

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus) en la zona del Cantón El Triunfo.”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Presentada por:

Freddy Fabián Fiallos Encalada

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2008

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que ayudaron
a la realización del presente trabajo
de manera especial al Msc. Miguel
Quilambaqui, Ing. Jorge Mendoza,
Ph. D. Raúl Castillo e Ing. Carlos
Burbano

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

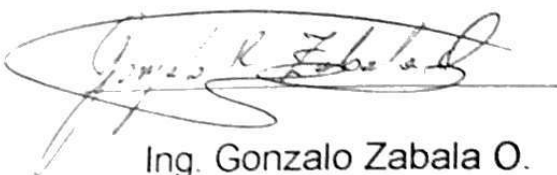
A MI ESPOSA

A MIS HIJAS

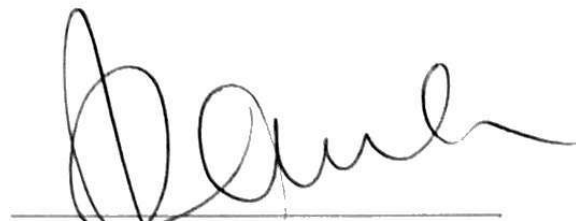
A MIS HERMANOS



TRIBUNAL DE GRADUACIÓN


Ing. Gonzalo Zabala O.
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

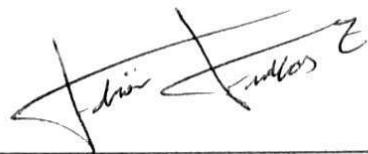

Msc. Miguel Quilambaqui J.
DIRECTOR DE TESIS


Ph. D. Raúl Castillo T.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento General de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fabián Fiallos Encalada', written over a horizontal line.

Fabián Fiallos Encalada

RESUMEN

Entre principales enfermedades de la Caña de Azúcar en nuestro país, están mosaico común (Sugarcane Mosaic Virus), Carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow) y Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow). Estas han causado enormes pérdidas en la producción del cultivo en algunos países como Australia, Venezuela y Cuba, donde han provocado la sustitución total de las variedades existentes. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas con las enfermedades mencionadas anteriormente, con el fin de obtener un banco de información fitosanitaria, que sirva de herramienta en la selección de buenos progenitores para la utilización de cruzamientos y el desarrollo de líneas promisorias por parte del CINCAE.

El ensayo se realizó en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), ubicado en el Km. 49.6 de la vía Durán-El Triunfo, provincia del Guayas; sus coordenadas son 02° 19' 33'' de Latitud Sur y 79°

26' 83'' de Longitud Oeste, a 45 msnm, temperatura promedio es de 25.5° C, precipitación media anual de 1400 mm y una humedad relativa de 81%.

En estos experimentos se empleó el diseño de bloques completos al azar, con 100 variedades y tres repeticiones. Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizaron técnicas de estadística descriptiva, que comprendió el uso de histogramas de frecuencias y cuadros.

Para la inoculación de estas enfermedades se utilizaron las metodologías empleadas en el CINCAE, y descritas en libros especializados de Fitopatología. Para ello se realizó una inoculación artificial para el "Mosaico y Carbón"; y una inoculación natural para "Roya". Para este caso las variedades y testigos seleccionados se clasificaron de acuerdo al grado de reacción de cada enfermedad, utilizando la escala propuesta por Hutchinson and Daniels (16) para Mosaico y Carbón; y, la escala propuesta por Purdy and Dean (26) para la Roya.

Los resultados permitieron identificar a 51 variedades con resistencia combinada (altamente resistentes) a estas tres enfermedades. En el caso de Carbón se observó que 87 variedades (87%) resultaron altamente resistentes; 7 variedades (7%) fueron catalogadas como muy resistente a moderadamente resistente; 2 (2%), se situaron en una escala intermedia y 4

variedades (4%) resultaron moderadamente susceptible a susceptible. El grado de susceptibilidad del testigo (CP57-603) superó a las variedades que resultaron susceptibles.

Respecto a la Roya, 89 variedades (89%) no mostraron síntomas visibles de la enfermedad; una (1%) mostró manchas individuales cloróticas o café rojizo con pústulas sin abrir; 6 (6%) presentaron manchas individuales cloróticas o café rojizo con pústulas abiertas produciendo esporas y 4 (4%) con manchas grandes en las hojas enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas. El testigo susceptible B4362 alcanzó el máximo grado de reacción con pústulas en tejido verde esporulando activamente.

En el caso del Virus de Mosaico, 64 variedades (64%) resultaron altamente resistentes; 6 (6%) como muy resistentes; 5 (5%) resistentes; 9 (9%) moderadamente resistentes; 3 (3%) intermedio; 7 (7%) moderadamente susceptibles; 6 (6%) susceptibles y 3 (3%) muy susceptibles, siendo el testigo B74132 altamente susceptible.

Estos resultados permiten disponer de una base de datos con información fitosanitaria que servirá de herramienta para la selección de parentales, que serán utilizadas en los programas de mejoramiento; así como, se podrá prevenir la propagación de variedades susceptibles a estas enfermedades.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO 1	
1. Cultivo de la Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	4
1.1. Taxonomía y genética de la Caña de Azúcar.....	4
1.2. Características del cultivo de Caña de Azúcar.....	6
 CAPÍTULO 2	
2. Principales enfermedades del cultivo de la Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	8
2.1. Carbón (<i>Ustilago scitaminea</i> Sydow).....	9
2.1.1. Etiología y síntomas.	9
2.1.2. Taxonomía.....	10
2.1.3. Ciclo de vida.....	10

2.1.4. Epidemiología.....	11
2.1.5. Importancia económica y distribución geográfica.....	12
2.2. Roya (<i>Puccinia melanocephala</i> Sydow).....	13
2.2.1. Etiología y síntomas.....	13
2.2.2. Taxonomía.....	14
2.2.3. Ciclo de vida.....	14
2.2.4. Epidemiología.....	15
2.2.5. Importancia económica y distribución geográfica.....	16
2.3. Mosaico (<i>Sugarcane Mosaic Virus</i>).	17
2.2.1. Etiología y síntomas.....	17
2.2.2. Taxonomía.....	18
2.2.3. Ciclo de vida.....	18
2.2.4. Epidemiología.....	19
2.2.5. Importancia económica y distribución geográfica.....	20

CAPÍTULO 3

3. BANCO DE GERMOPLASMA Y CONSERVACIÓN.....	21
3.1. Importancia de los Bancos de Germoplasma del cultivo de la Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	23

CAPÍTULO 4

4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. Ubicación.....	25
4.2. Factores en estudio y Tratamientos.....	26
4.3. Unidad Experimental, Diseño experimental y análisis	

estadístico.....	26
4.4. Variables a registrar.....	26
4.5. Escalas de reacción.....	29
4.6. Manejo específico del Experimento.....	30
4.6 1. En Laboratorio e Invernaderos.....	31
4.6 2. En campo.....	34

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
--------------------------------	----

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
6.1 Conclusiones.....	53
6.2 Recomendaciones.....	56

APÉNDICES.

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
g	Gramos
Ha	Hectárea
I	Incidencia
kg	Kilogramo
LCN	Látigos en cepa nueva
LCV	Látigos en cepa vieja
L	Litro
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minutos
N	Normal
P	Partes
PDA	Potato Dextrose Agar
Pobl.	Población
S.	Saccharum
sp.	Especie
TAH	Tonelada de azúcar por hectárea
TCH	Tonelada de caña por hectárea
Te	Total de tallos enfermos
TM	Tonelada
TL	Tallos con látigos de carbón
TVD	Primera lígula visible (Top visible development)
TVD+3	Tercera lígula visible (Top visible development + 3)
um	Micra
V	volumen

SIMBOLOGÍA

% = Porcentaje
°C = Grado centígrado
p/v = Partes por volumen
GP = Pooles genéticos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Evaluación de látigos de Carbón en la Caña de Azúcar causada por el hongo <i>Ustilago scitaminea</i> Sydow.....	27
Figura 2	Inoculación de carbón de 100 variedades del Banco de Germoplasma en una suspensión de esporas.....	31
Figura 3	Inoculación del virus de Mosaico de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE.....	33
Figura 4	Estructura de un látigo de Carbón de la Caña de Azúcar (<i>Ustilago scitaminea</i> Sydow).....	37
Figura 5	Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas con Carbón (<i>Ustilago scitaminea</i> Sydow), clasificadas de acuerdo al grado de reacción, según la escala de Hutchinson and Daniels (16). CINCAE, 2008.....	39
Figura 6	Síntomas de Roya (<i>Puccinia melanocephala</i>) de la Caña de Azúcar en la variedad B4362 altamente susceptible.....	41
Figura 7	Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE, clasificadas de acuerdo al grado de reacción a Roya, según la escala de Purdy and Dean (26). CINCAE, 2008.....	42
Figura 8	Síntomas del virus de Mosaico de la Caña de Azúcar (<i>Sugarcane Mosaic Virus</i>) en la variedad B74132 altamente susceptible	47
Figura 9	Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas con el virus de Mosaico de la Caña de Azúcar (<i>Sugarcane Mosaic Virus</i>), clasificadas de acuerdo al grado de reacción, según la escala de Hutchinson and Daniels (16). CINCAE, 2008.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, inoculados con esporas de Carbón de la Caña de Azúcar (<i>Ustilago scitaminea</i> Sydow), clasificadas según la escala de Hutchinson and Daniels (16), en caña planta. CINCAE, 2008.....	40
Tabla 2	Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, a la Roya común de la Caña de Azúcar (<i>Puccinia melanocephala</i>), clasificadas de acuerdo a la escala de Purdy and Dean (26), en caña planta. CINCAE, 2008.....	46
Tabla 3	Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, al virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (SCMV), clasificados de acuerdo a la escala de Hutchinson and Daniels (16), en caña planta. CINCAE, 2008....	51
Tabla 4	Lista de variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE, que resultaron altamente resistentes a Carbón, Mosaico y Roya, según la escala de Hutchinson and Daniels (16) y; Purdy and Dean (26), en caña planta. CINCAE, 2008.....	52

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) del Banco de Germoplasma del CINCAE, a Carbón (<i>Ustilago scitaminea</i> Sydow). CINCAE, 2008.....	34
Plano 2	Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) del Banco de Germoplasma del CINCAE, a la Roya (<i>Puccinia melanocephala</i> Sydow). CINCAE, 2008.....	35

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario, en nuestro país, existen cerca de 82.749 Ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), destinadas para la producción industrial. Estas zonas están ubicadas en las provincias del Guayas (Ingenios Valdez y San Carlos), Cañar (Ingenio La Troncal), Los Ríos (Ingenio Isabel María), Imbabura (Ingenio Tababuela) y en Loja (Ingenio Monte Rey) (30).

Este cultivo representa un rubro muy importante para el sustento diario de miles de familias ecuatorianas, ya sea desde el punto de vista económico o social, debido a que en época de cosecha o zafra en los seis ingenios azucareros, laboran aproximadamente unas 30.000 personas de manera directa y unas 80.000 indirectamente, lo que representa el 9 % de la población económicamente activa del sector agropecuario y el 12 % del PIB (Producto Interno Bruto) Agrícola.

Al igual que en todo cultivo, en la Caña de Azúcar existen algunos factores que pueden interferir en el normal desarrollo de la planta, tales como las plagas y enfermedades, que pueden limitar su producción.

En cuanto a las enfermedades, las que mayor importancia tienen en nuestro país, son el mosaico común (Sugarcane Mosaic Virus), el Carbón de la caña

de azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow) y la Roya común (*Puccinia melanocephala* Sydow).

A través de la historia, estas enfermedades se han presentado como uno de los principales limitantes para la producción azucarera mundial. Así por ejemplo, en la segunda década del siglo XX, el virus del mosaico puso en peligro la producción azucarera latinoamericana, afectando a la variedad Cristalina. También existen otros antecedentes de enfermedades como el Carbón y la Roya, que han alcanzado niveles críticos en diferentes variedades sembradas comercialmente en su época.

Ante esta situación, la mayoría de países productores de Caña de Azúcar, incluido el Ecuador, tienen un banco de germoplasma o colección de variedades, con el fin de tener una fuente de diversidad varietal o de respaldo, que les permita sustituir variedades susceptibles a ciertas enfermedades o plagas, y que afecten la normal producción de Caña de Azúcar.

Por este motivo y dada la importancia que tiene este tema para nuestro país, se efectuó esta investigación, cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Determinar la reacción varietal de 100 variedades del Banco de Germoplasma de la Caña de Azúcar del CINCAE, a Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y el virus del Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus).
- Establecer una base de datos con información fitosanitaria que sirva de herramienta en la selección de buenos progenitores que serán utilizados en futuros cruzamientos para el desarrollo de líneas promisorias por parte del CINCAE para los cañicultores de la zona.
- Prevenir la proliferación de variedades susceptibles a estas enfermedades.
- Contribuir al mejoramiento de la productividad del cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador, con la selección de variedades resistentes a Carbón, Roya y el Virus del Mosaico.

CAPÍTULO 1

1. CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

1.1 Taxonomía y genética del cultivo de la Caña de Azúcar.

La Caña de Azúcar forma parte de la familia de las gramíneas del género *Saccharum*, donde tiene 6 especies, de las cuales 4 son domesticadas y 2 silvestres. Las domesticadas corresponden a *S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensi* y *S. officinarum*; las silvestres *S. spontanaum* y *S. robustum*.

Según Takthajan, 1966 (24) la clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la siguiente:

Reino: Eukaryota

División: Magnoliophyta
Clase: Liliatae
Orden: Poales
Familia: Poaceae (Gramínea)
Subfamilia: Panicoideae
Tribu: Andropogoneae
Subtribu: Saccharinae
Género: *Saccharum*
Especies: *officinarum* L.
sinense Roxb.
barberi Jeswiet
spontaneum L.
robustum Brandes y Jeswiet.
edule

La especie *S. officinarum* es la que se siembra comercialmente y se deduce que fue domesticada a partir de la *S. robustum*. Cuenta con caracteres morfológicos que pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales donde se desarrollan (29) y se caracteriza por la variación en el número de cromosomas ($2n=80$) que existe dentro de cada especie y variedad, lo que ofrece una variación genética amplia en sus progenies (5).

En los programas de mejoramiento se han identificado tres grupos de especies biológicas relacionadas para explotar el potencial genético de la caña, llamados pooles genéticos (GP). El primero formado por *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. spontaneum*, híbridos comerciales y otros géneros relacionados con la evolución de la caña: *Erianthus* sec. *Ripidium*, *Myschantus* y *Sclerostachya*. El segundo contiene todas las especies restantes de los géneros *Saccharum* y *Sacharastrae* y, el tercero los grupos como *Sorghum*, *Zea* y *Coix*. De estos las más utilizadas son las especies biológicas del primer grupo, siendo usado el segundo y tercer grupo para buscar resistencia a enfermedades, exceso de humedad y volcamiento (5).

1.2 Característica del Cultivo de la Caña de Azúcar.

Es un cultivo plurianual. Se corta cada 12 meses y la plantación dura aproximadamente 5 años. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 m de altura con 3 ó 5 cm de diámetro, siendo el órgano más importante ya que en él se almacenan los azúcares (2). Los tallos de la Caña de Azúcar están formados por anillos de crecimiento denominado nudos donde se desarrollan las yemas y las hojas (27). El sistema radicular esta formado por dos tipos de raíces: las raíces primordiales o de la estaca original y las raíces de los brotes nuevos de rápido crecimiento (31). La inflorescencia consiste en una panícula sedosa

en forma de espiga compuesta por un eje principal con articulaciones insertadas de espiguillas una frente a otra, las cuales tienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas (3).

La caña tiene una riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente, aunque varía a lo largo de toda la recolección, ésta se extrae para obtener azúcar blanca o morena. También tiene aproximadamente 40 kg de melaza y 150 kg de bagazo por tonelada métrica de caña. Hay otros subproductos de menor importancia como los compost agrícolas, vinazas, etc (2).

La Caña de Azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0 °C, aunque alguna vez puede llegar a tolerar hasta -1 °C, dependiendo de la duración de la helada. Para crecer exige un mínimo de temperaturas de 14 a 16 °C. La temperatura óptima de crecimiento parece situarse en torno a los 30 °C, con humedad relativa alta y buen aporte de agua (2). Se adapta a casi todos los tipos de suelos, creciendo mejor en los ligeros, si el agua y el abonado es el adecuado. En los suelos pesados y de difícil manejo constituye muchas veces el único aprovechamiento rentable. Los suelos muy calizos a veces dan problemas de clorosis (4).

CAPÍTULO 2

2. PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*).

A través de la historia, las enfermedades de la Caña de Azúcar se han presentado como una de las principales limitantes para la producción azucarera mundial. Así, el Mosaico, en la segunda década del siglo XX, puso en peligro la producción azucarera latinoamericana, afectando a la caña Cristalina y otras variedades nobles, hasta la sustitución de éstas. Existen también antecedentes de enfermedades como el Carbón y la Roya, que han alcanzado niveles críticos de propagación e intensidad en diferentes variedades sembradas comercialmente en su época (9).

2.1 Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

2.1.1 Etiología y síntomas.

El carbón de la Caña de Azúcar es causado por el hongo *Ustilago scitaminea*, se presenta como una estructura similar a un látigo en el meristema terminal o en los meristemas laterales de los brotes de la planta infectada. Estas estructuras contienen esporas y están rodeadas por una membrana delgada de color plata-blanca.

El proceso de infección de la planta se inicia con la germinación de las esporas; cuando las condiciones de humedad son las adecuadas. Estas esporas producen un micelio que penetra en el tejido a través de las yemas caulinares e invaden la región meristemática de éstas (10). Las plantas infectadas pueden parecer herbáceas con un número anormalmente de tallos con diámetro pequeño.

Además del síntoma característico presenta otros síntomas comunes como agallas en los tallos y látigos en forma de serpentina. Existen reportes de inflorescencias modificadas, pero esto es sumamente raro (10). Ocasionalmente, aparecen agallas en la inflorescencia o en las hojas, también se observa que antes de la aparición del látigo los tallos infectados crecen delgados con semejanza a los pastos (4).

En variedades susceptibles, si la infección es muy precoz se producen tallos herbáceos, apreciándose un macollamiento anormal de la cepa y la acumulación de esporas en la lámina foliar de la planta (14).

2.1.2 Taxonómica.

Según Agrios (1), la clasificación taxonómica del carbón es la siguiente:

Clase:	Basidiomicetos
Orden:	Ustilaginales
Familia:	Ustilaginaceae
Género:	<i>Ustilago</i>
Especie:	<i>scitaminea</i>

2.1.3 Ciclo de vida.

Este hongo pertenece a la clase de los Basidiomycetos, cuyas esporas llamadas teliosporas contienen núcleos haploides, que al germinar producen hifas haploides, las cuales una vez fecundadas forman un micelio dicariótico que se desarrolla creando el soma del hongo. El micelio dicariótico conforma una estructura compleja llamada teliocarpo, cuyos núcleos se fusionan formando núcleos diploides los cuales se fraccionan meióticamente en una hifa

especializada llamada telia, en el cual se producen las teliosporas (1 y 11).

La temperatura óptima para la germinación de las teliosporas y el crecimiento de *Ustilago scitaminea* esta entre 25 °C a 30 °C, siendo la temperatura de conservación 5 °C sin la pérdida de germinación hasta por 12 meses (33). Para su eliminación se realiza un tratamiento térmico a 52 °C por 45 minutos (10)

2.1.4 Epidemiología.

Los látigos están rodeados por una membrana delgada, la cual se desintegra exponiendo las esporas al medio ambiente. Por lo general la altura de los látigos supera a los tallos sanos, las esporas, contenidas en estas estructuras, con el accionar del viento se dispersan a grandes distancia ocurriendo la infección en las yemas laterales (23), que al encontrar condiciones favorables de humedad, la hifa infecciosa penetra alrededor de la base de la yema, estableciéndose el micelio en el área meristemática, el cual entra en un periodo de latencia (34).

El riego y la lluvia también diseminan las esporas, pero la mayoría quedan adheridas al látigo provocando una germinación de esporas

en la misma estructura. Otra forma de diseminación puede estar dada en la transportación de las esporas en la ropa de las personas y en las herramientas de trabajo.

Según estudios realizados en Colombia (34), la viabilidad de las esporas en el suelo oscila entre tres a cuatro meses aproximadamente, relacionada con el porcentaje de humedad y temperatura; así a mayor porcentaje de humedad y temperatura, menor viabilidad.

2.1.5 Importancia económica y distribución geográfica.

El carbón es una de las enfermedades potencialmente más dañinas, ya que en variedades susceptibles se pueden perder cepas enteras. La severidad de los ataques del hongo y las pérdidas económicas dependen del grado de susceptibilidad de las variedades. Económicamente la enfermedad ha causado pérdidas de hasta 70 % y 29 % en el tonelaje de caña por ha en las socas y en planta, respectivamente (33). En otros casos, esta enfermedad, no causa ninguna pérdida durante los primeros años de producción, pero puede luego aparecer provocando mucho daño en la cosecha (10).

La variedad CP57-603, es susceptible al Carbón, el cual ha producido pérdidas de hasta un 57%, con una disminución de 2.3 toneladas de caña por hectárea (TCH), por cada 1% de incidencia (12). Aunque en variedades resistentes puede pasar desapercibido, el Carbón, causa severos daños cuando se expanden en variedades susceptibles y encuentran condiciones favorables para el desarrollo del organismo (9 y 10).

Esta enfermedad se reportó inicialmente en 1877, en África del sur; posteriormente llegó a Argentina en 1940, Cuba en 1978 y Venezuela en 1979; actualmente está presente en 64 países cañeros, causando pérdidas en tonelaje entre 17 % a más del 50% en variedades susceptibles (4). Además, ocasiona reducciones en la población, calidad de los jugos y disminución en el tonelaje (9).

2.2 Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow).

2.2.1 Etiología y síntomas.

La Roya de la Caña de Azúcar es causada por el hongo *Puccinia melanocephala*, siendo el síntoma característico el color rojizo-castaño de las pústulas en el momento de la esporulación, que ocurre en la parte inferior de la superficie de la hoja (envés). Los primeros síntomas de infección son manchas cloróticas alargadas

que son visibles en los ápices de las hojas. Estas cambian a un color rojizo-castaño invadiendo la lámina foliar hasta que las pústulas maduran produciéndose la liberación de las esporas. Las pústulas son 2-20 mm largo por 1-3 mm ancho. En variedades susceptibles se observan masas de color naranja-castaño (uredosporas), en las hojas severamente infectadas hasta llegar a la necrosis (10). En variedades resistentes la infección se presenta con lesiones leves de forma lineal, redondas u ovaladas de color amarillo-naranja, sin presentar pústulas (23).

2.2.2 Taxonómica.

Según con Agrios (1), la clasificación taxonómica de la Roya es la siguiente:

Clase:	Basidiomicetos
Orden:	Uredinales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	<i>Puccinia</i>
Especie:	<i>melanocephala</i>

2.2.3 Ciclo de vida.

Este hongo forma parte de la clase de los Basidiomycetos, cuyas esporas llamadas urediosporas, de núcleos haploides, producen hifas

haploides. Las hifas cuando se fecundan forman un micelio dicariótico que se desarrolla creando una estructura compleja llamada urediocarpo o soma. Posteriormente estas hifas de núcleos dicariótico formando núcleos diploides los cuales se fraccionan meióticamente en una hifa especializada llamada Uredia, en el cual se producen las uredosporas (1 y 11).

Se estima que las pústulas en plantas susceptibles se desarrollan en 3 a 4 días y dentro de 10 a 14 días se maduran produciendo la liberación de las esporas. La germinación de las uredosporas está relacionada con la temperatura, siendo la óptima 25 °C. A menor y mayor temperatura la germinación disminuye, a pesar de tener una humedad relativa alta en el ambiente (35).

2.2.4 Epidemiología.

La diseminación de la Roya en caña de azúcar comienza al momento en que las pústulas se rompen, liberando grandes masas de uredosporas, las mismas que por acción del viento son distribuidas a grandes distancias, propagando así la enfermedad (10).

El agua también es un medio de transportación de las uredosporas observándose en el género *Erianthus* sp, *Narenga* sp, y en casi todas

las especies de *Saccharum*. Estas aparecen con más frecuencia hacia la extremidad de las hojas y se presenta con mayor severidad en caña de seis meses de edad y en retoños (4).

2.2.5 Importancia económica y distribución geográfica.

La Roya es una enfermedad que puede ocasionar pérdidas variables en el cultivo de caña de azúcar. En algunos países se considera que la roya es una afección sin importancia; en Cuba por el contrario, se estima que durante 1980 fue responsable de la pérdida de 1'300.000 toneladas de azúcar. Por otra parte, en Colombia se ha encontrado que la roya puede reducir en 4% la producción de la variedad CP57-603 en suelo con buena fertilidad, pero en suelos menos fértiles la reducción en producción puede llegar al 10% (33).

En 1978, se observó por primera vez en el continente americano, causando pérdidas del 50 % en variedades susceptibles (4). Actualmente se encuentra presente en 64 países cañeros donde hay diferentes especies y razas del patógeno. En Venezuela y Cuba se presentó por el año de 1979 sobre la variedad B4362 que ocupaba alrededor del 40 por ciento del área cañera nacional, en ambos países. Esta enfermedad provoca la reducción del área fotosintética, adelgazamiento de los tallos y acortamiento de los entrenudos, lo que

puede llegar a influir en la disminución del rendimiento agrícola hasta 50% de la cosecha (9).

2.3 Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*).

2.3.1 Etiología y síntomas.

El síntoma característico del virus de Mosaico es la disminución de la clorofila en la hoja (9), debido a la reducción del número y tamaño de los cloroplastos, provocando áreas verdes normales sobre un fondo de verde más claro a amarillento. Este síntoma varía dependiendo de la raza del virus (A, B, D, H), de la variedad, temperatura y otras condiciones de crecimiento. Por lo general, es más evidente en brotes jóvenes y puede afectar o no el crecimiento de la planta (23). Un desorden fisiológico de la planta poco común, es la formación de áreas de color rojizo-castaño en la hoja, cuya intensidad depende de la variedad y raza del virus (19).

La observación visual de síntomas es el método primario de diagnóstico. El tiempo en presentar los síntomas después de la transmisión del áfido o la inoculación mecánica varía en relación de la edad del cultivo, condiciones ambientales y razas del virus (10).

2.3.2 Taxonómica.

De acuerdo a Viswanthan, R. y Mohanraj, D. (36), la clasificación taxonómica del Virus de Mosaico de la Caña de Azúcar es la siguiente:

División: RNAss helicoidales

Familia: Potyviridae

Grupo: Potyvirus

2.3.3 Ciclo de vida.

Cuando el virus ataca a las células de las hojas libera dentro de ellas su material genético, el cual se multiplica en las células vivas apoderándose de las enzimas y la máquina biosintética de la célula afectada, ordenando a la célula que fabrique más virus. Los nuevos virus salen de la célula destruyéndola para luego invadir a nuevas células.

Este virus de mosaico está conformado por una región central de Ácido Ribonucleico (RNA), rodeado por una cubierta proteínica, la cual determina la especificidad del virus (11).

Las razas que se han podido distinguir en el estudio del virus son A, B, C, E, F, G, H, I, J, entre otras, siendo la raza o variante H e I las más agresivas. Cuando una planta tiende a infectarse con el virus del

Mosaico, los síntomas aparecen solamente en las hojas tiernas que aún están enrolladas. Los síntomas pueden ser evidentes a los 6 o 7 días o pueden retrasarse por 20 a 30 días o más, dependiendo de la raza del virus (4 y 10).

2.3.4 Epidemiología.

El Mosaico de la Caña de Azúcar se transmite por inoculación mecánica o vectores como los áfidos de manera semi-persistente; entre ellos: *Dactynotus ambrosiae*, *Melanaphis sacchari* y *Rhopalosiphum maidis* (13), no existiendo evidencias de transmisión a través de semilla sexual (18 y 28). La infección sucede al momento de succionar la savia de la hoja de una planta enferma y posteriormente alimentarse en una planta sana. El virus se distribuye en toda la planta, pero hay una mayor concentración en las células vegetativas jóvenes, como por ejemplo en la primera hoja con lígula visible (TVD), que presenta la sintomatología de la enfermedad entre los 7 a 10 días dependiendo de la variante del virus, concentración, clon o variedad y la edad de la planta. La inactivación termal del virus se da entre 50 °C a 58 °C, punto de dilución de 10^{-2} a 10^{-5} y una longevidad *in vitro* a temperatura ambiente de 1 a 2 días.

2.3.5 Importancia económica y distribución geográfica.

El virus de Mosaico de la Caña de Azúcar apareció en 1892, en Indonesia, ocasionando pérdidas superiores al 30 % de la cosecha (9). También ha causado pérdidas severas en Cuba y Colombia en 1930 con la variedad Cristalina, época a partir de la cual se reemplazaron por la variedad POJ28-78, resistente a la enfermedad. Sin embargo, esta apareció de nuevo en 1974 con el establecimiento de la variedad CP57-603, susceptible a la infección por Mosaico (23). En la actualidad se encuentra en 72 países productores de caña y se han reportado 14 razas y varias subrazas del agente causal (9). Este virus, hizo que en Venezuela por muchos años no se cultivaran las socas, ya que por el mosaico había que sembrar nuevamente cada año (14).

En un estudio de 14 años efectuado en Louisiana USA, entre variedades comerciales y susceptibles el virus causó pérdidas de rendimiento (TAH) del 7 a 21% durante un periodo de cosechas de tres años (19). Quizás la pérdida más grande causada por el virus del Mosaico ha sido la eliminación de germoplasmas, cañas nobles y clones promisorios susceptibles a nuevas razas del virus que han aparecido (10).

CAPÍTULO 3

3. BANCO DE GERMOPLASMA Y CONSERVACIÓN.

Todos los programas de mejoramiento genético planificados en centros de investigaciones poseen un Banco de Germoplasma, donde se conserva la diversidad genética que es el resultado de un proceso evolutivo de cada especie (29). La creación del Banco de Germoplasma y su conservación nace debido a la necesidad del hombre de disponer de los alimentos cerca de su hábitat para garantizar un sustento duradero en el tiempo (15).

Según el Instituto Internacional de Recursos Genéticos existen dos formas de conservar los recursos fitogenéticos: La *ex situ* e *in situ*. La

primera consiste en la conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de su hábitat natural; y, la segunda en la conservación de ecosistemas, mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su ámbito natural (17).

La conservación *ex situ* abarca toda forma de subsistencia donde se transporta muestras de poblaciones de su hábitat natural o agroecosistema a sitios lejanos para su preservación en Banco de Germoplasma (6). Para esto, los Bancos de Germoplasmas tienen diferentes tipos de conservación, como colecciones a largo plazo, *in Vitro* y viva o de campo.

En las colecciones a largo plazo la semilla ortodoxa es almacenada a baja temperatura con una humedad interna de 2 a 8 %. En la colección *in Vitro* las plantas se establecen en medios de cultivo con reguladores de crecimiento a temperatura ajustada al normal desarrollo de las plantas; y, la colección viva o de campo conformada exclusivamente por especies de reproducción vegetativa o del tipo de semilla recalcitrante (no se puede secar) sembradas en parcelas de campo, como por ejemplo el Banco de Germoplasma de la caña de azúcar del CINCAE (7).

3.1 Importancia de los Bancos de Germoplasma del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

En nuestro país se siembra un área aproximada de 82.749 Ha de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*), para la producción industrial de azúcar, estas zonas están ubicadas en las provincias del Guayas, Cañar, Los Ríos, Imbabura y en Loja. Siendo en época de cosecha un sustento económico para 110.000 personas aproximadamente (30).

En todo cultivo tenemos factores bióticos (bacterias, fitoplasmas, hongos, nemátodos y virus), que limitan la producción y el desarrollo normal de la planta (25). En el cultivo de la Caña de Azúcar se han reportado enfermedades como el Virus de Mosaico común (Sugarcane Mosaic Virus), Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow) y Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) (9), que han provocado disminución en la producción (TCH) hasta la sustitución de variedades establecidas a nivel comercial.

Por tal motivo, los países productores cuentan con un Banco de Germoplasma y un programa de mejoramiento para la obtención de variedades resistentes a éstas enfermedades. En nuestro país, el Centro de investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), tiene la

tecnología y capacidad para evaluar la reacción de las variedades a dichas enfermedades, determinando así los materiales resistentes y susceptibles.

Entre el año 2002 al 2007, se introdujeron al CINCAE 192 variedades con el objetivo de tener genotipos superiores destinados a contribuir al mejoramiento varietal mediante cruzamientos o establecimiento de los mismos (8). Con esta alternativa podemos lograr la sustitución paulatina de variedades comerciales que por una u otra causa se están haciendo improductivas. Estos genotipos foráneos eventualmente traen a su vez valiosa carga genética, que una vez detectada y manejada convenientemente, permite su incorporación y utilización en los programas de mejoramiento varietal (32).

CAPÍTULO 4

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 Ubicación.

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), una división de la Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE), el cual se encuentra ubicado en el Km. 49.6 de la vía Durán-El Triunfo provincia del Guayas cantón El Triunfo. Sus coordenadas son 02° 19' 33'' de Latitud Sur y 79° 26' 83'' de Longitud Oeste, a 45 msnm. La temperatura promedio es de 25.5° C, con una precipitación media anual de 1400 mm y una humedad relativa de 81% (20).

4.2 Factor en estudio y tratamientos.

El factor en estudio son las variedades de caña de azúcar y los tratamientos son cada una de las variedades, las cuales se obtuvieron del Banco de Germoplasma del CINCAE (Apéndice A).

4.3 Unidad Experimental, diseño experimental y análisis estadístico.

La unidad experimental estuvo conformada por un surco o hilera de 5 m de largo, sembrado a una distancia de 1.5 m entre surcos. De esta manera el área total por parcela fue de 7.5 m.²

Para la siembra del ensayo se empleó el diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Para el análisis se utilizó la estadística descriptiva (tabla de frecuencias, cuadros o figuras), basada en el grado de reacción de cada variedad a cada una de las enfermedades en estudio. Por ser un estudio descriptivo, el experimento no se ajustó a ningún diseño experimental para la interpretación de los resultados.

4.4 Variables a registrar.

Látigos en cepa nueva (LCN) y Látigos en cepa vieja (LCV)

Los látigos en cepa nueva corresponden al total de tallos que presentaban el síntoma de látigo de la enfermedad en cepas infectadas por primera vez. Esta variable se evaluó desde el tercer

hasta el séptimo mes de edad del cultivo, marcándolos con una cinta de color.

Los látigos en cepa vieja correspondieron al número de tallos con látigos en cepas que habían presentado en una evaluación previa al menos un látigo. Para ello se contó en toda la parcela el total de látigos. Cada tallo afectado se marcó con una cinta de color, para no contarlo de nuevo en la siguiente evaluación. Esta variable se evaluó mensualmente a partir del cuarto hasta el séptimo mes de edad (Figura 1).



Figura 1. Evaluación de látigos de Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow) en la variedad NOBIS del Banco de Germoplasma del CINCAE, marcados con cinta de color. CINCAE, 2008.

Población

A los siete meses de edad se contaron todos los tallos existentes en los cinco metros lineales que tuvo cada parcela (tallos sanos y enfermos).

Grado de reacción a Roya, Mosaico y Carbón.

Para determinar el grado de reacción a la Roya se utilizó la escala de 0 a 9 propuesta por Purdy and Dean (26); donde: 0 = infección no visible, la Roya presente en la zona y 9 = las pústulas en tejido verde esporulando activamente. Para esta variable se evaluaron tres hojas de la tercera lígula visible (TVD+3) de cepas diferentes tomadas al azar en cada parcela, se observó en el envés la presencia de signos y síntomas de la enfermedad, para luego calificar el grado de reacción antes mencionado. Esta evaluación se efectuó entre el tercer y cuarto mes de edad del cultivo.

En el caso de Mosaico se determinó el porcentaje de incidencia en cada variedad y con éste se calificó el grado de reacción a esta enfermedad, utilizando la escala de Hutchinson and Daniels (16), de 1 al 9; donde: 1 = es altamente resistente y 9 = altamente susceptible. La incidencia de Mosaico es el número de tallos con síntomas dividido para el total de tallos de la parcela por 100.

$$I = (Te / Pobl.) \times 100$$

Pobl.= Población

I = Incidencia de la enfermedad

Te= Total de tallos enfermos

Para determinar el grado de reacción al Carbón se estimó primeramente el porcentaje de incidencia de la enfermedad, haciendo una relación entre el número de látigos detectados, dividido por la sumatoria de látigos y tallos molinables, multiplicado por 100. Posteriormente se utilizó la escala de Hutchinson and Daniels (16), de 1 al 9; donde: 1 = es altamente resistente y 9 = altamente susceptible.

$$I = TI / (Pobl.) \times 100$$

Pobl.= Población

I = Incidencia de la enfermedad

TI = Tallos con látigos de carbón

4.5 Escalas de reacción.

Escala de evaluación para Mosaico y Carbón propuesta por Hutchinson and Daniels (16).

Grado de Reacción	% de tallos enfermos		Descripción de la reacción
	Límite inferior	Límite superior	
1	0,0	2,0	Altamente resistente
2	2,1	3,0	Muy resistente
3	3,1	5,0	Resistente
4	5,1	8,0	Moderadamente resistente
5	8,1	11,0	Intermedio
6	11,1	15,0	Moderadamente susceptible
7	15,1	22,0	Susceptible
8	22,1	30,0	Muy susceptible
9	30,1	100,0	Altamente susceptible

Escala de evaluación para Roya propuesta por Purdy and Dean (26).

Grado de reacción	Descripción de la reacción
0	Infección no visible, la roya presente en la zona.
1	Solamente pequeñas rayas cloróticas.
2	Rayas necróticas solamente.
3	Manchas pequeñas a grandes, de forma irregular, rojas a cafés, pueden estar fusionadas entre sí. Ausencia de pústulas.
4	Manchas individuales cloróticas a rojas, con pústulas sin abrir.
5	Manchas individuales cloróticas o rojas, con pústulas abiertas y produciendo esporas.
6	Manchas grandes en las hojas, enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas.
7	Manchas rojas a cafés, fusionadas, cubriendo gran parte de la lámina foliar de un borde a otro atravesando la nervadura central, con pústulas esporulantes.
8	Las pústulas en tejido clorótico esporulando activamente.
9	Las pústulas en tejido verde esporulando activamente.

4.6 Manejo específico del Experimento.

La tecnología utilizada en estos ensayos, fue establecida por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), basado en experiencias de otras investigaciones, acordados en foros internacionales de enfermedades de caña.

4.6 1 En Laboratorio e Invernaderos

Carbón

Cosecha de esporas y verificación de la viabilidad: En los lotes de experimentación, previo al establecimiento del ensayo se recolectó los látigos que no habían liberado las esporas en su

totalidad, para luego ser llevados a una percha para su secado. Luego se raspó las esporas de cada uno de los látigos y se pasó por un tamiz N° 20. Las esporas se colocaron en fundas de papel y se mantuvieron a 5 °C. Antes de realizar la inoculación se evaluó la viabilidad de las esporas mediante una prueba de germinación *in vitro* (PDA). Para la inoculación se utilizó esporas que presentaron un 80 % o más de germinación.

Método de inoculación: Se realizó una inmersión de cada uno de los paquetes que conformó la semilla de cada variedad en una suspensión de esporas (2g/L), durante aproximadamente 10 minutos. De la misma forma se inocularon cinco testigos con diferentes grados de reacción a Carbón (Figura 2).



Figura 2. Inoculación artificial mediante inmersión de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE en una suspensión de esporas (2g/L) de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow). CINCAE, 2008.

Mosaico

Método de inoculación.

Del banco de germoplasma se tomaron 100 variedades y de éstas se obtuvieron 60 yemas, las cuales fueron sometidas a un tratamiento hidrotérmico corto (50 °C, 30 min.) y posteriormente a un tratamiento con un fungicida sistémico (Folicur, 2 g/l. 10 min.) (Apéndice B).

Cuando germinaron más del 50 por ciento de las yemas vegetativas, se transplantaron a gavetas, en donde se realizó la inoculación mecánica 8 días después o cuando las plantas tuvieron un promedio de 2 a 3 hojas completamente abiertas (Apéndice C). Se inocularon un total de cuarenta y cinco plantas, de cada variedad.

Para realizar la inoculación se preparó un extracto de jugo de caña de la variedad B74132 infectada con el virus. En una licuadora que contenía el tampón Sulfito de sodio 0.01N se le agregó el tejido vegetal infectado en proporción 1:4 p/v. Al extracto obtenido se le añadió Mercaptoethanol (0.8 ml) y 7.0 g de carborundum por cada 250 ml de jugo (Apéndice D). Luego

se hizo la inoculación por frotamiento de las plantas, empleando una gasa y carborundum (Figura 3).



Figura 3. Inoculación del virus Mosaico por frotamiento de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE (Izquierda y Derecha). CINCAE, 2008.

Roya

Fuente de inóculo natural: Tres meses antes de la siembra del ensayo, se cortaron yemas individuales de la variedad B4362 susceptible a la Roya (*Puccinea melanocephala* Sydow). Una vez transplantadas las plántulas se dejaron en la cama de germinación, en donde se aplicó riego frecuente para incrementar el inóculo natural en esta variedad, previo al transplante definitivo en el campo.

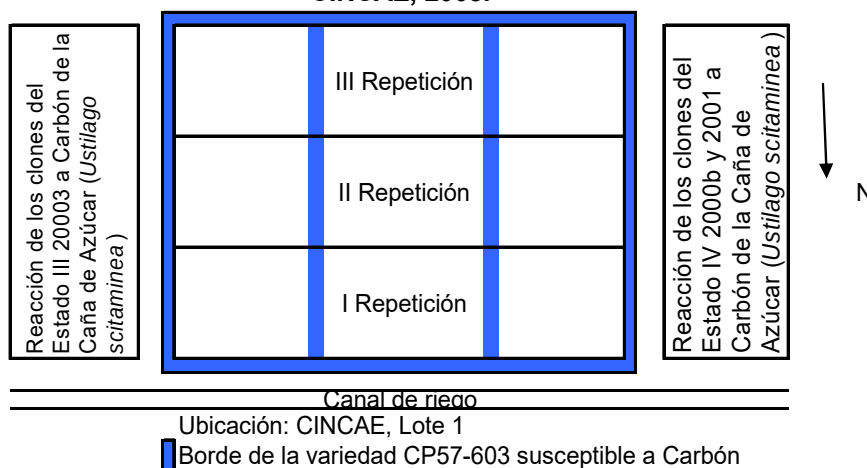
4.6 2 En campo.

Carbón

Fuente de semilla: Del Banco de germoplasma del CINCAE se cortaron de 3 paquetes por variedad, los cuales estuvieron conformados por 20 esquejes de dos yemas cada uno. Estos paquetes se identificaron de acuerdo al tratamiento (variedad).

Siembra: Luego de la inoculación artificial de la semilla, se sembraron 20 trozos de dos yemas por cada parcela de 5 m (Apéndice E). En el Plano 1 se observa el establecimiento en campo del presente ensayo.

Plano 1. Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, a Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea*). CINCAE, 2008.



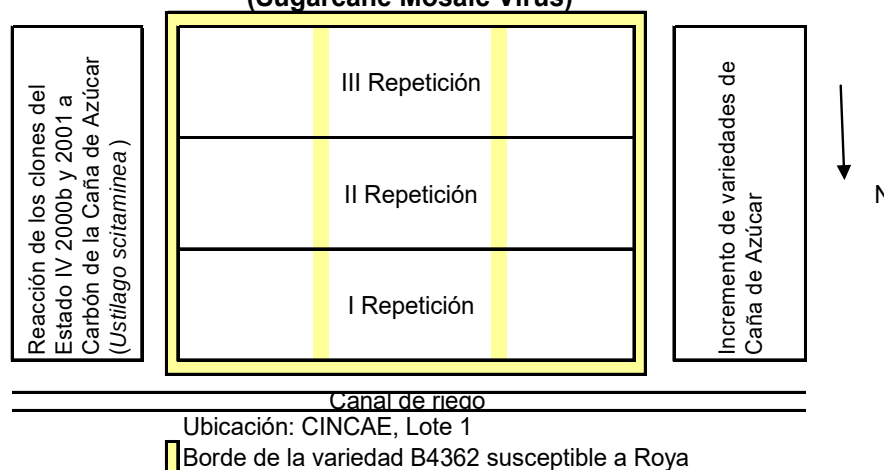
Cosecha: Una vez finalizada la evaluación de Carbón se procedió a la cosecha del experimento, esto es a los 12 meses de edad.

Mosaico y Roya

Transplante

Después de la inoculación de Mosaico se transplantaron 10 plantas de cada variedad, por repetición, al campo. Dos meses después del transplante a gavetas de la variedad B4362, se sembró un surco de esta variedad por cada 10 surcos, el cual sirvió de fuente de inóculo natural de Roya (Plano 2).

Plano 2. Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, a Roya (*Puccinia melanocephala*) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus)



Manejo Agronómico: Una vez establecidos los experimentos, se realizaron las diferentes labores de riego, fertilización, control de malezas, aporque y drenaje.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Reacción varietal de la Caña de Azúcar al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

Según los resultados obtenidos las plantas inoculadas presentaron estructuras fungosas en forma de látigo, localizado en las yemas terminales o laterales (Figura 4). Como consecuencia los tallos crecieron delgados y herbáceos acompañado de una sobre brotación o macollamiento (Apéndice F).

Las variedades susceptibles con el grado de reacción (7), fueron la C132-78, HJ57-47 y NOBIS, las cuales presentaron una mayor presencia de látigos además de masas negras de esporas.



Figura 4. Estructura de un látigo de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow) en el meristema terminal (Izquierda) o lateral (Derecha), del brote de una planta infectada, de la variedad HJ57-47 del Banco de Germoplasma del CINCAE.

Los resultados de la reacción varietal al Carbón de la caña de azúcar, tuvo una alta resistencia de acuerdo a la escala propuesta por Hutchinson and Daniels (16). Esta escala clasificó el 87 % de variedades evaluadas como altamente resistente; 3% como muy resistentes; 2% resistentes; 2% moderadamente resistente; 2% intermedio; 1% moderadamente susceptible y 3% susceptibles (Figura 5).

En esta investigación se determinaron 87 variedades altamente resistentes (Grado 1); 3 como muy resistentes (Grado 2); 2 resistentes (Grado 3); 2 moderadamente resistente (Grado 4); 2 intermedio (Grado 5); 1 moderadamente susceptible (Grado 6) y 3 susceptibles (Grado 8). En la tabla 1, se clasificó a las variedades H50-4336 y PR77-3007 intermedia; BJ6905 moderadamente susceptible; C132-78, HJ57-47 y NOBIS susceptibles.

Para el caso de la selección de los testigos del ensayo, se tomaron como referencia 5 variedades de diferente grado de reacción al Carbón; 3 variedades altamente resistente de grado 1 (CC85-92, Ragnar y B74132), 1 intermedia de grado 5 (B73-16) y 1 altamente susceptible de grado 9 (CP57-603). Los resultados demostraron que las variedades de grado 1 y 9, mantuvieron el mismo comportamiento varietal, excepto la utilizada para grado 5 que se comportó moderadamente resistente.

Cabe mencionar que para el caso de esta enfermedad, el Programa de Variedades del CINCAE, establece un límite máximo de admisión en el proceso de selección hasta un 8 % de tallos infectados (grado 4); lo que represento el 94% de las variedades evaluadas en esta investigación.

Las variedades H50-4336, PR77-3007, BJ6905, C132-78, HJ57-47 y NOBIS, no deben de ser seleccionadas dentro de un programa de mejoramiento genético de variedades resistentes a esta enfermedad, como también no se recomienda la proliferación de estas variedades en siembras comerciales.

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron un alto porcentaje de variedades de Caña de Azúcar, con niveles de resistencia aceptable a esta enfermedad. Esto coincide con los resultados, realizados

por Garcés, F (2006), quien obtuvo un 86.6% de alta resistencia en las variedades evaluadas en su investigación.

Con respecto al método de inoculación artificial por inmersión de esquejes, con una suspensión de esporas de Carbón de la caña de azúcar, resultó efectivo para evaluar la resistencia varietal a esta enfermedad. Esto concuerda a los resultados obtenidos por Ordosgoitti, A., (1982).

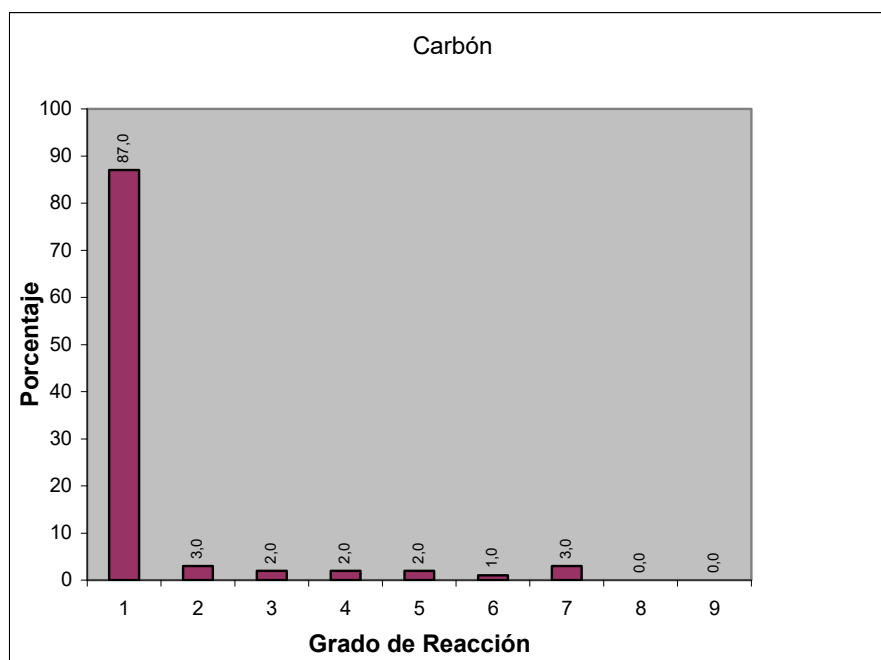


Figura 5. Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas con Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), clasificadas de acuerdo al grado de reacción, según la escala de Hutchinson and Daniels (16). CINCAE, 2008.

Tabla 1. Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, inoculados con esporas de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow), clasificadas según la escala de Hutchinson and Daniels (16), en caña planta. CINCAE, 2008.

Grado reacción	Descripción de la reacción	Variedad			
1	Altamente resistente	Amarilla	C89-523	F140	RAGNAR ^{1/}
		B42231	C90-501	F543345	S52258
		B54142	CB41-76	H48-4899	SP70-1005
		B57150	CC85-109	H51-5174	SP70-1143
		B74132 ^{1/}	CC85-63	IS76-319	SP77-5181
		B74418	CC85-92 ^{1/}	IVP7514	SP79-2233
		B74437	CC86-33	JA6420	SP80-1816
		B75400	CC89-2000	LHo83-153	SP80-1842
		B76592	CO1148	MCZ74-275	SP80-3280
		B7678	CP52-43	Mex 68P23	SP84-1431
		B78237	CP62-374	Mex52-29	SP85-3877
		BJ6183	CP67-413	MPR336	SP86-155
		BJ65152	CP70-330	MY57-15	SP89-1115
		BJ6808	CP72-2086	MZC74-1275	SP90-1638
		BJ7504	CP96-1865	NG51-105	VESTA
		BT65-282	CR69177	NG77-234	
		C1051-73	CR74250	PHIL5460	
		C132-81	CR901015	POJ22-22	
		C266-70	CP72-370	PR1000	
		C323-68	CP77-193	PR1028	
		C72-74	CP92-1167	PR1059	
		C85-102	CP92-1213	PR64610	
		C86-503	CP92-1666	PR902	
		C88-380	CP94-1528	PR905	
		C89-161	ECSP99-169	PSO1	
2	Muy resistente	B59162	CP57-526	CP57-536	
3	Resistente	B76708	CC87-474		
4	Moderadamente resistente	B7316 ^{1/}	BJ6811	C137-81	
5	Intermedia	H50-4336	PR77-3007		
6	Moderadamente susceptible	BJ6905			
7	Susceptible	C132-78	HJ57-47	NOBIS	
9	Altamente susceptible	CP57-603 ^{1/}			

n = 100

^{1/} testigos

Fuente: Autor, 2008

Reacción varietal de la Caña de Azúcar a la Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow).

Los síntomas observados después de las inoculaciones, fueron los siguientes: manchas alargadas de color rojizo castaño; visibles desde el ápice de las hojas hacia la base de las mismas, pústulas maduras; con liberación de esporas en la parte inferior de la superficie de la hoja (Figura 6).



Figura 6. Síntomas de Roya (*Puccinia melanocephala*) de la caña de azúcar en la variedad B4362 altamente susceptible, de acuerdo a la escala de Purdy and Dean (26). CINCAE, 2008.

Según los resultados obtenidos, la reacción varietal de las 100 variedades de caña de azúcar, a la Roya (*Puccinia melanocephala*), tuvieron una alta resistencia a la infestación de esta enfermedad, de acuerdo a la escala propuesta por Purdy and Dean (26).

De las 100 variedades evaluadas el 89%, no mostraron síntomas visibles a esta enfermedad; el 1% mostró manchas individuales cloróticas o café

rojizo, con pústulas sin abrir; 6% presentaron manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas y 4% con manchas grandes en las hojas enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas (Figura 7). Todo esto demuestra que hubo un alto porcentaje de variedades con niveles de resistencia aceptable a este patógeno. Esto coincide, con los resultados obtenidos por Ordosgoitti, A. (1982), quien determinó un alto porcentaje de variedades de caña de azúcar, en condiciones naturales y artificiales, las cuales presentaron niveles aceptables de resistencia a Roya.

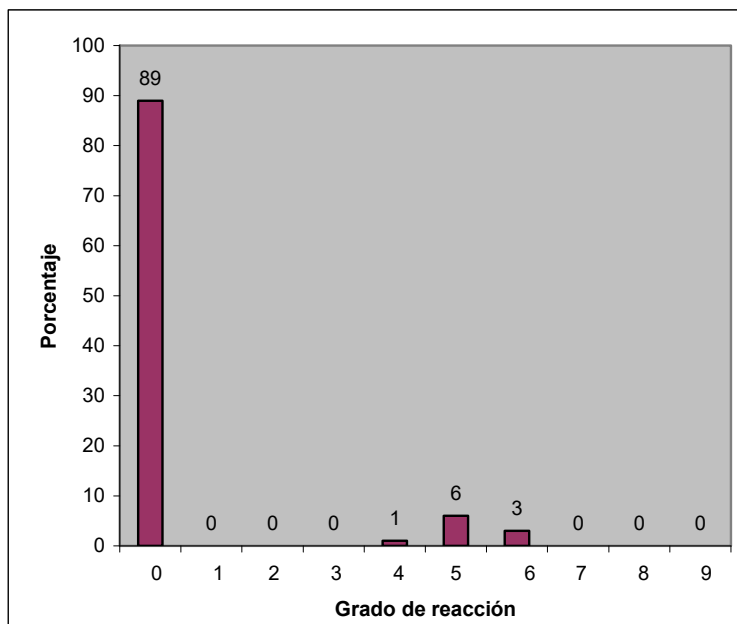


Figura 7. Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE, clasificadas de acuerdo al grado de reacción a Roya, según la escala de Purdy and Dean (26). CINCAE, 2008

En esta investigación se determinaron que un total de 89 variedades evaluadas, no mostraron síntomas visibles de la enfermedad (Grado 0); 1 variedad, mostró manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas sin abrir (Grado 4); 6 plantas presentaron manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas (Grado 5) y 4 con manchas grandes en las hojas enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas (Grado 6).

En la tabla 2, se presenta en detalle estos resultados, donde se puede anotar lo siguiente: la variedad C323-68 mostró manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas sin abrir de Grado 4; B54142, B76592, C89-523, CP57-526, PR1028 y PR1059 presentaron manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas de Grado 5; y, BT65-282, NG51-105, POJ22-22 y PR64-610 con manchas grandes en las hojas enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas de Grado 6.

Cabe destacar que dentro de las 89 variedades evaluadas como altamente resistente (grado 1), entre ellas: C1051-73, CP52-43, JA64-20 y MY57-15, también han sido clasificadas de esta manera, en estudios similares realizados por Ordosgoitti, A (1982) en Venezuela.

Para el caso de esta enfermedad, el Programa de Variedades del CINCAE, establece un límite máximo de admisión de variedades que presenten manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas hasta un grado 5. Esto significaría que un 96% de las variedades evaluadas en esta investigación, sería considerada para este proceso.

En esta investigación también se determinó que las variedades BT65-282, NG51-105, POJ22-22 y PR64-610; no deberían ser consideradas, para un programa de mejoramiento genético, así como también en siembras comerciales.

Para el caso, en la selección de los testigos, usados en este ensayo, se consideró 5 variedades de diferente grado de reacción; 3 que no presenten síntomas visibles de grado 1 (CC85-92, Ragnar y B74132), 1 que presente manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas de Grado 5 (BJ65152) y 1 con pústulas en tejido verde esporulando activamente de grado 9 (B4362).

Los resultados demostraron que las variedades de grado 1 y 9 obtuvieron el mismo grado de reacción; excepto la utilizada para grado 5, que calificó

con manchas grandes en las hojas, enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas de grado 4.

El método de inoculación natural por siembra intercalada de surcos de la variedad B4362 infestada con roya de la Caña de Azúcar, resultó efectivo para evaluar la resistencia varietal a esta enfermedad, debido al alto grado de susceptibilidad que se ubico dicha variedad, concordando así con Ordosgoitti A., (1982), al clasificar esta variedad como altamente susceptible.

Tabla 2. Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, a la Roya común de la Caña de Azúcar (*Puccinia melanocephala*), clasificadas de acuerdo a la escala de Purdy and Dean (26), en caña planta. CINCAE, 2008.

Grado de reacción	Descripción de la reacción	Variedad			
0	Infección no visible, la roya presente en la zona	Amarilla	C88-380	CR74250	PR905
		B42231	C89-161	CR90-1015	PS01
		B57150	C90-501	ECSP99-169	RAGNAR ^{1/}
		B59162	CB41-76	F140	S52258
		B7316	CC85-109	F543345	SP70-1005
		B74132 ^{1/}	CC85-63	H48-4899	SP70-1143
		B74418	CC85-92 ^{1/}	H50-4336	SP77-5181
		B74437	CC86-33	H51-5174	SP79-2233
		B75400	CC87-474	HJ57-47	SP80-1816
		B76708	CC89-2000	IS76-319	SP80-1842
		B7678	CO1148	IVP75-14	SP80-3280
		B78237	CP52-43	JA64-20	SP84-1431
		BJ6-83	CP57-536	LHo83-153	SP85-3877
		BJ6808	CP62-374	MCZ74-275	SP86-155
		BJ6811	CP67-413	Mex 68-P23	SP89-1115
		BJ6905	CP70-330	Mex52-29	SP90-1638
		BJ7504	CP72-2086	MPR336	VESTA
		C1051-73	CP72-370	MY57-15	
		C132-78	CP77-193	MZC74-1275	
		C132-81	CP92-1167	NG77-234	
		C137-81	CP92-1213	NOBIS	
		C266-70	CP92-1666	PHIL54-60	
		C72-74	CP94-1528	PR1000	
		C85-102	CP96-1865	PR77-3007	
		C86-503	CR69177	PR902	
4	Manchas individuales cloróticas a rojas con pústulas sin abrir	C32-368			
5	Manchas individuales cloróticas a rojas con pústulas abiertas y produciendo esporas	B54142	B76592	C89-523	CP57-526
		PR1028	PR1059		
6	Manchas grandes en las hojas, enrojecidas o necróticas con pústulas produciendo esporas	BT65-282	BJ65152 ^{1/}	NG51-105	POJ22-22
		PR64-610			
9	Las pústulas en tejido verde esporulando activamente	B4362 ^{1/}			

n = 100 ^{1/} Testigos

Fuente: Autor, 2008

Reacción varietal de 100 variedades de Caña de Azúcar al Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*).

Los resultados obtenidos después de las inoculaciones realizadas, fueron la sintomatología típica del virus del Mosaico en plantas infectadas, la cual se caracterizó por la presencia de áreas verdes normales sobre un fondo de verde más claro (Figura 8).

La reacción varietal de 100 variedades de caña de azúcar al Virus del Mosaico de la caña de azúcar (*Sugarcane Mosaic Virus*), fue de un alto porcentaje de variedades con alta resistencia según la escala propuesta por Hutchinson and Daniels (16).



Figura 8. Síntomas del virus de Mosaico de la Caña de Azúcar (*Sugarcane Mosaic Virus*) en la variedad B74132 altamente susceptible, de acuerdo a la escala de Hutchinson and Daniels (16). CINCAE, 2008.

Los resultados demostraron que un 64% de las variedades resultaron altamente resistentes; 6% como muy resistentes; 4% resistentes; 7%

moderadamente resistentes; 3% intermedio; 7% moderadamente susceptibles; 6% susceptibles y 3% muy susceptibles (Figura 9).

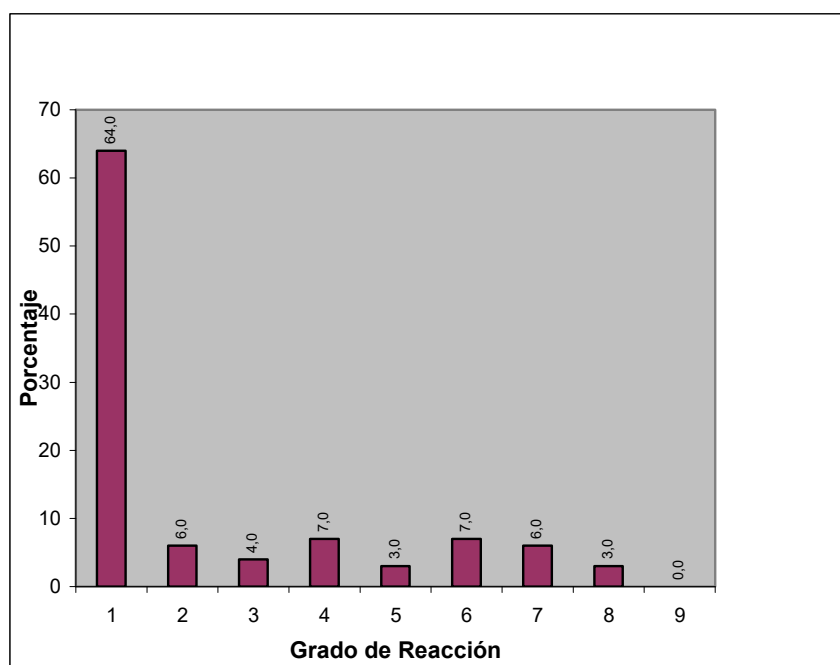


Figura 9. Distribución porcentual de 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas con el virus de Mosaico, clasificadas de acuerdo al grado de reacción, según la escala de Hutchinson and Daniels (16). CINCAE, 2008.

Los resultados demostraron que hubieron 64 variedades altamente resistentes (Grado 1); 6 como muy resistentes (Grado 2); 4 resistentes (Grado 3); 7 moderadamente resistentes (Grado 4); 3 intermedio (Grado 5); 7 moderadamente susceptibles (Grado 6); 6 susceptibles (Grado 7) y 3 muy susceptibles (Grado 8). En la tabla 3 se presenta en detalle los

resultados obtenidos en esta sección, donde las variedades BJ6905, MPR336 y PR64-610 tuvieron calificación de intermedio de Grado 5; las variedades: B57150, B59162, B76708, BJ7504, IVP75-14, NG51-105 y SP90-1638, fueron moderadamente susceptibles de Grado 6; las variedades mostraron B74437, B7678, C132-81, CP72-2086, H50-4336 y PR905 ser susceptibles de Grado 7; y, las variedades B75400, C137-81 y SP70-1005 muy susceptibles de Grado 8.

Para esta enfermedad el programa de variedades del CINCAE, tiene establecido como limite máximo para el proceso de selección hasta un 11 % de tallos infectados (grado 5), esto representó el 84% de las variedades evaluadas en esta investigación. De todo esto se desprende que de las variedades mencionada anteriormente, excepto las variedades con grado 5, no deberían ser consideradas, dentro de un programa de mejoramiento genético, así como también en siembras comerciales.

En un estudio de inoculación con el virus del Mosaico, realizado en caña de azúcar, por Medina, R., (2006), determinó que las variedades; H50-4336 y PR905 son susceptible; las variedades B57150, B74437, B75400, B7678, C132-81 y SP70-1005 muy susceptible, lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, para el caso de estas variedades evaluadas.

Los testigos CC85-92, Ragnar, B7316, CP57-603 y B74132 resultaron muy resistentes, resistente, moderadamente susceptible, susceptible y altamente susceptible, respectivamente.

La metodología de inoculación artificial del virus del mosaico por frotamiento de las plantas, empleando una gasa y carborundum, resultó efectivo para evaluar la resistencia varietal a esta enfermedad. Esto a los resultados obtenidos por Medina R., (2006) y Garcés F., (2006), al clasificar esta variedad.

Variedades resistentes de manera simultánea a Carbón, Roya y Mosaico de la Caña de Azúcar.

Dentro de los resultados podemos identificar 51 variedades altamente resistentes de manera simultánea a Carbón, Roya y Mosaico de la Caña de Azúcar (Tabla 4). Esto no significa que las variedades sean inmunes, debido a que esta inmunidad puede cambiar con la aparición de nuevas razas de los agentes causales.

Tabla 3. Reacción de 100 variedades y cinco testigos del Banco de Germoplasma del CINCAE, al virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (*Sugarcane Mosaic Virus*), clasificados de acuerdo a la escala de Hutchinson and Daniels (16), en caña planta. CINCAE, 2008.

Grado de reacción	Descripción de la reacción	Variedad			
1	Altamente resistente	Amarilla	C89-523	CP94-1528	PR1028
		B42231	C90-501	CP96-1865	PR773007
		B76592	CB41-76	CR69-177	PR902
		B78237	CC85-63	CR74-250	PS01
		BJ6183	CC86-33	CR90-1015	SP-701143
		BJ6808	CC87-474	ECSP99-169	SP77-5181
		BJ6811	CO1148	F140	SP80-1816
		BT65-282	CP52-43	H48-4899	SP80-1842
		C1051-73	CP57-526	H51-5174	SP80-3280
		C132-78	CP57-536	HJ57-47	SP84-1431
		C266-70	CP62-374	IS76-319	SP85-3877
		C32368	CP67-413	LHo83-153	SP86-155
		C72-74	CP70-330	MCZ74-275	SP89-1115
		C85-102	CP77-193	MZC-741275	
		C86-503	CP92-1167	NG77-234	
		C88-380	CP92-1213	NOBIS	
		C89-161	CP92-1666	PHIL54-60	
2	Muy resistente	CC85-92 ^{1/}	CC89-2000	CP72-370	F54-3345
		Ja64-20	PR1000	PR1059	
3	Resistente	B74418	CC85-109	MY-5715	S52258
		Ragnar ^{1/}			
4	Moderadamente resistente	B54142	BJ65152	POJ22-22	VESTA
		Mex 68P23	Mex52-29	SP79-2233	
5	Intermedia	BJ6905	MPR336	PR64610	
6	Moderadamente susceptible	B-57150	B59162	B7316 ^{1/}	B76708
		BJ75-04	IVP-7514	NG51-105	SP90-1638
7	susceptible	B74437	B7678	C132-81	CP57-603 ^{1/}
		CP72-2086	H50-4336	PR-905	
8	Muy susceptible	B75400	C137-81	SP-701005	
9	Altamente susceptible	B74132 ^{1/}			

N=100 ^{1/} testigos

Fuente: Autor, 2008

Tabla 4. Lista de variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE, que resultaron altamente resistentes a Carbón, Mosaico y Roya, según la escala de Hutchinson and Daniels (16) y; Purdy and Dean (26), en caña planta. CINCAE, 2008.

Variedad	Resistencias			Variedad	Resistencias		
	Carbón	Roya	Mosaico		Carbón	Roya	Mosaico
Amarilla	1	0	1	CP96-1865	1	0	1
B42231	1	0	1	CR69-177	1	0	1
B78237	1	0	1	CR74-250	1	0	1
BJ6183	1	0	1	CR90-1015	1	0	1
BJ6808	1	0	1	F140	1	0	1
C1051-73	1	0	1	H48-4899	1	0	1
C266-70	1	0	1	H51-5174	1	0	1
C72-74	1	0	1	IS76-319	1	0	1
C85-102	1	0	1	ECSP99-169	1	0	1
C-86503	1	0	1	LHo83-153	1	0	1
C88-380	1	0	1	MCZ74-275	1	0	1
C89-161	1	0	1	MZC74-1275	1	0	1
C90-501	1	0	1	NG77-234	1	0	1
CB41-76	1	0	1	PHIL-5460	1	0	1
CC85-63	1	0	1	PR902	1	0	1
CC86-33	1	0	1	PSO1	1	0	1
CO1148	1	0	1	SP70-1143	1	0	1
CP52-43	1	0	1	SP77-5181	1	0	1
CP62-374	1	0	1	SP80-1816	1	0	1
CP67-413	1	0	1	SP80-1842	1	0	1
CP70-330	1	0	1	SP80-3280	1	0	1
CP77-193	1	0	1	SP84-1431	1	0	1
CP92-1167	1	0	1	SP85-3877	1	0	1
CP92-1213	1	0	1	SP86-155	1	0	1
CP92-1666	1	0	1	SP89-1115	1	0	1
CP94-1528	1	0	1				
N=51							

Fuente: Autor, 2008

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de las evaluaciones realizadas a 100 variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE; nos indican niveles de alta resistencia a Carbón (87%), Roya (89%) y Mosaico (64%) de la Caña de Azúcar.
2. Los resultados permitiran disponer de una base de datos con información fitosanitaria, que servirá de herramienta para la

selección de parentales, en los programas de mejoramiento. Lo que contribuirá a la obtención de variedades nacionales para mejorar la productibilidad del cultivo de la Caña de Azúcar en nuestro país.

3. Esta información fitosanitaria de las variedades, ayudará a prevenir la propagación de variedades susceptibles a estas enfermedades en los campos agrícolas en la zona.
4. En el programa de mejoramiento genético del CINCAE, el porcentaje de variedades viables para el proceso de selección; fueron de un 94%, 96% y 81% para Carbón, Roya y Mosaico respectivamente. Por lo que quedo establecido que un gran número de genotipos de este Banco de Germoplasma, pueden emplearse como fuente de resistencia a estas enfermedades.
5. Los resultados identificaron 51 variedades altamente resistentes de manera simultánea a Carbón, Roya y Mosaico de la Caña de Azúcar.
6. Los métodos de inoculación artificial de Mosaico y Carbón; y, inoculación natural para Roya, resultaron efectivos para evaluar la resistencia varietal de estas enfermedades, siendo el grado

de susceptibilidad de los testigos susceptibles superiores al de las variedades evaluadas.

7. Debido al alto grado de susceptibilidad que se ubicaron los testigos susceptibles, nos permite deducir el perjuicio que pueden producir estas enfermedades, si se establecen variedades susceptibles en cultivos comerciales.
8. Las variedades comerciales que se siembran en el Ecuador; Ragnar, CC85-92, CR74250, C72-74, C132-81 y C1051-73, que calificaron como altamente resistente de grado 1, para las tres enfermedades, nos indican el alto grado de confiabilidad que tienen las metodologías de evaluaciones aplicadas en estas variedades, dado por su comportamiento varietal desde su lanzamiento como variedades comerciales.

6. 2 RECOMENDACIONES

Con lo anteriormente escrito se recomienda:

1. Continuar evaluando las demás variedades del Banco de Germoplasma de Caña de Azúcar del CINCAE, a Carbón (*Ustilago scitaminea*), Roya (*Puccinea melanophala*) y Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*).
2. Evaluar la primera soca de los diferentes ensayos establecidos en el presente trabajo, para hacer un seguimiento de la reacción de las variedades a estos patógenos.
3. Incluir en los ensayos de reacción varietal a enfermedades la variedad ecuatoriana denominada ECU-01.

APÉNDICES o ANEXOS

APÉNDICE A

Lista de variedades del Banco de Germoplasma de Caña de Azúcar del CINCAE que formaron parte del presente estudio. CINCAE, 2008.

Trat.	Variedad	Trat.	Variedad	Trat.	Variedad
1	Amarilla	37	CC89-2000	73	MZC74-1275
2	B42231	38	CO1148	74	NG51-105
3	B54142	39	CP52-43	75	NG77-234
4	B57150	40	CP57-526	76	NOBIS
5	B59162	41	CP57-536	77	PHIL54-60
6	B74418	42	CP57603 ^{1/}	78	POJ22-22
7	B74437	43	CP62-374	79	PR-1000
8	B75400	44	CP67-413	80	PR-1028
9	B76592	45	CP70-330	81	PR-1059
10	B76708	46	CP72-2086	82	PR-64610
11	B7678	47	CP72-370	83	PR77-3007
12	B78237	48	CP77-193	84	PR-902
13	BJ6183	49	CP92-1167	85	PR-905
14	BJ6808	50	CP92-1213	86	PSO1
15	BJ6811	51	CP92-1666	87	S52258
16	BJ6905	52	CP94-1528	88	SP70-1005
17	BJ7504	53	CP96-1865	89	SP70-1143
18	BT65-282	54	CR69-177	90	SP77-5181
19	C1051-73	55	CR74250	91	SP79-2233
20	C132-78	56	CR90-1015	92	SP80-1816
21	C132-81	57	ECSP99-169	93	SP80-1842
22	C137-81	58	F-140	94	SP80-3280
23	C266-70	59	F54-3345	95	SP84-1431
24	C323-68	60	H48-4899	96	SP85-3877
25	C72-74	61	H50-4336	97	SP86-155
26	C85-102	62	H51-5174	98	SP89-1115
27	C86-503	63	HJ57-47	99	SP90-1638
28	C88-380	64	IS76-319	100	VESTA
29	C89-161	65	IVP-7514		B4362 ^{1/}
30	C89-523	66	JA64-20		B7316 ^{1/}
31	C90-501	67	LHo83-153		B74132 ^{1/}
32	CB41-76	68	MCZ74-275		BJ65152 ^{1/}
33	CC85-109	69	Mex 68P23		CC85-92 ^{1/}
34	CC85-63	70	Mex52-29		RAGNAR ^{1/}
35	CC86-33	71	MPR336		
36	CC87-474	72	MY57-15		
Trat.	Tratamiento	1/	Testigos		

Fuente: Autor, 2008

APÉNDICE B

Extracción de yemas (Izquierda) y embalaje e identificación (Derecha) de variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE. CINCAE, 2008.



Fuente: Autor, 2008

APÉNDICE C

Camas de germinación (Izquierda) y gavetas identificadas (Derecha) con variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE. CINCAE, 2008.



Fuente: Autor, 2008

APÉNDICE D

Corte de hojas de la variedad B74132 infectadas con el virus del Mosaico (Izquierda) y licuado de Sulfito de sodio 0.01N, tejido vegetal en proporción 1:4 p/v y Mercaптоetanol (0.8 ml), (Derecha). CINCAE, 2008.



Fuente: Autor, 2008

APÉNDICE E

Distribución (Izquierda) y siembra (Derecha) de esquejes de variedades del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculados con esporas de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow). CINCAE, 2008.



Fuente: Autor, 2008

APÉNDICE F

Cepa infectada de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow), con tallos delgados, herbáceos y macollados, de la variedad BJ6905 del Banco de Germoplasma del CINCAE. CINCAE, 2008.



Fuente: Autor, 2008

BIBLIOGRAFÍA.

1. AGRIOS GEORGE, Fitopatología, Limusa Noriega 2^{da} edición, México, 2002, p. 282 - 322.
2. AMAYA A., Selección de variedades de Caña para la industria Azucarera Colombiana, Revista Caña y Panela 2da Edición, Bogotá – Colombia, 1998, p. 22 – 25.
3. AMAYA A., COCK J. H., HERNANDEZ A. P., IRVINE J. E., Biología y mejoramiento genético de la caña de azúcar, Cassalett C., Torres J. e Isaacs, Cali – Colombia, 1995, p. 31 – 62.
4. CENTA, Guía técnica para el cultivo de caña de azúcar, Santa Cruz Porrillo – Salvador, 1998, www.agronegocios.gob.sv/co.
5. CASTILLO RAUL, Fisiología, Floración y Mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador, CINCAE publicación técnica N° 6, 2004, p. 16 – 17.
6. CASTILLO RAUL, Plant Genetic Resources in the Anes: Impact Conservation and Management. Departamento de Recursos Filogenéticos y Biotecnología, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP),

Reprinted from Crop Science Vol. 35 N° 2, Quito - Ecuador, 1995, p. 355 - 360.

7. CASTILLO RAUL, Variedades de Caña de Azúcar en Ecuador, En: el Cultivo de la Caña de Azúcar en el Ecuador, Asociación Ecuatoriana de Tecnólogos de la Caña de Azúcar (AETA), Ecuador – Guayaquil, 2003, p. 14 - 30.
8. CASTILLO RAUL, Los primeros 10 años de actividades del CINCAE, Informe Anual 2007, Triunfo – Ecuador, 2008, p. 5.
9. CHINEA ANTONIO ET AL, Enfermedades y daños de la caña de azúcar en Latinoamérica, Imprecolor, Venezuela, 2000, p. 6-7 12-13 28-29 62-63.
10. COMSTOCK J.C, Rott PHILIPP, BAILEY R.A., RAID RICHARD, CROFT B.J., SAUMTALLY S.A. , A guide to sugarcane diseases, CIRAD-ISSCT, Francia, 2000, p. 85 – 89, 181-185, 249 - 254.
11. CURTIS HELENA Y BARNES SUE, Biología, Médica Panamericana, Argentina Buenos Aires, 2001, Sexta edición, p. 759 y 808.
12. GARCÉS FREDDY, Manejo Preventivo de los principales problemas fitosanitarios de la caña de azúcar en Ecuador, En Taller del Cultivo de la Caña de Azúcar en Ecuador, Sociedad ecuatoriana de Técnicos azucareros AETA, Guayaquil - Ecuador, 2003, p. 47- 75.

13. GARCÉS F., MEDINA R., ORELLANA E., Transmisión del virus de la hoja amarilla y del virus del mosaico de la caña de azúcar en Ecuador, Memorias del 6to Congreso de ATALAC, Guayaquil - Ecuador, 2006, p. 139
14. GRUPO PALMAR, Enfermedades de la caña de azúcar, Venezuela, 2008, [www el palmar.com.ve/pages/cañicultores enfermedades htm](http://www.elpalmar.com.ve/pages/cañicultores/enfermedades.htm).
15. HIDALGO R., Conservación Ex Situ, En: CASTILLO R., ESTRELLA J., y Tapia C., Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales, Departamento de Recursos Filogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Quito - Ecuador, 1991, p. 71 - 87.
16. HUTCHINSON P. B., DANIELS J., A rating scale for sugarcane characteristics, Congress of the International Society of Sugar Cane Technologist, ISSCT, New Orleans – USA, 1971, p.128 – 131.
17. IPGRI, Evaluation of seed storage containers used in gene banks, Report of a survey, International Plant Genetic Resources Institute, Italia – Roma, 1996, p. 21.
18. JAIN R., RAO G., VARNA A., Present Status of Management of Sugarcane Mosaic Virus, in: Plant Virus Disease Control, The American Phytopathological Society. Eds. R. HADIDI, ST Paul - Minnesota, 1998. p. 495 – 501.
19. KOIKE H., GUILLASPIE JR., AG Mosaic, En: Ricaud C.G., Disease of sugarcane. Major Disease, Elsevier, Amsterdam, 1989, p. 287-288 301-302.

20. MARTINEZ FABRICIO, ROMERO JOSE, Caracterización de 220 variedades de Caña de Azúcar *Saccharum officinarum* usando descriptores morfológicos y agronómicos, (Tesis, Faculta de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, 2004).
21. MEDINA R., Transmisión del virus del mosaico en el cultivo de la caña de azúcar en Ecuador, (Tesis, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Estatal, 2006).
22. ORDOSGOITTI ALFONSO, Enfermedades de la caña de azúcar en Venezuela, FONAIAP (Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias), Maracay – Venezuela, 1982, www.ceniap.gov.ve.
23. OVALLE WERNER, Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar, Adlain Meneses, Guatemala, 1997, p. 12-19 62-69.
24. PEREZ BERNAL, ET AL, Recursos Genéticos de la Caña de Azúcar, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, INICA, La Habana - Cuba, p 249.
25. Pérez LIGIA, Patología Vegetal, Editorial Lealon, Primera edición, Medellín - Colombia, 1994, p. 49.
26. PURDY L. H., DEAN J. L., Un sistema para registrar los datos sobres las interacciones entre la Roya de la caña de azúcar y el hospedero, En

Seminario Interamericano de la caña de azúcar, Enfermedades de la caña de azúcar memorias, Miami – USA, 1980, p. 177 – 180.

27. RANJEL H., VIVEROS C., AMAYA., GOMEZ L., VICTORIA J. y ÁNGEL J., Catálogo de variedades, Segunda edición, Cali – Colombia, 2003, p. 81.
28. RAO G.P., FORD R., Vectors Virus and Phytoplasma Diseases og Sugarcane, Sugarcane pathology Vol. II Science Publishers, Enfield – USA, p. 267 – 317.
29. RINCON F., Documentación y la utilización de los recursos Filogenéticos: El papel del IBPGR, En: CASTILLO R., ESTRELLA J., y Tapia C., Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales, Departamento de Recursos Filogenéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Quito - Ecuador, 1991, p. 174 – 181.
30. SICA, Servicio de información agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, Superficie de caña cultiva y cosechada, producción de caña y azúcar, Quito – Ecuador, 2002, www.sica.org.ec.
31. SILVA E., Morfología y Fisiología de la Caña de Azúcar en el Ecuador, Asociación Ecuatoriana de Tecnólogos de la Caña de Azúcar (AETA), Guayaquil – Ecuador, 2003, p. 1 -13.
32. UZCÁTEGUI CARLOS, Trabajo de mejoramiento en Venezuela, Maracay – Venezuela, 2008. www.ceniap.gov.ve.

33. VICTORIA J., GUZMAN M., ANGEL J., Enfermedades de la Caña de azúcar, En: Cassalett D. Torres J. e Isaacs C, El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia, 1995, p. 265-293.
34. VICTORIA K. JORGE I., Situación actual del Carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow) en Colombia, CENICAÑA, Cali - Colombia, 1982, Documento Técnico 23.
35. VICTORIA K., JORGE I, Reunión Internacional sobre el control del Carbón y Roya de la caña de azúcar, CENICAÑA, Cali - Colombia, 1982, Documento Técnico 10.
36. VISWANTHAN R., MOHANRAJ D., Detection of sugarcane Viral Diseases by Serological Techniques, In Sugarcane Pathology, Virus And Phytoplasma Diseases, Eds. Rao G., Ford R., Tosic M., Teakle D., volume II, 2001, p. 196 -198.