

ANÁLISIS DE ALGUNOS FACTORES DE EVALUACIÓN RELACIONADOS CON LA ENFERMEDAD  
DE LA ROYA PARDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA LOCALIDAD DE CAMAGÜEY, CUBA

M.Sc. Joaquin Montalvan Delgado<sup>1</sup>; Isabel Alfonso<sup>2</sup>; Félix Valladares<sup>1</sup>; M.Sc. Isabel Torres<sup>1</sup>; Yoslen Fernández<sup>1</sup>; Ivía Pouza<sup>1</sup>; Luis Águila<sup>1</sup>; Eloy Valdez<sup>1</sup> y Carmen Cervantes<sup>1</sup>.

**1- Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey. INICA. Florida, Camagüey. Cuba Tfno 513871 y 515581**

**2-Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cuba.**

[jmontalvan@epica.cm.minaz.cu](mailto:jmontalvan@epica.cm.minaz.cu).

## INTRODUCCION

La roya de la caña de azúcar producida por el hongo *Puccinia melanocephala* H. and P. Sydow, es una de las enfermedades de mayor importancia que afecta este cultivo (Egan et al 1989). Desde que fue reportada en Cuba, fue la causa de pérdidas cuantiosas en la variedad B4362, la cual por su alta sensibilidad quedó totalmente eliminada de las áreas cañeras.

El ambiente donde se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar está constituido por numerosos factores, algunos de los cuales pueden ser controlables y otros no. Su combinación contribuye a la formación de diferentes condiciones de desarrollo y producción, determinando el comportamiento específico de las variedades. Así mismo, las enfermedades del cultivo, están fuertemente determinadas en su desarrollo y distribución, por las variaciones edafoclimáticas locales (Sahni, M. L. y B. L. CHONA. 1965).

Desde 1978, fecha en que se reportó la aparición de la roya en Cuba, se comenzó un programa de evaluaciones de las diferentes variedades de caña de azúcar frente a la enfermedad en las diferentes zonas edafoclimáticas del país. Para ello investigadores como Alfonso (1987) y Rodríguez et al (2005) elaboraron un conjunto de escalas y métodos de evaluaciones en condiciones de campo y laboratorio. Gracias al avance de las investigaciones y los resultados obtenidos en estudios epidemiológicos y transmisión de resistencia así como el incremento de la búsqueda de resistencia a través de los planes de cruzamiento y la aplicación del sistema evaluativo de resistencia a roya (Jorge et al, 2002) ha permitido reducir de forma significativa la presencia de ataques severos de esta enfermedad en nuestras áreas cañeras.

A partir de 1983 al observar respuesta diferencial de algunas variedades frente al patógeno (Alfonso, 1993) se evidenció en Cuba la presencia de diferentes razas fisiológicas de la roya parda. Se plantea por algunos investigadores que la permanencia constante de este patógeno en el campo hace factible la aparición de razas más virulentas que pueden infestar variedades consideradas como resistentes. A mediados de la década del 2000 se reportaron ataques intensos de la enfermedad en diferentes provincias del país con sintomatología atípica fundamentalmente en las variedades C90-530, SP70-1284 y C88-380 favorecidas quizás por las condiciones ambientales imperantes en la actualidad. Por todo lo antes expuesto se hace necesario intensificar la vigilancia. Además, esto unido a los cambios en el comportamiento ante la roya de ciertas variedades, nos hacen pensar en la necesidad de emprender estudios que nos permitan determinar la respuesta de las variedades en diferentes condiciones agroclimáticas y establecer nuevos criterios que permitan perfeccionar la metodología vigente de evaluación ante esta enfermedad.

Por todo lo antes expuesto nos proponemos como objetivos

- ❖ Evaluar y comparar la reacción de un grupo de variedades de caña de azúcar y de los patrones de resistencia a roya en las condiciones de Camagüey, implementando un sistema que permita una evaluación eficiente de la enfermedad.
- ❖ Utilizar los modelos AMMI en la clasificación de genotipos y definir los momentos óptimos de evaluación.

## MATERIALES Y METODOS

En áreas de la EPICA de Camagüey se plantó un estudio con la finalidad de evaluar el comportamiento ante la roya parda de un grupo de genotipos de caña de azúcar así como evaluar la estabilidad de 6 patrones de reacción conocida frente a la enfermedad.

Las variedades estudiadas fueron: C1051-73, C132-81, C266-70, C323-68, C86-12, C86-503, C86-56, C88-380, C90-530, Co997 y SP70-1284. Se utilizaron además los patrones PR980 (AR), Ja64-11 (R), C334-64 (MR), My5514 y Ja60-5 (S) y B4362 (AS).

Se utilizó un diseño de dos réplicas, a razón de 12 trozos por réplica, 24 por variedad.

Las evaluaciones se realizaron a los 3, 4, 5, 6 y 9 meses de edad en las cepas de planta y primer retoño. Las observaciones se realizaron en las hojas +1, +3 y +5 dirigidas a un área de muestreo de 2

cm<sup>2</sup> ubicado en el tercio medio de la hoja donde se observó el signo típico de la enfermedad, la presencia de pústulas.

En la estación de muestreo se tomaron las siguientes variables: Número de pústulas, largo de la pústula mas frecuente y el tamaño de la pústula mayor.

Estas observaciones nos permitieron calcular el área ocupada por pústulas por cm<sup>2</sup>, aspecto este de gran importancia para definir porcentaje de área foliar afectada.

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\% \text{ de pústulas/cm}^2 = (NP * LPF(\text{mm}) * 0.5 \text{ mm})/2$$

Donde:

% de pústulas/cm<sup>2</sup> = Cantidad de pústulas de 1 mm<sup>2</sup> en cada cm<sup>2</sup> de la muestra o sea el área ocupada por pústula en cada cm<sup>2</sup>.

NP = Número de pústulas en 2 cm<sup>2</sup>.

LPF (mm) = Longitud de la pústula mas frecuente en la muestra en mm.

0.5 mm = Longitud de la pústula mas frecuente en el tercio medio de la hoja +3 (TVD) en mm.

Se analizó además el comportamiento de las precipitaciones, HR y temperaturas durante el periodo de estudio.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS y los modelos AMMI. Se realizaron análisis de varianza factoriales para detectar las diferencias entre los distintos factores de variación, procediendo con posterioridad a la Dócima de Tukey para la formación de los grupos.

Los Modelos AMMI se utilizaron para corroborar gráficamente la formación de los grupos en dependencia del comportamiento ante la enfermedad de los genotipos estudiados y definir los momentos óptimos de evaluación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de varianza para las variables TPM y porcentaje de pústulas por cm<sup>2</sup> en las cepas de caña planta y primer retoño respectivamente arrojaron que existen marcadas diferencias entre las variedades, evaluaciones y hojas para ambos parámetros en las dos cepas estudiadas. .

En la tabla I se muestran los resultados de la dócima de Tukey para el parámetro TPM en las cepas estudiadas, apreciándose la formación de los grupos. Puede observarse que la variedad B4362 se comportó como la que mayor tamaño de pústula puede alcanzar, lo cual está en correspondencia a

su nivel de susceptibilidad. Este cultivar se diferencia significativamente del resto de las variedades estudiadas en ambas cepas.

Las variedades que presentaron menores tamaños de pústulas y que podemos catalogar como de mayor resistencia corresponden al grupo formado por los cultivares C90-530, C132-81, Co997, PR980, C266-70, Ja64-11 y C86-56. Resultados similares se obtuvieron por otros autores como Mónica et al (2009) quienes encontraron la formación de grupos similares.

**Tabla I: Comparación de las medias aportadas por los genotipos para el parámetro TPM en las cepas analizadas.**

| Variedad  | Media planta | grupo | Media retoño | Grupo |
|-----------|--------------|-------|--------------|-------|
| C90-530   | 0.05         | ab    | 0            | a     |
| C132-81   | 0            | a     | 0.01         | a     |
| Co997     | 0            | a     | 0.04         | a     |
| PR980     | 0            | a     | 0.05         | a     |
| C266-70   | 0            | a     | 0.12         | ab    |
| Ja64-19   | 0.007        | ab    | 0.17         | ab    |
| C86-56    | 0.06         | ab    | 0.22         | ab    |
| C1051-73  | 0            | a     | 0.43         | bc    |
| SP70-1284 | 0.15         | ab    | 0.68         | cd    |
| C86-12    | 0.30         | b     | 0.817        | d     |
| C86-503   | 0.22         | ab    | 0.818        | d     |
| C88-380   | 1.20         | c     | 0.9          | d     |
| Ja60-5    | 1.72         | d     | 1.54         | e     |
| C334-64   | 1.25         | c     | 2            | f     |
| C323-68   | 1.27         | c     | 2.44         | g     |
| My5514    | 2.20         | e     | 2.65         | g     |
| B4362     | 5.26         | f     | 5.51         | h     |
| Sx        | 0.24         |       | 0.25         |       |
| CV        | 13.08        |       | 10.2         |       |

Al analizar el porcentaje de pústulas por cm<sup>2</sup> (Tabla II) se pudo constatar un comportamiento similar a los observados cuando analizamos el TPM. Las mayores afectaciones correspondieron al cultivar

B4362, lo que es normal si tenemos presente que en nuestras condiciones es utilizada como un testigo de susceptibilidad, el resto de los patrones utilizados se comportaron acorde a su reacción. La utilización de este parámetro (Porcentaje de pústulas/cm<sup>2</sup>) nos permite tener un resultado más confiable, pues el mismo está sustentado sobre observaciones contables que no dependen de la apreciación del observador y que sin lugar a dudas no introduce errores que surgen cuando las evaluaciones son realizadas por diferentes observadores.

Los genotipos que forman el grupo de mayor resistencia fueron C90-530, C132-81, Co997, PR980, C266-70, Ja64-11, C86-56, C1051-73, SP70-1284, C86-12 y C86-503 y las de mayor susceptibilidad B4362, My5514 y Ja60-5.

Al analizar el área ocupada por pústulas en los distintos momentos de evaluación (Tabla III) se puede observar que en la cepa de caña planta las evaluaciones realizadas a los 6 y 9 meses de edad poseen resultados similares por lo que podemos inferir que con uno de ellos es suficiente, es decir que podríamos realizar las evaluaciones a los 3, 4, 5 y 9 meses o 3, 4, 5 y 6 meses de edad de la plantación, En la cepa de retoño no existieron similitudes en las distintas evaluaciones, donde entonces todas las evaluaciones poseen su importancia. En ambas cepas las mayores afectaciones ocurren a los tres meses de edad, donde se manifiestan con mayor claridad los signos típicos de la roya parda, la presencia de pústulas, disminuyendo progresivamente la presencia de la sintomatología, lo que no quiere decir para nada que el cultivo se comporte como un genotipo resistente, sino que en ese periodo, 3-6 meses la planta se encuentra en la fase de crecimiento logarítmico o gran llamarada de crecimiento, donde el tejido sano crece a un ritmo más acelerado que la capacidad que posee el patógeno para infectarlo, además con este crecimiento acelerado de la planta se crea un microclima que no le es favorable al desarrollo del patógeno, limitándolo también.

En Mauricio se ha encontrado que la enfermedad es más severa en cañas jóvenes, pero después de la siembra o el retoñamiento, cuando se cierra el campo, se reduce notablemente la infección (Ricaud, C. y ; J. C. Astrey. 1979). Por su parte Flores y Osada (1979), plantearon que las mayores infecciones aparecen en campos de menos de 100 días, y que las plantaciones mayores de 8 meses sufren menor daño. En nuestras condiciones los brotes de roya en B4362 ocurren con severidad desde las primeras etapas del desarrollo de las plantas, por lo que el índice de infección de la

enfermedad alcanza valores elevados hasta cerca de los 5 a 7 meses, con un decrecimiento posterior a medida que se acerca al final del ciclo vegetativo (Sandoval, I.; et al. 1983).

Al analizar el comportamiento de las hojas evaluadas (Tabla IV) se aprecia que los mayores porcentajes de afectación correspondieron a la hoja + 5 con un valor intermedio en la hoja +3

**Tabla II Resultados de formación de los grupos al analizar en una dcima de Tukey el parámetro porcentaje de área ocupada por pústulas en los genotipos estudiados en las cepas de caña planta y primer retoño.**

| Variedad  | Media planta | grupo | Media retoño | Grupo |
|-----------|--------------|-------|--------------|-------|
| C90-530   | 0.016        | a     | 0            | a     |
| C132-81   | 0            | a     | 0.003        | a     |
| Co997     | 0            | a     | 0.012        | a     |
| PR980     | 0            | a     | 0.02         | a     |
| C266-70   | 0            | a     | 0.05         | a     |
| Ja64-19   | 0.002        | a     | 0.05         | a     |
| C86-56    | 0.02         | a     | 0.09         | a     |
| C1051-73  | 0            | a     | 0.45         | a     |
| SP70-1284 | 0.07         | a     | 0.41         | a     |
| C86-12    | 0.15         | a     | 0.4          | a     |
| C86-503   | 0.13         | a     | 0.47         | a     |
| C88-380   | 0.92         | bc    | 0.44         | a     |
| Ja60-5    | 1.61         | d     | 1.51         | b     |
| C334-64   | 1.13         | c     | 2.05         | bc    |
| C323-68   | 0.61         | b     | 2.22         | c     |
| My5514    | 1.26         | cd    | 1.83         | bc    |
| B4362     | 7.56         | e     | 8.11         | d     |
| Sx        | 0.33         |       | 0.45         |       |
| CV        | 18.7         |       | 18.9         |       |

Al realizar la representación gráfica de los efectos principales de genotipos y evaluaciones en las diferentes hojas, para el carácter Porcentaje de área ocupada por pústulas en las abscisas y el valor

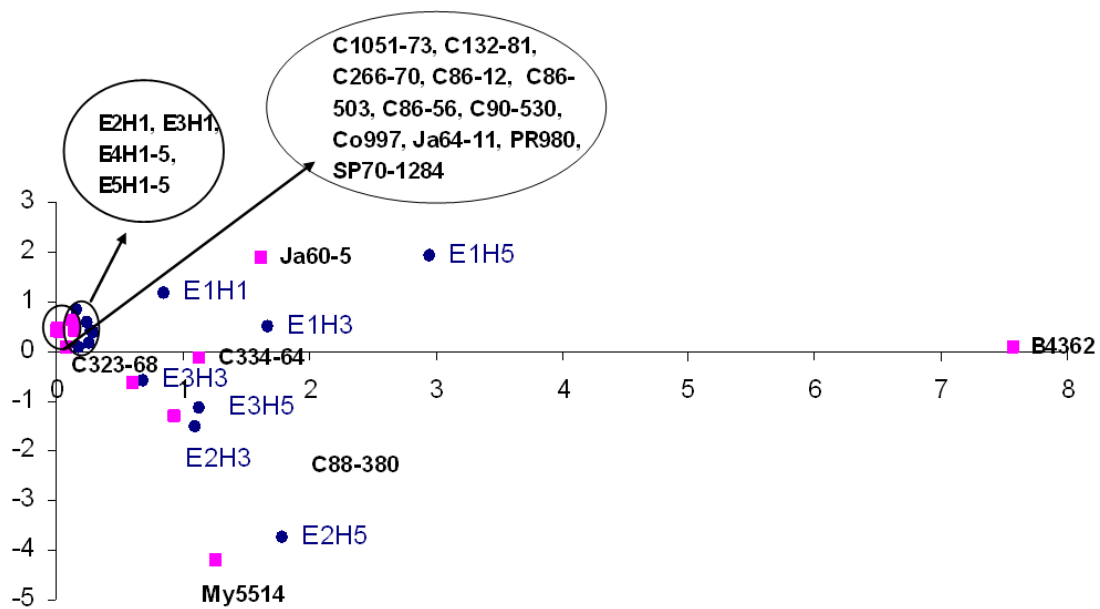
del CP1 en las ordenadas (Grafico 1), se obtiene el biplot AMMI<sub>1</sub>. En este caso, la interacción GE es descrita en términos de susceptibilidad diferencial de los cultivares frente a la roya común. Los patrones B4362, My5514, Ja60-5 y C334-64 muestran afectaciones de mayor a menor en el orden señalado. El mayor porcentaje de individuos se comportó como resistente. Estos resultados corroboran lo observado en las tablas I y II

**Tabla III: Comparación de los momentos de evaluación en las cepas de planta y retoño para el porcentaje de área ocupada por pústulas.**

| Momento de evaluación | Media en planta | Significación | Media en retoño | Significación |
|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 3 meses               | 1.82            | a             | 2.59            | a             |
| 4 meses               | 1.06            | b             | 1.40            | b             |
| 5 meses               | 0.65            | c             | 0.74            | c             |
| 6 meses               | 0.24            | d             | 0.43            | d             |
| 9 meses               | 0.19            | d             | 0.16            | e             |
| Sx                    | 0.33            |               | 0.45            |               |
| CV                    | 18.7            |               | 18.9            |               |

**Tabla IV Comparación de las medias obtenidas en las hojas en las cepas de planta y retoño para el porcentaje de área ocupada por pústulas.**

| Hoja evaluada | Media en planta | Significación | Media en retoño | Significación |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| +1            | 0.31            | a             | 0.72            | a             |
| *3            | 0.79            | b             | 1.02            | b             |
| +5            | 1.27            | c             | 1.45            | c             |
| Sx            | 0.33            |               | 0.45            |               |
| CV            | 18.7            |               | 18.9            |               |

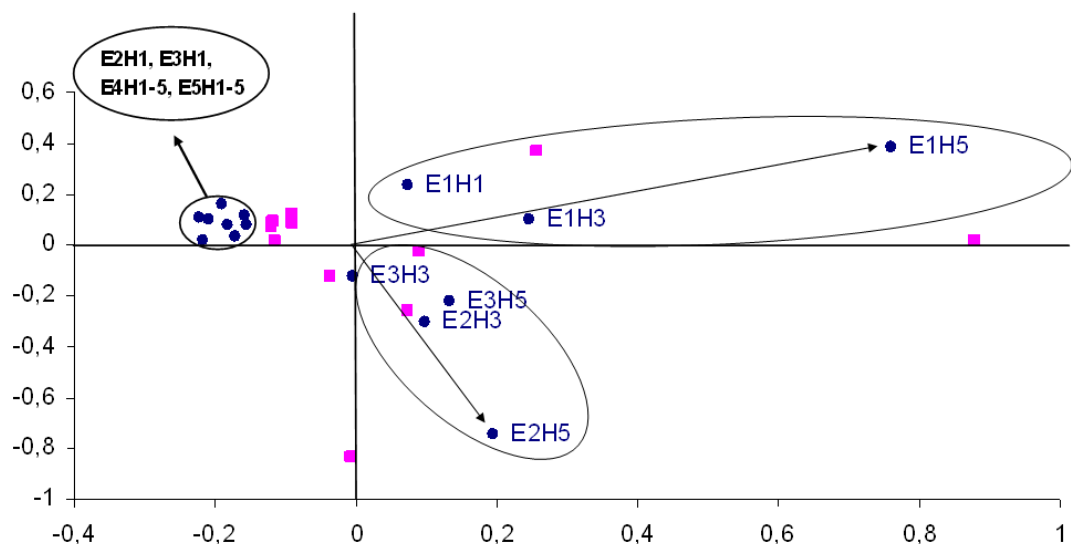


**Gráfico 1: Representación Biplot del nivel de respuesta de las variedades estudiadas para el carácter % de área ocupada por pústulas.**

Según la representación gráfica, biplot, del modelo AMMI<sub>2</sub> (Gráfico 2), los vectores cuyo punto final se encuentran más alejados del origen de coordenadas, contribuyen relativamente más a la interacción que aquellos cuyos vectores finalizan más próximos al origen. Los puntos cuyas direcciones de vectores coinciden tienen un patrón de interacción similar. De acuerdo a estas consideraciones podemos agrupar los momentos de evaluación en tres grupos, uno formado por las evaluaciones 1 en la hoja +5, otro en la evaluación 2 también en la hoja +5, y otro grupo formado por las evaluaciones 4 y 5 en cualquiera de sus hojas.

Según este gráfico las evaluaciones 4 y 5 (6 y 9 meses) poseen un patrón de comportamiento similar, resultados que se manifiestan de igual manera en la tabla 5. Similar comportamiento poseen también las evaluaciones 2 y 3 (4 y 5 meses). La primera evaluación mantiene un comportamiento diferente al resto de las evaluaciones constituyendo este una edad importante en la manifestación de la enfermedad.





**Gráfico 2: Representación Biplot para el carácter % de pústulas por cm<sup>2</sup> relacionado con los momentos de evaluación.**

Las temperaturas mostraron una tendencia similar a las históricas sin grandes diferencias por lo que consideramos que la manifestación de la enfermedad no estuvo influenciada por este parámetro. Sin embargo al analizar las precipitaciones se pudo apreciar que aunque los volúmenes totales de precipitaciones son similares en los distintos años la distribución de las lluvias en el periodo de estudio fueron diferentes a las históricas llegando a alcanzar en los últimos años volúmenes muy por encima de las medias históricas en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre lo cual si pudo haber influido en la manifestación de la enfermedad.

#### CONCLUSIONES

- El 81 % de los genotipos estudiados se comportaron en las categorías de resistentes.
- La edad óptima para obtener las mayores afectaciones de roya se mantiene en el periodo aproximado de 3 meses.

- Los Modelos AMMI nos permitieron realizar una ilustración grafica del comportamiento de los genotipos estudiados.
- Los momentos que aportan la mayor interacción genotipo momento de evaluación son las evaluaciones 1 y 2 en la hoja +5 y las evaluaciones 4 o 5 en cualquiera de sus hojas.

#### BIBLIOGRAFIA

- Alfonso, Isabel (1987). Bases fitopatológicas para el control de la roya de la caña de azúcar en Cuba. Tesis de doctorado, INICA, 92 pp.
- Alfonso, Isabel (1993). Variación patogénica de aislamientos de roya de la caña de azúcar (*P. melanocephala* H. and *P. Sydow*) en Cuba. Resumen Ampliado VI Congreso Iberoamericano de Fitopatología. 63:33-34.
- EGAN, B. T. (1989). Rust. En: Diseases of sugar cane: Major diseases. C. Ricaud, B. T. Egan, A. G. Gillaspic Jr, C.G. Hughes. (Eds). Elsevier Science Publishers B. V. 400 p.
- FLORES, O. S.; S. OSADA. (1979). La Roya de la Caña de Azúcar. (*Puccinia* sp), en México. Impa Córdoba.
- RICAUD, C.; J. C. ASTREY. (1979). Identify and importance of sugar cane rust in Mauritius. Sugar Cane Pathologist News Letter. 22: 15-16.
- Rodríguez, José, Yunior Rodríguez, George Martín, Liet Peña, José Ibarra y Leticia Daley. 2005. Recomendaciones para un Manejo Integral más eficiente y sostenible de plagas y enfermedades de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera Fernando de Dios. Relevante en XVI Forum Provincial de Ciencia y Técnica.
- SAHNI, M. L.; B. L. CHONA. (1965). Studies of sugar cane rust in India. Indian Phytopathology. 18 (2): 191-203.
- SANDOVAL, I.; V. PICORNELL, R. CHAVEZ; A. RAMOS. (1983). *Puccinia melanocephala* H. and *P. Sydow*: Biologic and Ecological Aspects. XVIII Congress ISSCT . Biological Commission. Tomo I, pp. 539-561
- Tamayo Mónica , J. Montalván, \*Yaquelin Puchades, \*Isabel Alfonso \*R. González, y \*P. Pablos. Roya común en caña de azúcar, estudio metodológico y relación genética como índice de consanguinidad. Memorias de la Jornada Científico – Productiva 45 Aniversario del INICA. Florida Camagüey. ISSN1028-6527 . 2009.