

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.

Freddy Fabián Fiallos Encalada¹ Miguel Quilambaqui Jara²
Facultad de Ingeniería y Ciencias en la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral

¹Tlgo. En Agricultura 1995; Guayaquil – Ecuador; fffiallosencalada@hotmail.com

²MSc. en Fitopatología, 2002. México, Edo, mquilamb@espol.edu.ec

Resumen

*El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar del Banco de Germoplasma del CINCAE inoculadas, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus), las cuales son enfermedades que han causado enormes pérdidas en la producción del cultivo. El ensayo se realizó en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE), ubicado en el cantón El Triunfo, provincia del Guayas.*

Para la inoculación de estas enfermedades se utilizaron las metodologías empleadas en el CINCAE, y descritas en libros especializados de Fitopatología. Para este caso las variedades se clasificaron de acuerdo al grado de reacción de cada enfermedad, utilizando la escala propuesta por Hutchinson and Daniels para Mosaico y Carbón; y, la escala propuesta por Purdy and Dean para la Roya.

Los resultados identificaron a 86, 89 y 64 variedades con niveles de alta resistencia a Carbón, Roya y Mosaico respectivamente. Esto nos permite disponer de una base de datos con información fitosanitaria que servirá de herramienta para el programa de mejoramiento; así como, se podrá prevenir la propagación de variedades susceptibles a estas enfermedades.

Palabras Claves: Variedades, Germoplasma, Reacción Varietal, inoculación, Carbón, Roya, Mosaico.

Abstract

*The objective of the present study was to determine the varietal reaction of 100 varieties of CINCAE's sugarcane Gen Bank inoculates, a smut (*Ustilago scitaminea* Sydow), common rust (*Puccinia melanocephala* Sydow), and mosaic (Sugarcane Mosaic Virus), they have caused great lost in sugarcane production. The experimental trial was carried out in the Sugar Cane Research Centre of Ecuador (CINCAE), located at El Triunfo highway, Province of Guayas.*

The diseases were inoculated into the sugarcane plant using the own methodology from CINCAE. The selected varieties were classified according to the reaction grade for each disease, using proposal scales by Hutchinson and Daniels (16) to mosaic and smut and Purdy and Dean (24) to common rust.

The results allowed identifying 86, 89 y 64 variety with high resistance to smut, common rust and mosaic respective. These outcomes allowed to have information of plant diseases; which help as tool for selecting parents, later they will be used by the improvement program as well as to prevent the use of susceptible varieties to the diseases in study.

Key Words: Variety, Gen bank, varietal reaction, inoculated, Smut, Rust, Mosaic.

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) (12).

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 epifíticos en diferentes variedades sembradas comercialmente en su época (3).

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. spontaneum* y *S. robustum*. La especie *S. officinarum* es la que se siembra comercialmente y se deduce que fue domesticada a partir de la *S. robustum* (11).

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. El sistema radicular está formado por dos tipos de raíces: las raíces primordiales o de la estaca original y las raíces de los brotes nuevos de rápido crecimiento.

La caña tiene una riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente, aunque varía a lo largo de toda la recolección, esta sacarosa 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 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.

2. Principales enfermedades del cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*).

2.1 Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

El carbón de la caña de azúcar es causado por el hongo *Ustilago scitaminea*, que pertenece a la clase de los Basidiomicetos (1), 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 llamadas teliosporas y están rodeadas por una membrana delgada de color plata-blanca, que se desintegra exponiendo las esporas al medio ambiente (9).

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.

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.

La temperatura óptima para la germinación de las teliosporas y el crecimiento de *Ustilago scitaminea* está entre 25 °C a 30 °C, siendo la temperatura de conservación 5 °C sin la pérdida de germinación hasta por 12 meses (13). Para su eliminación se realiza un tratamiento térmico a 52 °C por 45 minutos.

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 (4), la viabilidad de las esporas en el suelo oscila entre tres a cuatro meses aproximadamente.

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 (13). 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.

2.2 Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow).

La roya de la caña de azúcar es causada por el hongo *Puccinia melanocephala* pertenece a la clase de Basidiomicetos (1), 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). En variedades resistentes la infección se presenta con lesiones leves de forma lineal, redondas u ovaladas de color amarillo-naranja, sin presentar pústulas (9).

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.

La diseminación comienza al momento en que las pústulas se rompen, liberando grandes masas de uredosporas, las mismas que por acción del viento y el agua se ocasiona así la propagando.

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.

2.3 Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*).

El síntoma característico del virus de Mosaico es la disminución de la clorofila en la hoja (3), 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 (9).

De acuerdo a Viswanthan, R. y Mohanraj, D. (14), el Virus de mosaico de la caña de azúcar pertenece a la

división RNAss helicoidales, familia Potyviridae y grupo Potyvirus:

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.

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* (5), no existiendo evidencias de transmisión a través de semilla sexual. 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.

El virus de Mosaico de la caña de azúcar apareció en 1892, en Indonesia, ocasionando pérdidas superiores al 30 % de la cosecha (3). 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.

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 (11).

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.

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), 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%.

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.

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.

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. 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. Cada tallo afectado se marcó con una cinta de color, para no contarlos de nuevo en la siguiente evaluación. Estas variables se evaluaron desde el tercer hasta el séptimo mes de edad del cultivo.

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 (10); 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 ligula 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.

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 (6), de 1 al 9; donde: 1 = es altamente resistente y 9 = altamente susceptible.

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 (10).

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 café, 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 café, 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.

Carbón

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.

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).

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 en una suspensión de esporas (2g/L) de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow).

Luego de la inoculación artificial de la semilla, se sembraron 20 trozos de dos yemas por cada parcela de 5 m.

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.).

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. 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. 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.

Después de la evaluación 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.

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).



Figura 4. Estructura de un látigo de Carbón de la Caña de Azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow).

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).

En esta investigación se determinaron 86 variedades altamente resistentes; 3 como muy resistentes; 2 resistentes; 2 moderadamente resistente; 2 intermedio; 1 moderadamente susceptible y 3 susceptibles.

En la tabla 1, se clasifico a las variedades H50-4336 y PR77-3007 intermedia; BJ6905 moderadamente susceptible; C132-78, HJ57-47 y NOBIS susceptibles. 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 representa 94 variedades evaluadas.

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.

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.

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 (10).

En esta investigación se determinaron que un total de 89 variedades evaluadas, no mostraron síntomas

visibles de la enfermedad; 1 variedad, mostró manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas sin abrir; 6 plantas 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.

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; B54142, B76592, C89-523, CP57-526, PR1028 y PR1059 presentaron manchas individuales cloróticas o café rojizo, con pústulas abiertas produciendo esporas; y, BT65-282, NG51-105, POJ22-22 y PR64-610 con manchas grandes en las hojas enrojecidas o necróticas, con pústulas produciendo esporas.

Cabe destacar que dentro de las 89 variedades evaluadas que no mostraron síntomas visibles de la enfermedad, 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 determino 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.

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.

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 (6).



Figura 8. Síntomas del virus de Mosaico de la caña de azúcar (Sugarcane Mosaic Virus).

Los resultados demostraron que hubieron 64 variedades altamente resistentes; 6 como muy resistentes; 4 resistentes; 7 moderadamente resistentes; 3 intermedio; 7 moderadamente susceptibles; 6 susceptibles y 3 muy susceptibles. 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; las variedades: B57150, B59162, B76708, BJ7504, IVP75-14, NG51-105 y SP90-1638, fueron moderadamente susceptibles; las variedades mostraron B74437, B7678, C132-81, CP72-2086, H50-4336 y PR905 ser susceptibles; y, las variedades B75400, C137-81 y SP70-1005 muy susceptibles.

Para esta enfermedad el programa de variedades del CINCAE, tiene establecido como límite 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.

Variedades resistentes de manera simultánea a Carbón, Roya y Mosaico de la caña de azúcar.

Dentro de los resultados podemos identificar 52 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 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 (6) y; Purdy and Dean (10), en caña planta. CINCAE, 2008.

Amarilla	CP-5243	ECSP99-169
B-42231	CP-62374	LHo83-153
B78-237	CP-67413	MCZ74-275
BJ-6183	CP-70330	MZC-741275
BJ-6808	CP-77193	NG77-234
C-1051-73	CP92-1167	PHIL-5460
C266-70	CP92-1213	PR-902
C72-74	CP92-1666	PSO-01
C85-102	CP94-1528	SP-701143
C-86503	CP96-1865	SP77-5181
C88-380	CR-69177	SP80-1816
C89-161	CR-74250	SP80-1842
C-90501	CR90-1015	SP80-3280
CB41-76	F-140	SP84-1431
CC-8563	H-484899	SP85-3877
CC-8633	H-515174	SP86-155
CO1148	IS76-319	SP89-1115

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 (86%), Roya (89%) y Mosaico (64%) de la caña de azúcar.

2. Los resultados permitirán 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 productividad 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 52 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, C7274, 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.

BIBLIOGRAFÍA.

- [AGRIOS GEORGE, Fitopatología, Limusa Noriega 2^{da} edición, México, 2002, p. 282 - 322.
- AMAYA A., Selección de variedades de Caña para la industria Azucarera Colombiana, Revista Caña y Panela 2da Edición, Bogotá – Colombia, 1998, p. 22 – 25.
- 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.
- 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.
- GARCES 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
- 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.
- 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).
- ORDOSGOITTI ALFONSO, Enfermedades de la caña de azúcar en Venezuela, FONAIAP (Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias), Maracay – Venezuela, 1982, www.ceniap.gov.ve.
- OVALLE WERNER, Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar, Adlain Meneses, Guatemala, 1997, p. 12-19 62-69.
- PURDY L. H., DEAN J. L., Un sistema para registrar los datos sobre 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.
- 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.
- SICA, Servicio de información agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, Superficie de caña cultivada y cosechada, producción de caña y azúcar, Quito – Ecuador, 2002, www.sica.org.ec.
- VICTORIA J., GUZMAN M., ANGEL J., Enfermedades de la Caña de azúcar, En: Cassalet D. Torres J. e Isaacs C, El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia, 1995, p. 265-293.
- 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.