó únicamente por 3 horas. Los esquejes fueron sometidos a incubación a una temperatura de  $29^{\circ} \pm 32^{\circ}\text{C}$ , durante toda la noche en bolsas plásticas, siendo sembradas al día siguiente, Fig 3. (8, 40 y 43).

### 2. Método de siembra

El método de siembra empleado en el ensayo 1, fue el de cubetas de plástico de ocho decímetros cúbicos, formando un conjunto de tres unidades por tratamiento. En cada cubeta se plantaron esquejes de caña con cuatro yemas, de las variedades mencionadas, utilizando como soporte de las plantas una mezcla de tierra negra, de textura-franco-limoso. Para el ensayo 2, el método de cultivo empleado fue en parcelas en campo definitivo, utilizando surcos de tres metros de longitud y plantando esquejes



Fig 3. Fotografías de la metodología de inoculación por inmersión, de los esquejes de caña para las pruebas de susceptibilidad al Carbón.  
a) Tanque de inoculación y b) Bolsas de incubación y preparación de los esquejes para siembra.

con 30 yemas por variedad. Para el ensayo 3, las 150 yemas fueron plantadas en campo definitivo en parcelas de diez metros de largo por tres metros de separación entre hileras.

### 3. Período de observación y datos recabados

Durante 25 semanas fueron observadas las variedades del ensayo 1, determinándose el porcentaje de germinación, el desarrollo de la variedad, el porcentaje de cepas infectadas y la relación entre tallos enfermos y sanos. La escala de evaluación se observa en el Cuadro 2. En el ensayo 3, se determinó el porcentaje de germinación de cada una de las variedades; y a partir de los dos meses después de la siembra, se contó el número de látigos hasta llegar a los 9 meses de edad de la planta. La lectura en la primera soca se hizo a los 9 meses a partir de la fecha de corte. Mensualmente se determinó el porcentaje de cepas infectadas y la relación entre tallos enfermos y sanos a base de lecturas acumulativas, Cuadro 2 (39 y 43).

Cuadro 2. Escala de evaluación utilizada en los ensayos de susceptibilidad al Carbón de la caña de azúcar

CATEGORIAS	% DE CEPAS INFECTADAS	GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	EVALUACION	
1	0-2		Aceptable	
2	2.1-3	Altamente resistente (AR)		
3	3.1-5			
4	5.1-8	Resistente (R)		
5	8.1-13			
6	13.1-15	Intermedio resistente (IR)		
7	15.1-20			
8	20.1-30	Susceptible (S)		No Aceptable
9	30.1-100	Altamente susceptible (AS)		

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### A. A nivel de invernadero

Dentro de las 98 variedades evaluadas se incluyen las comerciales, semicomerciales, experimentales y las de programas de adaptabilidad Fig 4. El porcentaje de las variedades dependiendo de la escala de evaluación utilizada, Cuadro 2, con grado altamente resistente fue del 47.5%, resistentes 14.5%, intermedio resistente 9.7% y alrededor de 28.3% de las variedades obtuvieron los grados de susceptibilidad.

Muchas de las variedades comerciales fueron evaluadas en este trabajo inicial y desde entonces continúa la evaluación en otras pruebas de selección. La reacción y el comportamiento de las 17 variedades comerciales importantes en Guatemala se muestran en la Figura 5.

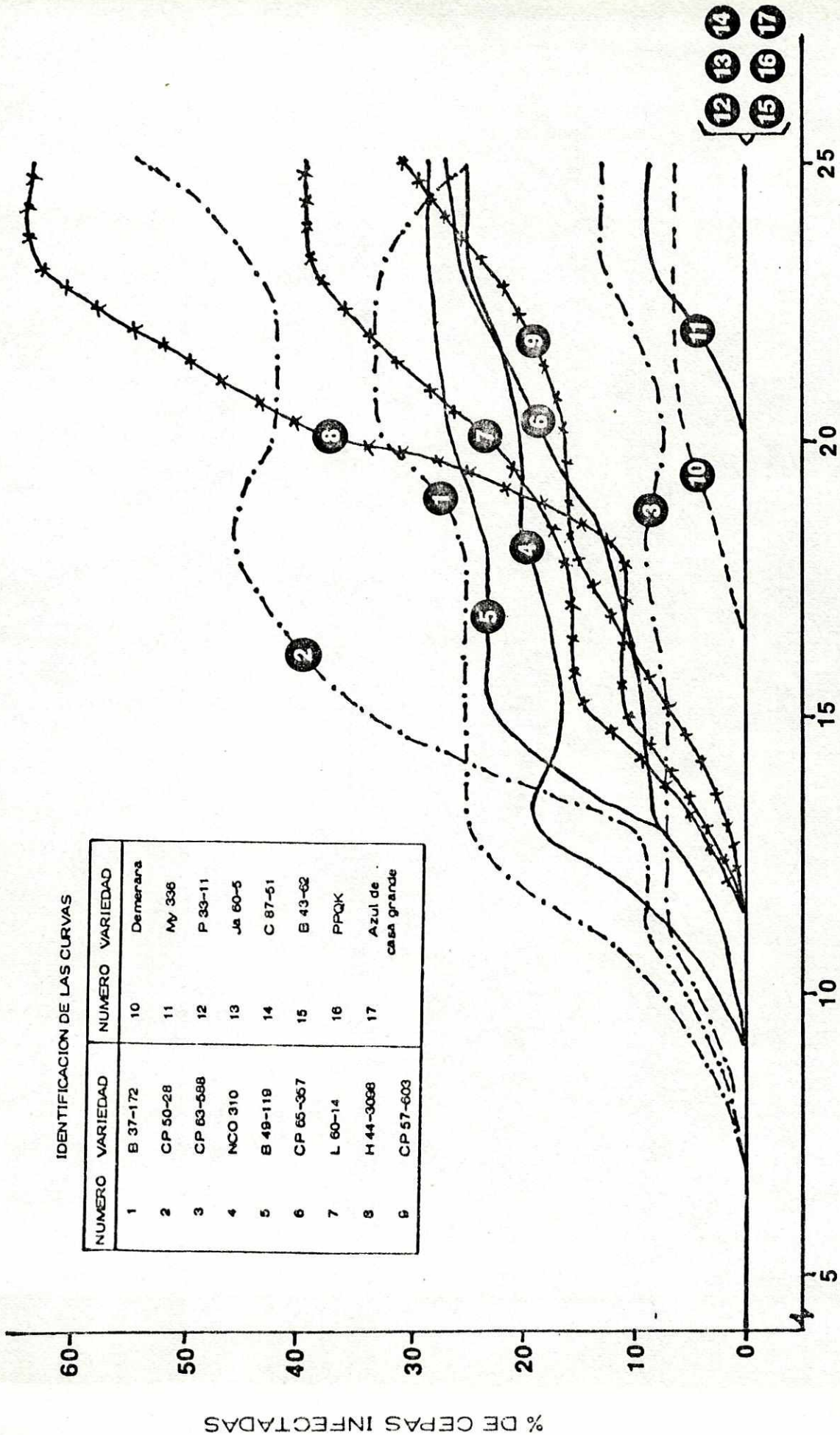
Algunas variedades de importancia en el área cañera guatemalteca estuvieron representadas en esta primera prueba de selección. El comportamiento de estas variedades en relación con el Carbón, durante 25 semanas, cultivadas en el Ingenio Pantaleón se muestra en las Figuras 6, 7 y 8. Dentro de las variedades probadas provenientes del Ingenio La Unión se observan en la Figura 9, las del Ingenio Santa Ana se muestran en la Figura 10 y algunas variedades de las Estaciones Experimentales de la Asociación de Azucareros de Guatemala en la Figura 11.

Es notorio que algunas variedades provenientes de diferentes zonas cañeras de Guatemala como: B 41-227, CP 56-59, CP 65-357, Mex 57-473 y



Fig 4. Vistas del desarrollo de las diferentes variedades de caña de azúcar inoculadas con Carbón. a) Experimento realizado a nivel de invernadero y b) En las parcelas experimentales en campo.

Q 67 presentaron diferentes grados de susceptibilidad, concluyendo que han sido mal identificadas o confundidas en el momento de la introducción a la zona cañera. Esto hace necesario una reclasificación agronómica o probar su resistencia varietal al Carbón varias veces.



IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

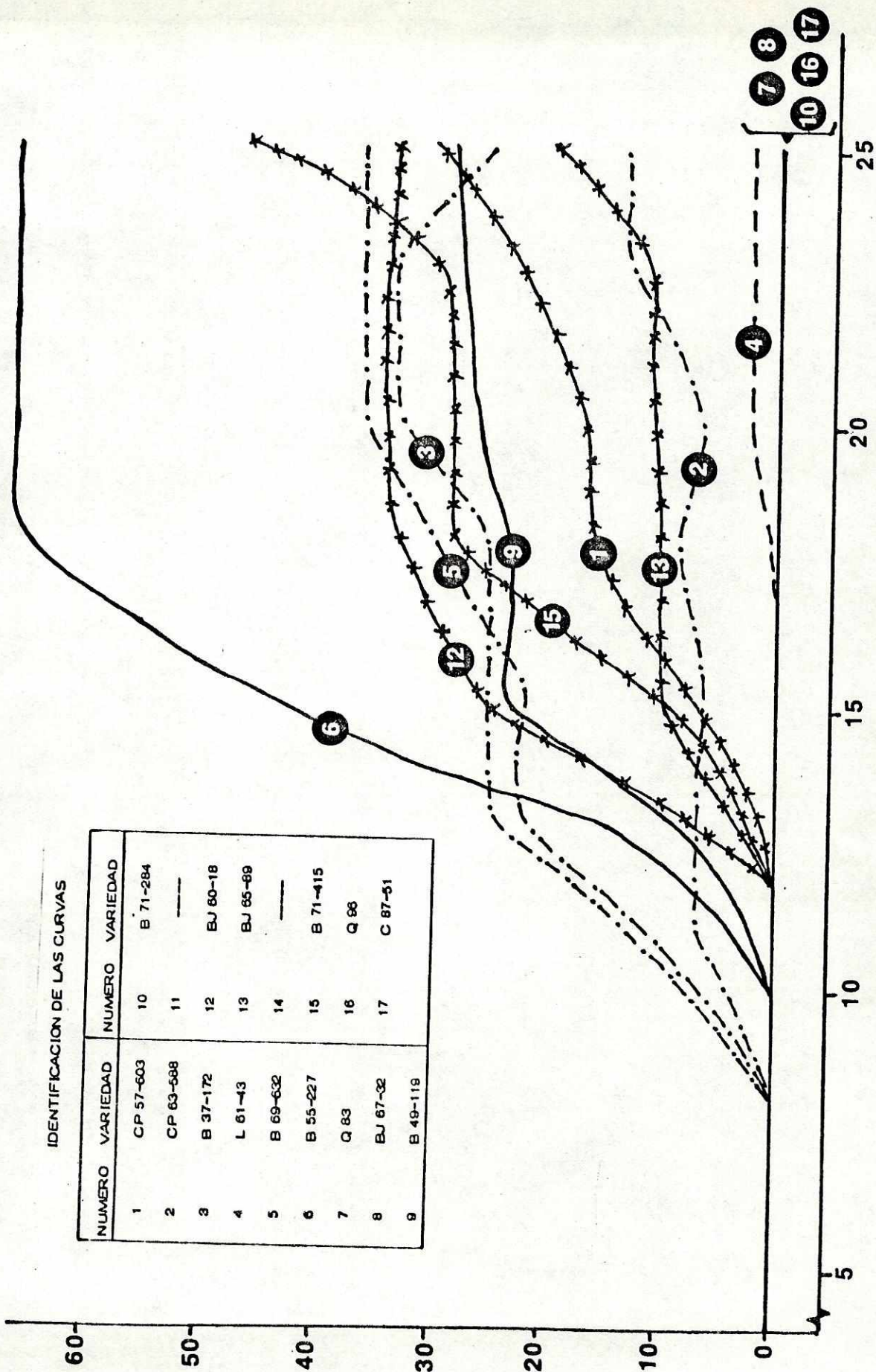
NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	B 37-172	10	Demerara
2	CP 50-28	11	MV 336
3	CP 63-688	12	P 33-11
4	NCO 310	13	Ja 60-5
5	B 48-118	14	C 87-51
6	CP 65-367	15	B 43-62
7	L 60-14	16	PPQK
8	H 44-3038	17	Azul de casa grande
9	CP 57-603		

SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 5. Diagrama de la producción de látigos de Carbon, en las variedades comerciales de caña de azúcar en Guatemala a nivel de invernadero.

IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	CP 57-603	10	B 71-284
2	CP 63-588	11	---
3	B 37-172	12	BJ 60-18
4	L 61-43	13	BJ 65-69
5	B 69-632	14	---
6	B 55-227	15	B 71-415
7	Q 83	16	Q 86
8	BJ 67-32	17	C 87-51
9	B 49-119		

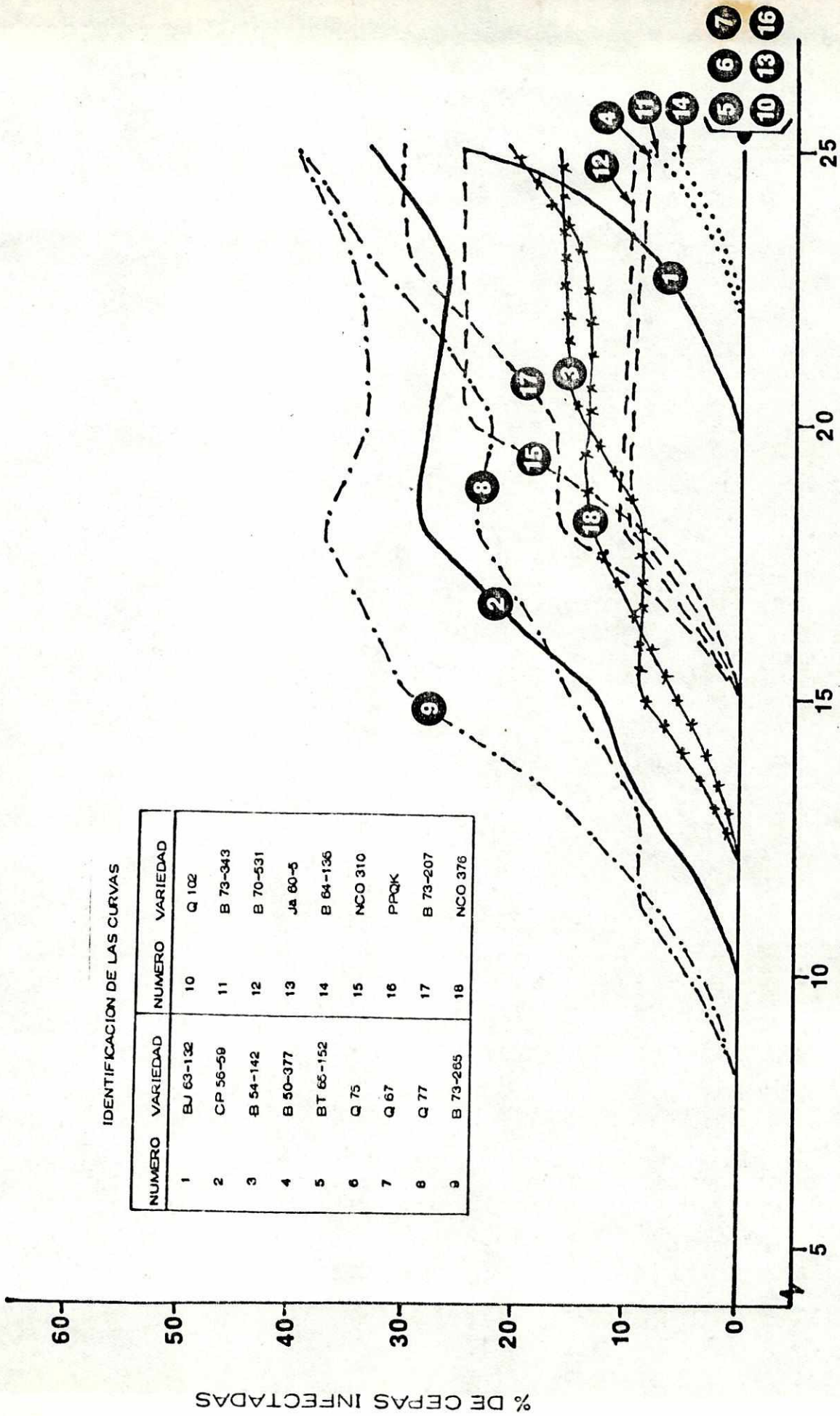


SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 6. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar, proporcionada del Ingenio Puntaleón.

IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	BU 63-132	10	Q 102
2	CP 56-59	11	B 73-343
3	B 54-142	12	B 70-531
4	B 50-377	13	JA 60-5
5	BT 65-152	14	B 64-136
6	Q 75	15	NCO 310
7	Q 67	16	PRQK
8	Q 77	17	B 73-207
9	B 73-265	18	NCO 376

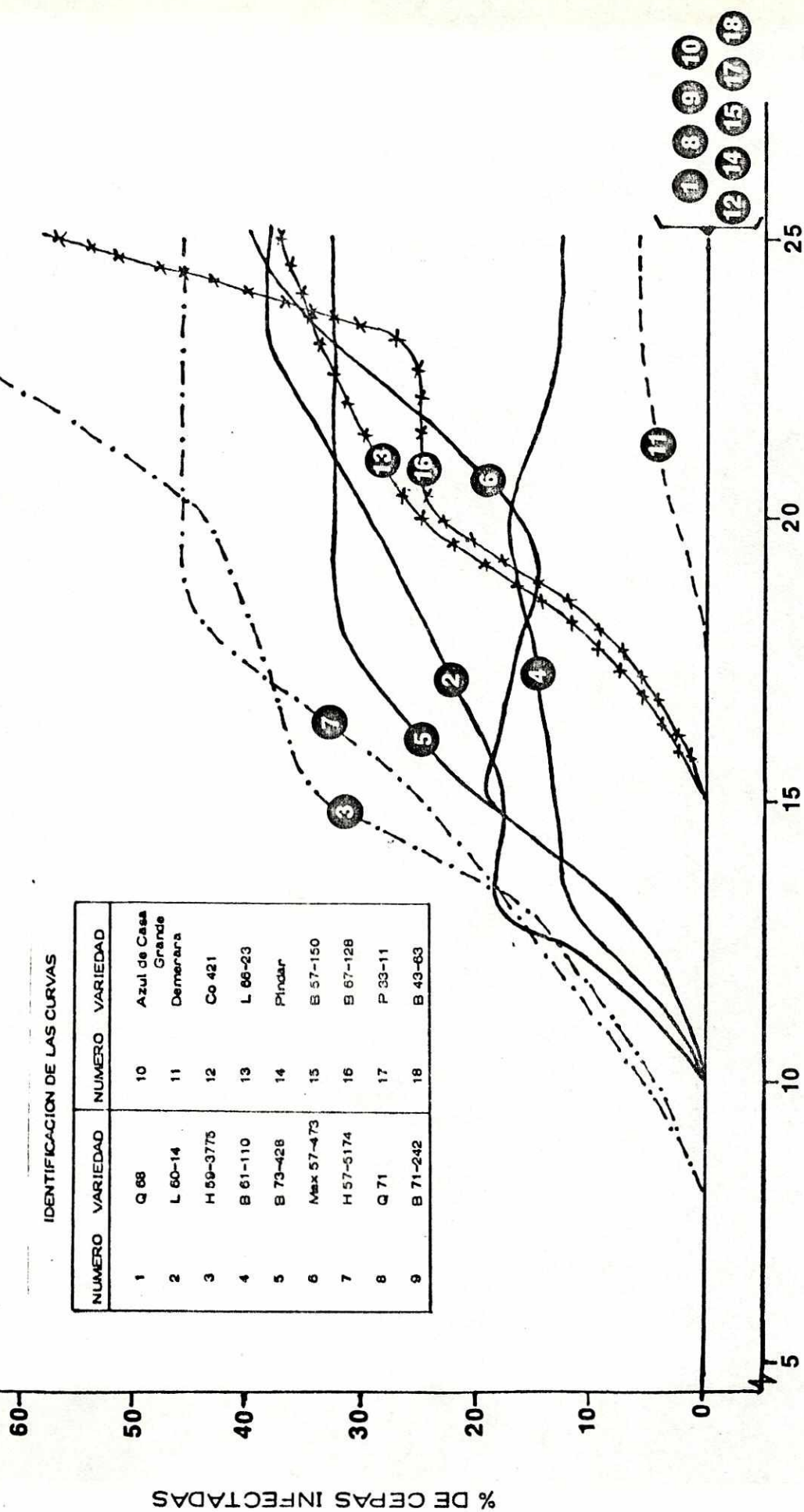


SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 7. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar proporcionado del Ingenio Pantaleón.

IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

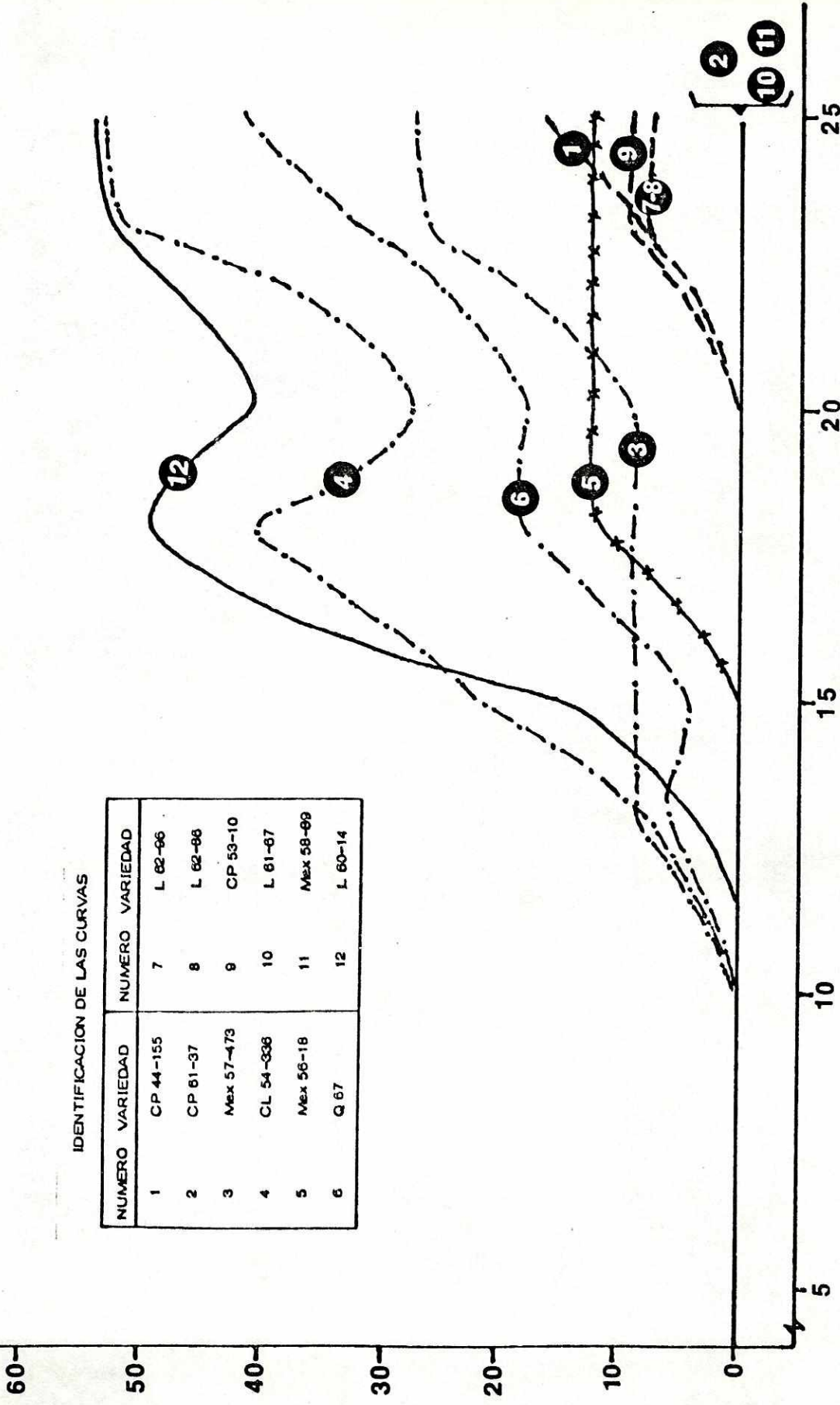
NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	Q 68	10	Azul de Casa Grande
2	L 60-14	11	Demerara
3	H 59-3775	12	Co 421
4	B 61-110	13	L 66-23
5	B 73-428	14	Pindar
6	Max 57-473	15	B 57-150
7	H 57-5174	16	B 67-128
8	Q 71	17	P 33-11
9	B 71-242	18	B 43-63



SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 8. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de café de azúcar proporcionada del

Ingenio Pantaleón.



IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

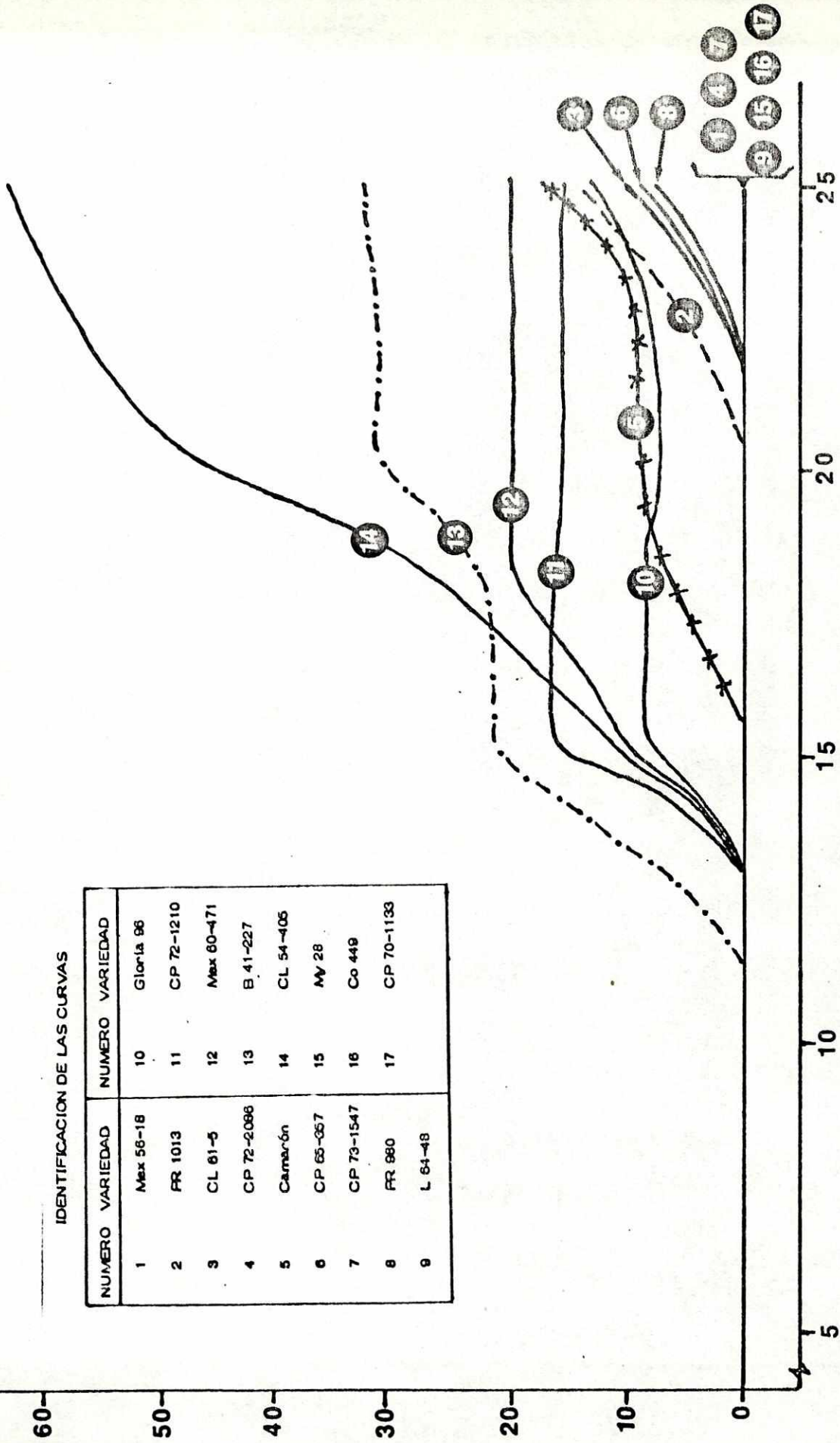
NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	CP 44-155	7	L 62-66
2	CP 61-37	8	L 62-86
3	Mex 57-473	9	CP 53-10
4	CL 54-336	10	L 61-67
5	Mex 56-18	11	Mex 58-99
6	Q 67	12	L 60-14

SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 9. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar proporcionada del Ingenio La Unión.

IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	Mex 56-18	10	Gloria 96
2	FR 1013	11	CP 72-1210
3	CL 61-5	12	Mex 60-471
4	CP 72-2086	13	B. 41-227
5	Camaron	14	CL 54-405
6	CP 65-667	15	MV 28
7	CP 73-1547	16	Co 449
8	FR 980	17	CP 70-1133
9	L 64-48		

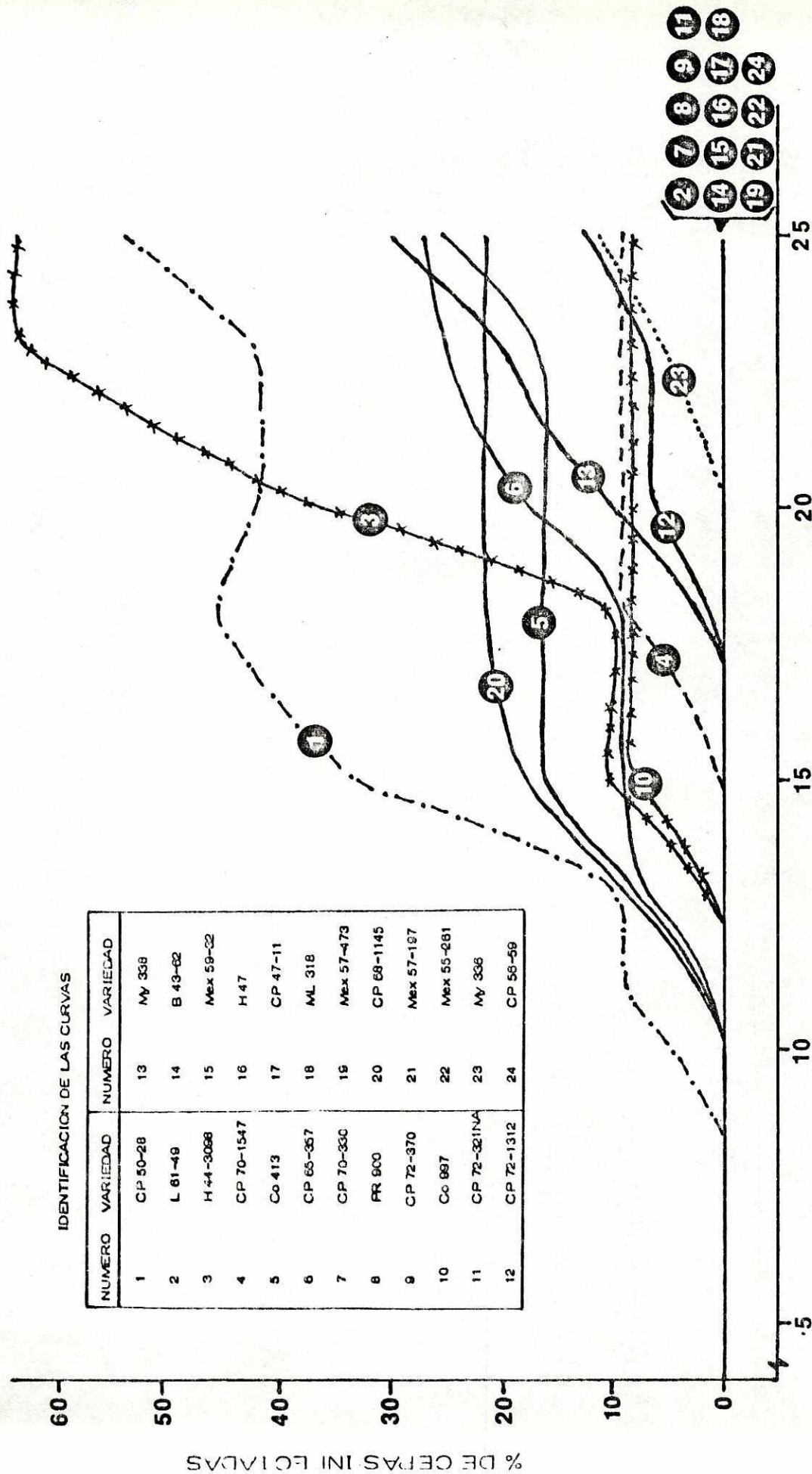


SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 10. Diagrama de la producción de látigos en las variedades de caña de azúcar proporcionada del Ingenio Santa Ana.

IDENTIFICACION DE LAS CURVAS

NUMERO	VARIEDAD	NUMERO	VARIEDAD
1	CP 50-28	13	NY 338
2	L 81-49	14	B 43-62
3	H 44-3068	15	Mex 59-82
4	CP 70-1547	16	H 47
5	Co 413	17	CP 47-11
6	CP 65-367	18	ML 318
7	CP 70-330	19	Mex 57-473
8	FR 900	20	CP 68-1145
9	CP 72-370	21	Mex 57-197
10	Co 897	22	Mex 55-281
11	CP 72-321NA	23	NY 336
12	CP 72-1312	24	CP 56-59



SEMANAS DESPUES DE LA INOCULACION

Figura 11. Diagrama de la producción de látigos en 25 semanas, en las variedades de caña de azúcar de las Estaciones Experimentales de la Asociación de Azucareros de Guatemala.

B. Estación experimental de la Universidad del Valle de Guatemala

El grado de susceptibilidad varietal al Carbón se determinó en una área donde las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo de la caña de azúcar. El porcentaje de infección y la clasificación de cada una de las variedades empleadas en el ensayo, realizado en la Universidad del Valle, aparece en el Cuadro 3, y fueron comparadas con los resultados del ensayo 1.

Los resultados se consideran de interés ya que permitieron agrupar ciertas variedades de caña, en las cuales su porcentaje de infección aumentó en condiciones inapropiadas para el desarrollo de la caña de azúcar. Entre estas variedades tenemos B 49-119, B 73-265, CL 34-336, CL 61-5, CP 44-155, CP 57-603, CP 70-1547, CP 73-1547, L 66-82 y Mex 59-32. Mientras tanto existe otro grupo de variedades donde el porcentaje de infección es menor que en las condiciones adecuadas para el cultivo de la caña de azúcar. Entre las variedades con estas condiciones tenemos: B 37-172, B 73-428, BJ 63-132, BJ 65-89, CL 54-405, CP 50-28, CP 72-1210, MY 338, PR 1013, Q 67, B 54-142, CP 53-10 y CP 72-1312.

Los resultados de este trabajo indican que el desarrollo de la caña de azúcar es menor en condiciones donde la baja de temperatura, suelo no fértil y de menos profundidad y el medio ambiente no favorable, es determinante para el mal crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña, mientras que las condiciones son adecuadas para el desarrollo del patógeno. También se debe mencionar que las diferentes barreras de resistencia para cada una de las variedades es primordial en cada una de ellas y puede estar influenciado en las condiciones ecológicas donde estas se desarrollan.

Cuadro 3. Comparación de resultados en los ensayos de resistencia al Carbón, en Variedades de caña de azúcar en dos diferentes sistemas ecológicos. Ensayos 1 y 2.

NOMBRE DE LA VARIEDAD	Ensayo 1 <u>Invernadero</u>		Ensayo 2 <u>Universidad del Valle</u>	
	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad
B 37-172	25.00	S	7.69	R
B 43-62	0	AR	4.16	AR
B 43-63	0	AR	-	-
B 49-119	28.57	S	73.33	AS
B 50-377	8.34	R	6.66	R
B 54-142	16.67	IR	5.26	R
B 55-227	66.66	AS	46.15	AS
B 57-150	0	AR	0	AR
B 61-110	13.33	IR	21.42	S
B 64-136	7.69	R	5.88	R
B 67-128	58.33	AS	-	-
B 69-633	33.36	AS	22.22	S
B 70-531	10.00	R	8.33	R
B 71-212	0	AR	0	AR
B 71-284	0	AR	0	AR
B 73-265	40.0	AS	71.42	AS
B 73-343	3.33	R	3.70	AR

NOMBRE DE LA VARIEDAD	Ensayo 1 <u>Invernadero</u>		Ensayo 2 <u>Universidad del Valle</u>	
	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad
B 73-428	33.34	AS	10.25	R
BJ 63-132	25.0	S	5.52	R
BJ 65-89	20.0	IR	8.33	R
BJ 67-32	0	AR	0	AR
BT 65-152	0	AR	2.38	AR
CL 54-336	53.33	AS	72.72	AS
CL 54-405	63.63	AS	30.77	AS
CL 61-5	9.09	R	76.92	AS
CO 997	8.33	R	7.69	R
CP 44-155	16.66	IR	42.85	AS
CP 47-11	0	AR	0	AR
CP 50-28	53.46	AS	23.07	S
CP 53-10	9.09	R	2.04	AR
CP 57-603	30.0	S	46.15	AS
CP 61-37	0	AR	0	AR
CP 63-588	13.34	IR	15.38	IR
CP 68-1145	21.49	S	34.82	AS
CP 70-330	0	AR	0	AR
CP 70-1133	0	AR	12.12	R
CP 70-1547	9.09	R	35.29	AS
CP 72-370	0	AR	0	AR
CP 72-1210	20.0	IR	3.03	AR

NOMBRE DE LA VARIEDAD	Ensayo 1		Ensayo 2	
	<u>Invernadero</u>		<u>Universidad del Valle</u>	
	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad
CP 72-1312	12.5	R	4.0	AR
CP 73-1547	0	AR	9.45	R
Demerara	6.25	R	2.7	AR
H 44-3098	63.63	AS	53.84	AS
H 47	0	AR	5.88	R
H 57-5174	46.15	AS	38.46	AS
H 59-3775	68.75	AS	77.53	AS
L 60-14	46.15	AS	63.2	AS
L 61-43	5.2	R	-	-
L 61-49	0	AR	4.34	AR
L 61-67	0	AR	2.08	AR
L 62-96	7.69	R	14.81	IR
L 64-48	0	AR	12.0	R
L 66-23	38.09	AS	21.43	S
L 66-82	0	AR	28.57	S
Mex. 55-261	0	AR	0	AR
Mex. 58-89	0	AR	-	-
Mex. 59-32	0	AR	12.5	R
ML 318	0	AR	2.94	AR
Ny	8.34	AR	0	AR
Ny 338	30.0	S	12.0	R
ICO 310	25.0	S	33.34	AS

NOMBRE DE LA VARIEDAD	Ensayo 1 <u>Invernadero</u>		Ensayo 2 <u>Universidad del Valle</u>	
	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad	% de Tallos infectadas	Grado de susceptibilidad
NGO 376	21.42	S	17.39	IR
P 3311	0	AR	0	AR
Pindar	0	AR	2.7	AR
PPQK	0	AR	0	AR
PR 900	0	AR	4.7	AR
PR 980	7.69	R	1.92	AR
PR 1013	14.28	IR	2.94	AR
Q 67	42.85	AS	29.03	S
Q 68	0	AR	0	AR
Q 71	0	AR	0	AR
Q 75	0	AR	0	AR
Q 77	40.0	AS	42.83	AS
Q 83	0	AR	0	AR
Q 96	0	AR	0	AR
Q 102	0	AR	0	AR

### C. Estación experimental Mangalito en Ingenio Pantaleón

Dentro de la evaluación en el campo, con 115 variedades, se incluyeron variedades comerciales, semi-comerciales, y experimentales de programas de adaptabilidad Fig. 4. El porcentaje de las variedades con grado aceptable, menos del 20% de tallos infectadas, es de 82.75% en ciclo de plantillas y un 79.31% en ciclo de primera soca. Mientras tanto, un 17.24% de las variedades son susceptibles al Carbón en plantilla y un 20.68% de las mismas, estuvieron en los grados no aceptables o susceptibles, o sea más del 20% de tallos infectados, Cuadro 4.

Los resultados tanto en plantilla, como en primera soca mantuvieron una estrecha relación en cuanto al porcentaje de variedades que estuvieron en los grados aceptables y no aceptables.

Se hace notar que hay un grupo de variedades de caña cuyo porcentaje de infección en la primera soca comparado con la plantilla difiere grandemente, sin tener una respuesta al respecto. Entre este grupo de cultivares, cuyo porcentaje de infección disminuyó notablemente en la primera soca estan las siguientes: B 34-104, B 49-119, B 66-210, B 68-230, B 69-404, B 70-515, B 70-607, B 71-401, BJ 69-05, B 64-88, CP 56-63, M 57-5174, L 61-67, L 62-96 y Mex 52-17. Por el contrario, existe otro grupo de variedades cuyo porcentaje de infección aumentó en la primera soca al compararlo con los resultados de caña plantilla. Entre los cultivares experimentados y con estas condiciones tenemos: B 67-150, B 69-632, B 72-64, B 73-428, CP 57-614, CP 65-603, CP 72-370, CP 72-1210 y Mex 50-471.

Por último, está el grupo de cultivares que en un principio, ciclo plantilla, fueron clasificadas como variedades aceptables en esta prueba del Carbón pero en su segundo año, primera soca, se comportaron como variedades NO aceptables o viceversa. Entre las variedades con estas condiciones tenemos: B 61-110, B 66-210, B 67-150, B 68-230, B 69-404, B 69-632, B 70-515, B 72-64, B 73-148, B 73-428, BJ 69-05, BR 64-33, BT 65-152, CP 56-63, CP 57-614, CP 65-603, CP 70-1133, CP 47-11, H 57-5174, L 61-67, L 62-96, Mex 52-17, Mex 54-81, Mex 57-197, Mex 57-1285 y PR 900.

Cuadro 4. Comportamiento de 115 variedades de caña de azúcar a la inoculación artificial con Ustilago scitaminea.

% Tallos Infectados		
VARIEDAD	PLANTILLA	1er. SOCA
B 34-104	63.06	29.22
B 37-172	6.95	5.10
B 43-62	3.65	4.14
B 49-119	41.44	26.69
B 50-377	6.74	12.44
B 55-362	34.02	25.54
B 57-150	0.00	0.00
B 61-110	15.92	21.74
B 61-180	0.00	0.00
B 61-208	0.00	0.00
B 64-136	14.49	7.67
B 64-336	14.83	5.18
B 65-15	-	-
B 66-210	38.69	16.79
B 67-150	16.61	36.29
B 68-93	9.78	16.32
B 68-230	26.67	10.78
B 69-404	29.21	2.12
B 69-632	1.83	29.02
B 69-615	0.00	0.00
B 70-575	25.31	2.93
B 70-531	1.92	1.42
B 70-607	40.25	23.66
B 71-242	0.00	3.89
B 72-284	2.02	0.84

Cuadro 4. Continuación

% Tallos Infectados		
VARIEDAD	PLANTILLA	1er. SOGA
B 71-401	51.01	23.74
B 72-64	13.14	27.04
B 73-06	0.00	1.45
B 73-148	50.30	17.53
B 73-176	10.84	8.89
B 73-265	30.73	52.21
B 73-343	10.70	16.67
B 73-355	47.80	33.58
B 73-375	49.18	36.66
B 73-428	9.23	27.74
B 73-714	0.00	0.50
B 73-733	4.52	4.44
BJ 63-108	2.47	7.42
BJ 63-132	40.31	36.01
BJ 65-89	43.17	34.21
BJ 67-32	0.52	0.00
BJ 69-05	36.50	4.74
BR 64-88	26.16	13.59
BT 65-152	16.17	24.89
BT 66-48	14.15	0.64
CP 53-10	7.45	3.51
CP 56-50	6.25	13.64
CP 56-59	1.44	0.79
CP 56-63	43.09	13.31
CP 61-37	0.48	0.90
CP 63-588	11.06	0.89
CP 65-357	1.78	16.00

Cuadro 4. Continuacion

% Tallos Infectados		
VARIEDAD	PLANTILLA	1er. SOCA
CP 65-603	17.90	44.76
CP 68-1086	12.50	19.44
CP 69-1059	6.33	2.70
CP 70-330	0.00	0.00
CP 70-1133	25.64	14.08
CP 70-1527	27.83	29.73
CP 70-1547	31.0	28.22
CP 72-1312	5.45	9.83
CP 72-356	0.00	12.83
CP 72-370	0.94	14.37
CP 72-1210	22.60	48.62
CP 73-1547	2.42	0.00
CP 47-11	19.72	27.86
CUBA 87-51	7.64	3.03
DB 11-4160	50.38	34.36
DEMERARA	3.68	10.74
DEMERARA 34-166	1.55	0.20
H 47	23.97	20.83
H 57-5174	26.71	13.60
H 59-3775	45.71	43.60
JARONU	6.67	3.02
L 60-14	44.00	31.73
L 61-67	31.19	13.39
L 62-96	29.66	17.26
L 64-48	9.83	12.23
Mayagüez 338	1.72	10.29
Mayagüez 70-205	0.44	1.00

Cuadro 4. Continuación

% Tallos Infectados		
VARIEDAD	PLANTILLA	1er. SOCA
Mex 50-471	21.98	44.72
Mex 51-846	8.85	11.95
Mex 52-17	52.49	14.05
Mex 54-81	15.46	25.59
Mex 56-18	1.08	17.54
Mex 57-197	15.73	23.66
Mex 57-473	4.93	10.34
Mex 57-1285	28.65	16.53
Mex 59-32	9.09	1.95
ML -318	3.12	0.00
NCO -310	6.39	12.68
NCO -376	28.57	36.47
P -3311	0.00	1.71
Pindar	1.10	2.42
PCG-12-745	2.49	4.29
POJ 27-14	0.00	0.00
PPQK	6.37	2.08
PR 900	16.91	21.35
PR 980	0.00	6.80
PR 10-13	1.23	1.19
Q - 58	1.32	1.93
Q - 67	0.88	10.46
Q - 68	1.68	5.97
Q - 71	0.33	1.74
Q - 75	0.00	0.00
Q - 77	14.73	6.77
Q - 83	0.68	0.70
Q - 96	5.19	0.00

Cuadro 4. Final

% Tallos Infectados		
VARIEDAD	PLANTILLA	1er. SOCA
Q -102	0.68	0.70
CO -413	7.48	14.28
GP 68-1145	55.19	27.77
GP 70-321	0.00	0.00
Mex 57-473	15.16	10.34

D. Susceptibilidad de las principales variedades de caña de azúcar en Guatemala.

Las variedades comerciales y semi-comerciales plantadas en Guatemala, fueron evaluadas en los tres experimentos realizados y desde entonces continúa la evaluación en otras pruebas de susceptibilidad al Carbón. La reacción de las principales 34 variedades comerciales y semi-comerciales más importantes en Guatemala, se muestran en el Cuadro 5, junto con la calificación obtenida en los tres diferentes ensayos. Variedades tales como la B 49-119, BT 65-152, CP 57-603, CP 65-357, H 44-3098 y L 60-14 son cultivares sembrados en gran escala en el área cañera guatemalteca. Por ser variedades altamente susceptibles al Carbón deben de reemplazarse por otras con características agroindustriales adecuadas a las condiciones guatemaltecas, lo antes posible.

Cuadro 5. Susceptibilidad al Carbón, de las principales variedades de caña de azúcar en Guatemala

NOMBRE DE LA VARIEDAD	<u>% de Infección</u> Ensayo				Evaluación
	1	2	3		
			Plantilla	1er. Soca	
B 37-172	25.0	7.69	6.95	5.10	A
B 43-62	0	4.19	3.66	4.14	A
B 49-119	28.57	73.33	41.44	26.69	NA
B 50-377	8.43	6.66	6.74	12.44	A
B 61-110	13.33	21.42	15.92	21.74	NA
B 64-136	7.69	5.88	14.49	7.67	A
BJ 67-32	0	0	0.52	0.00	A
BT 65-152	0	3.38	16.17	24.89	NA
C 87-51	0	-	7.64	3.03	A
CP 57-603	30.0	46.15	57.08	36.36	NA
CP 63-588	13.34	15.38	8.33	0.89	A
CP 65-357	26.66	42.19	-	-	NA
Demerara	6.25	2.70	3.68	10.74	A
H 44-3098	63.83	81.9	-	-	NA
H 57-5174	46.15	38.46	26.71	13.60	NA
H 59-3775	68.75	77.53	44.25	43.60	NA
Ja 60-5	0	-	6.67	3.02	A
L 60-14	46.15	63.20	44.00	31.73	NA
My 336	8.34	-	-	-	-
My 338	30.0	42.7	1.72	10.39	A
Mex 57-473	0	-	4.93	10.34	A
NEO 310	25.0	33.34	6.39	12.68	A

Cuadro 5. Final

NOMBRE DE LA VARIEDAD	<u>‰ de Infección</u> Ensayo				Evaluación
	1	2	3		
			Plantilla	1er. Soca	
P 33-11	0	0	-	1.71	A
PCG 12-745	0	-	2.49	4.29	A
POJ 27.14	-	-	0	0.00	A
POJ 28.78	-	-	-	-	-
PFQK	0	3.43	6.37	2.08	A
Q 68	0	0	1.68	5.97	A
Q 75	0	0	0	0.00	A
Q 83	0	0	0.68	0.70	A
Q 96	0	0.95	5.19	0.00	A
Q 102	0	0	0.88	2.25	A
Pindar	0	2.7	1.10	2.42	A

Ensayo 1. Invernadero, en la Estación Experimental de Pantaleón.

Ensayo 2. Campo (1,500 msnm) en la Estación Experimental de la Universidad del Valle de Guatemala.

Ensayo 3. Campo en la Estación Experimental de Pantaleón, Plantilla y 1er. soca.

Evaluación. (A) Variedades aceptables para la propagación comercial y  
(NA) NO aceptables para la propagación comercial.

## V. CONCLUSIONES

Actualmente muchos cañicultores se encuentran en la etapa de reemplazo de variedades. Esto se está llevando a cabo ya que es sabido que el uso de variedades resistentes y/o tolerantes a las diferentes plagas y enfermedades es la manera más adecuada de convivir con estos problemas.

Entre los aspectos que deben de considerarse para reemplazar una variedad están los siguientes factores: el rendimiento agroindustrial, las características agronómicas, la adaptabilidad a los suelos donde se plantan, el desarrollo bajo las condiciones ambientales del área y la resistencia o susceptibilidad a las plagas y enfermedades endémicas de la región. Entre las variedades que se emplearon en este estudio hay muchas que presentaron un grado de resistencia aceptable y que a la vez tienen buenas características agroindustriales. En base a los resultados, estas variedades pueden servir para acelerar los programas de adaptación de variedades comerciales, después de una cuidadosa evaluación científica de los diferentes aspectos antes mencionados, ya que estos hacen que una variedad sea promisoría para una región y no lo sea para otra.

Las técnicas de inoculación y evaluación varían de un país a otro e incluso de una estación experimental a otra dentro del mismo país.

Es importante determinar la reacción de una determinada variedad de caña hacia un patógeno en particular. Esta reacción puede variar de un ecosistema a otro, siendo esta la razón por la que una variedad puede ser aceptable en un área, pero inaceptable en otra.

Existe también el aspecto de presión de selección ya que algunos países pueden ser más estrictos que otros en su forma de selección de variedades, debido a que cuentan con mayor cantidad de material del cual se escogen o bien aplican técnicas específicas para producir los cruzamientos.

El procedimiento para determinar la reacción de una variedad de caña a la enfermedad causada por el Ustilago scitaminea incluye muchos aspectos, entre ellos los más importantes son:

- A. la variedad de donde se obtiene el patógeno,
- B. el ambiente del área donde estaba infectada la variedad,
- C. concentración del inóculo,
- D. tipo o método de inoculación artificial,
- E. los diferentes grados y porcentajes de infección deben de ser claros y constantes,
- F. la identificación segura y clara de las variedades con las que se trabaje,
- G. la identificación de posibles nuevas razas patogénicas del hongo,
- H. constancia y estandarización de la toma de lecturas en una determinada área, etc.

El problema del Carbón será mucho más serio en el futuro; ósto debido a la rápida y amplia diseminación natural del patógeno. Además por

su capacidad de producir nuevas razas patogénicas en cualquier momento. Esto implica, que una variedad de caña que hoy es tolerante y/o resistente a una determinada raza del hongo puede ser susceptible a otra raza en un corto plazo. Para poder resolver este problema se deben agilizar los métodos de evaluación de variedades de caña a modo que los procedimientos empleados sean confiables y acertados en una determinada zona. Además se debe de contar con un banco de variedades de caña, a nivel de estación experimental, y de varias variedades a nivel de finca. Esto con el objetivo de poder responder concretamente, en caso de que la resistencia de alguna de ellas, se anulará por la aparición de una nueva raza del patógeno en el área.

El establecimiento de un programa intensivo de evaluación de variedades para cada zona cañera del país es uno de los pasos a seguir inmediatamente. La identificación de las variedades que actualmente presentan resistencia es de importancia, ya que así, se pueden identificar los progenitores y en un futuro poder establecer un programa de mejoramiento genético, en donde la secuencia de resistencia se aumente a la progeñe.

Con un conocimiento de la sintomatología de la enfermedad, con rastreos apropiados a nivel de finca y usando variedades con grados aceptables de resistencia no sólo se puede convivir con la enfermedad, sino que se puede seguir transformando la agroindustria azucarera en enorme fuente de trabajo y bienestar para un gran sector de nuestro país.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, K.C. y SRINIVASAN, K.V. Sexuality in U. scitaminea. Current Science 35: 603-604. 1966.
2. ALEXIOPOULOS, C.J. Introductory Mycology. U.S. John Willey & Sons. 1952.
3. BURGUESS, R.A. Sugar Cane Smut disease in Jamaica. Sugar cane Jamaica 18 (1). 1977.
4. BURGUESS, R.A. Sugarcane Smut and Variety police. Sugar cane Jamaica 7 (3): 1,5. 1976.
5. BURGUESS, R.A. Sugarcane Smut and variety police. The Smut threat. Sugar Cane, Jamaica 7 (3): 1, 3, 7. 1976.
6. BUTLER, E.J. Fungl and diseases in plants. Thacker, Spink, & Co. Calcuta. 1918.
7. BYTHER, R.S., STEINER, G.W. y WISMER, C.A. New sugarcane diseases reported in Hawaii. Path. Newsletter 7: 19-21. 1971.
8. BYTHER, R.S. y STEINER, G.W. Comparison of inoculation techniques for smut disease testing in Hawaii. Proc. Soc. Sug. Cane Tech. Décima quinta conferencia. 280-288. 1974.
9. BYTHER, R.S. et al. Smut disease of sugarcane in Hawaii. Plant Disease Rporter. 57 (11): 966-968. 1973
10. COMSTOCK, J.C. and D.J. HAIZ. A new race of culmicolous smut of sugarcane in Hawaii. Journal Series of the Experiment Station, Hawaii Sugar Planter's Association. Paper No. 415. 1977
11. DUARTE M. de R. y H. TOKESHI. Inoculación de las plántulas de la caña de azúcar para la selección de resistencia al Ustilago scitaminea. Int. Soc. Sug. Cane Techs., Prec. 16: 383-393. 1977.
12. EDGERTON, C.W. Sugarcane Smut; cause Ustilago scitaminea Sydow. En Sugarcane and its diseases. P. 117-121. 1971.
13. EDGERTON, C.W. Sugarcane and its Disease. La. State. Univ. Press, Baton Rouge, La. 301 p. 1955.

14. FAWCETT, G.L. Departamento de Botánica y Fitopatología. Memoria anual de 1945. Rev. Industr. Agric. Tucuman. 36: 159, 165-166. 1946.
15. GEPLACEA. Documento básico de referencia de la reunión de expertos de alto nivel sobre la prevención y control de las enfermedades del Carbón y la Roya de la caña de azúcar. La Habana, Cuba. 1981.
16. HIRSCHHORN, E. Una especie de Ustilago nueva para la Argentina "Ustilago scitaminea". Rev. Arg. Agron. 8: 326-330. 1941.
17. HIRSCHHORN, E. Caracteres del ciclo evolutivo del Carbón de la caña de azúcar (Ustilago scitaminea). Rev. Invest. Agrícolas, Tomo IV (3): 317. 1950.
18. JAMES, G.L. Culmicolous Smut of sugar cane, and the effects of its control on yield. Plant Pathology. (Rhodesia) 1: 292-299. 1974.
19. JAMES, G.L. A summary of varietal resistance to ratings to smut in Rhodesia. Sug. Path Newsletter 8: 14. 1972.
20. JAMES, G.L. The effect of smut infection on sugar yield. Sugar Path. Newsletter 10: 32-34. 1973.
21. JAMES, G.L. Harvest practice and smut levels. Sugar Path. Newsletter 11: 12: 8. 1974.
22. JAMES, G.L. Culmicolous smut of sugarcane and the effect of its control on yield. Proc. Soc. Sug. Cane Tech. Décimoquinto Congreso. 292-299. 1974.
23. JAMES, G.L. Viability of sugarcane smut spores in the soil. Sugar Path. Newsletter 3: 10-12. 1969.
24. JAMES, G.L. The effect of Smut infection on sugar yield. Sugarcane Pathologists. News Letter (Rhodesia) 10:32, May. 1973.
25. LADD, S.L. and D.L. HEIZ. Smut reaction of non-hawaiian sugar cane clones. Hawaiian Sugar Planter's Association Experiment Station Aiea. (Hawaii): 6-13.
26. LADD, S.L., HEIZ, D.J. y MEYER, H.K. Control of sugarcane (*Saccharum* sp) smut disease (Ustilago scitaminea) through breeding and selection of resistant clones). Proce. Soc. Sug. Cane Tech. XV Congr. 1974.
27. LAMBAT, A.K., CHENULU, U.V. y CHONA, B.L. Morphological variation in sugarcane smut Ustilago scitaminea Syd. Mycopath Mycol. appl. 36: 300-304. 1968.

28. LEU, L.S. Reaction of clones of *Saccharum spontaneum* to *Ustilago scitaminea*. *Sugar Path. Newsletter* 7: 10-11. 1971.
29. LEU, L.S. y TENG, W.S. Pathogenic strains of *Ustilago scitaminea* Sydow. *Sug. Path. Newsletter* 8: 12. 1972.
30. LEU, L.S. Pathogenic strains of *Ustilago scitaminea* Sydow. *Sugarcane Pathologist's Newsletter*. (Rhodesia) (8): 12. 1972.
31. MOHAN RAO, N.V. y FRAKASAM, P. Studies on sugarcane smut. *Proc. Int. Soc. Sug. Cane Tech.*, 9o. Congreso, 1018-1057. 1956.
32. MUHAMMED, S. y KAUSAR, A.G., Preliminary studies on the genetics of sugarcane smut. *Biologia* 8: 65-74. 1962.
33. MUNDKUR, B.B. Taxonomy of the sugar cane smuts. *Kew Bull.* 10:523-533. 1959.
34. MUTHUSAMY, S. Fungicides in the control of sugarcane smut. *Sug. Path. Newsletter* 10: 11-13. 1973.
35. SRINIVASAN, K.V. Methods for testing the resistance of Sugarcane to disease (5) sugarcane smut. *Path. Newsletter* 6: 2-7. 1969.
36. SRINIVASAN, K.V. y ALEXANDER, K.C. (Sources of resistance to red rot and smut in the species of *Saccharum*). *Sug. Path. Newsletter* 6: 6-7.
37. SYDOW, H. Reporte sobre Ustilaginales (Notizen uber Ustilagineen). *Ann. Mycol.* 22: 277-291. 1924.
38. TALBALLA, H.A. Smut on true seedlings of sugarcane. *Plant Diseases Rept.* 53: 992-993. 1969.
39. TEJADA, J.R. Comportamiento de diferentes variedades de caña de azúcar hacia el Carbón (*Ustilago scitaminea*), pruebas realizadas en diferentes países. Volumen I y II. En *Boletín Técnico de la Asociación de Azucareros de Guatemala*, marzo-junio. 1981.
40. TEJADA, J.R. Comportamiento de diferentes variedades de caña de azúcar a la enfermedad del Carbón. *ATAGUA*, 1: 4-24. 1982.
41. THOMPSON, G.M. Smut disease and hot water treatment. *Sug. Path. Newsletter* 5: 48. 1970.
42. VEIGA, F.M. Smut in Brazil Sugarcane *Path. Newsletter* 9: 25. 1972.

43. WALKER, D.I.T. Result of smut inoculation west Indies, Central Sugar Cane Breeding Station, Bulletin 42. 1980.
44. YOUNG KONG, U.M. Smut resistance vating trials. Guyana Sugar Corporation Limited. Guyana. 1978.