

**ASOCIACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS VARIETALES
Y EL DAÑO OCASIONADO POR EL TALADRADOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR,
EN EL ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA**

**ASSOCIATION BETWEEN VARIETAL TRAITS AND DAMAGE CAUSED BY THE
SUGARCANE STEMBORER IN PORTUGUESA STATE, VENEZUELA**

Miguel C. Ramón M.*, Fernando Mauriello M.*, Yvan Graterol*, Humberto Giraldo- Vanegas, Cristóbal Mendoza*,
Margely M. Pérez P.* y Rosa M. Izarraga T.***

* Investigadores. INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Portuguesa (CIAE-Portuguesa). Apdo. Postal 102.
Acarigua, estado Portuguesa y ** CIAE-Táchira. Bramón, estado Táchira. Venezuela. E- mail: mramon@inia.gob.ve

RESUMEN

El taladrador de la caña de azúcar, *Sacharum* spp., (*Diatraea* spp.) es el insecto plaga de mayor importancia en el cultivo en Venezuela, después de la candelilla. El programa de mejoramiento de la caña de azúcar del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA incluye la determinación de la incidencia de esta plaga sobre los cultivares durante las etapa final del proceso de selección mediante la determinación del porcentaje de entrenudos perforados (Índice de infestación, I.I.) y porcentaje de entrenudos con galerías (Índice de intensidad de infestación, I.I.I.). Sin embargo, es necesario evaluar la efectividad y confianza de estos dos parámetros como indicadores de la resistencia al taladrador. Con la finalidad de identificar otras características varietales relacionadas con la resistencia a *Diatraea* spp., y evaluar la eficacia de los índices actualmente usados, se efectuó un análisis de correlación para los datos de 12 años de pruebas finales en el estado Portuguesa, Venezuela. Los datos analizados revelan ausencia de correlación entre el contenido de fibra del tallo, peso de tallo y número de tallos y los índices I.I. e I.I.I. indicando la falta de asociación entre estas variables y la resistencia a *Diatraea*. Sin embargo, se detectó una correlación negativa entre I.I.I y diámetro ($-0,105 P>0,0016$). Se encontró un grado de asociación significativa entre el daño y la reducción del pol y la pureza del jugo. Las correlaciones altas y positivas entre I.I. y I.I.I. ($0,892 P>0,0001$) indican una alta asociación entre ambas lo que apunta a la fiabilidad de los mismos. Se amerita caracterizar el banco de germoplasma del INIA para evitar el uso de padres susceptibles.

Palabras Clave: *Sacharum* spp.; *Diatraea* spp.; índice de infestación; índice de intensidad de infestación; correlación de Pearson; resistencia varietal; INIA.

SUMMARY

The sugarcane borer (*Diatraea* spp.) is the second major pest in Venezuela right after the sugarcane froghopper (*Aeneolamia varia*). The Venezuelan sugar cane program includes screening experimental clones at the final stages during the regional trials when percentage of exited internodes and percentage of bored internodes are recorded at harvest during three crops. However, concerns have been raised over effectiveness and confidence of these two traits in assessing the resistance to the borer. In order to identify varietal traits related to reaction of attacks by sugar cane borer and evaluate efficiency of currently used infestation index a correlation analysis for the data recorded in 12 years of sugar cane regional trials in Portuguesa State, Venezuela was conducted. The data analyzed revealed very low correlation between juice fiber content, stalk weight and stalk number and percentage of bored internodes (I.I.I.) and percentage of exited internodes (I.I.) indicating the useless of this traits in constructing a selection index for identifying resistant clones in a population. Also, no relationship between fiber content with resistance to *Diatraea* spp. can be confirmed from these results. However, a low but significant negative correlation was found between stalk diameter and I.I.I. ($-0.105 P>0.0016$). *Diatraea* damage showed a negative and significant degree of correlation with reduction of sugar content and juice and quality. High and positive correlations between I.I.I. and I.I. ($0.892 P>0,0001$) may indicate the reliability of their use. Screening the gene bank in order to avoid the use of susceptible parents is a must.

Key Words: *Sacharum* spp.; intensity of infestation; intensity of infestation index; Pearson,s correlation; INIA; varietal resistance.

RECIBIDO: enero 02, 2006

ACEPTADO: septiembre 25,2007

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el taladrador de la caña de azúcar, *Sacharum* spp., (*Diatraea* spp.) es el insecto plaga de mayor importancia después de la candelilla, *Aeneolamia varia*. El taladrador no pertenece a una sola especie, si no que además de *D. saccharalis* se pueden encontrar otras como *D. busckella*, *D. centrella*, *D. rosa*, y *D. impersonatella* por lo que es usual referirse a las mismas como un complejo de especies del género *Diatraea* (Ángeles y Paredes 1960; Mendonça 1977).

El adulto coloca los huevos en las láminas o en las vainas de las hojas desde donde las larvas se trasladan a los tallos para introducirse en su interior y alimentarse de los tejidos de la planta huésped haciendo túneles y a veces perforando sus cogollos internamente. Antes de transformarse en pupas, prolongan el túnel hasta la superficie del tallo donde dejan un orificio en la corteza para posibilitar la salida del adulto lo que también facilita la entrada de hongos, bacterias y otras plagas (Guagliumi, 1962).

En la zona del río Turbio, se determinó que por cada 1% de entrenudos perforados o índice de infestación (I.I.) observado en campo, la producción disminuye en 480 toneladas de azúcar por zafra (Ferrer y Guedez, 1990), mientras que en Brasil se estimó que 1 % de I.I., puede producir una pérdida de 62 l de etanol por hectárea (López *et al.*, 1983).

El método más efectivo de control de esta plaga es el uso de parasitoides siendo el más exitoso la mosca amazónica, *Lidella minense*, que, sin embargo, resultó muy específica al atacar casi exclusivamente a *D. saccharalis* lo cual llevó a una declinación de esta especie y al incremento de las demás especies. Esta situación obligó a buscar nuevos parasitoides siendo *Cotesia flavipes* la que finalmente surgió como una solución ya que no posee selectividad a las especies que incluyen el complejo *Diatraea* (Linares y Ferrer, 1990). Sin embargo, en algunos casos los parasitoides no llegan a ejercer un control adecuado o requieren de mayor tiempo de uso para poder apreciar su efectividad tal es el caso de Jamaica donde después de 8 años de uso de *C. flavipes* el índice I.I.I se incrementó de 10,5 a 12,9 (Fallon, 1989). Otros medios de control de la plaga incluyen el uso de virus y reguladores del crecimiento (Macedo *et al.*, 1989).

El componente más importante para el manejo integrado de esta plaga es la producción de cultivares resistentes o tolerantes al insecto, lo cual lleva a menores aplicaciones de insecticidas (Hensley, 1981). La resistencia

varietal al taladrador de la caña de azúcar se puede atribuir a: aspectos morfológicos que impiden o dificultan la oviposición, barreras que impiden o dificultan la movilidad de la larva y su penetración en el tallo, aspectos morfológicos y fisiológicos que afectan el desarrollo de la larva y tolerancia (Mathes y Charpentier, 1969). Entre los dos primeros se pueden citar la presencia de vellos en la lámina y vaina de la hoja (Sosa, 1988) y dureza de la corteza del tallo (White *et al.*, 2006), mientras que algunos de los aspectos estudiados que afectan el desarrollo de la larva en el interior del tallo son: el contenido de fibra en el tallo (Posey *et al.*, 2006; White *et al.*, 2006) y presencia de centro hueco en el tallo (White *et al.*, 2006).

La tolerancia es descrita por White (1993) como la condición donde las plantas presentan bajas lesiones observables y altos valores de infestación. Mathes y Charpentier (1968) describen la tolerancia como la habilidad de la planta para mantener altos rendimientos a pesar de una alta infestación.

Existen otras características que no están directamente relacionadas con la resistencia al insecto, pero, que al estar asociadas a alguna otra variable pueden ser usadas como criterio para identificar clones resistentes, tal es el caso del diámetro del tallo el cual según Lourenço *et al.* (1982) tiene una relación positiva con el porcentaje de entrenudos perforados (I.I.), sin embargo, no existe una razón clara de el por qué de esta relación aunque usualmente cultivares con mayor diámetro tienden a manifestar menor contenido de fibra en el tallo (Mathes y Charpentier, 1969).

Aunque el programa de producción de variedades de caña de azúcar, del INIA no incluye mejoramiento específico para la resistencia a *Diatraea*, sí se contemplan evaluaciones rutinarias de los índices I.I.I. e I.I., en las fases finales del proceso específicamente durante las pruebas regionales al momento de la cosecha durante plantilla, soca 1 y soca 2 bajo las condiciones de las infestaciones naturales (Yépez y Linares 1987). Esta información es útil cuando deben tomarse decisiones para la liberación de una nueva variedad o para establecer umbrales específicos de control de la plaga para los nuevos cultivares (Ramón *et al.* 2002) y así evitar la liberación de clones susceptibles ya que se ha comprobado que esto conlleva a incrementar la población de *Diatraea* en una zona determinada (Reagan y Martín, 1982). En consecuencia, se ha considerado apropiado evaluar la efectividad y confianza de los dos índices usados hasta ahora, así como efectuar un estudio para incorporar la resistencia a *Diatraea* en el programa de

mejoramiento y la elaboración de índices de la selección mediante otras variables relacionadas con la resistencia.

El objetivo del presente estudio fue determinar la confiabilidad de los índices actualmente usados para estimar el daño de *Diatraea* por el programa INIA de mejoramiento de la caña de azúcar e identificar otros rasgos varietales relacionados con la resistencia o susceptibilidad al taladrador de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió a estimar la correlación de Pearson (Steel y Torrie, 1980) para más de 2 500 datos provenientes de 13 ensayos regionales plantados en el estado Portuguesa, Venezuela entre 1992 y 2004. Estos ensayos incluyeron más de 60 cultivares de *Saccharum* spp. Provenientes de Barbados, Cuba, República Dominicana, USA (Canal Point, Hawaii y Louisiana) y Venezuela. Cada ensayo permaneció por 3 años en el campo: plantilla, soca 1 y soca 2.

Se analizaron un total de 13 variables recolectadas durante el desarrollo de estos ensayos: toneladas de caña por hectárea (TCH), toneladas de azúcar por hectárea (TPH), porcentaje de pol (% Pol), Pureza de jugo (PUR), contenido de fibra de tallo (FIBRA), diámetro del tallo (DIAM), peso del tallo (PPT), número de tallos por metro lineal (TML), número total de entrenudos (ET), número de entrenudos perforados (EP), número de entrenudos dañados con galerías (ED), porcentaje de entrenudos perforados o índice de infestación (II) y porcentaje de entrenudos dañados o índice de intensidad de infestación (III) los cuales se estimaron de acuerdo a la metodología propuesta por Yépez y Linares (1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes obtenidos del análisis se muestran en el Cuadro. Los coeficientes de los componentes del rendimiento están altamente asociadas entre sí, ya que TCH influye determinantemente en TPH (0,941 $P > 0,001$). El DIAM mostró asociación altamente significativa con TCH (0,114 $P > 0,001$) coincidiendo este resultado con lo señalado por De Sousa y Rea (1993). En cambio, PPT no tuvo correlación con TCH lo cual difiere de los hallazgos estudiados por los autores arriba mencionados. Es así mismo importante resaltar las correlaciones negativas de TML con % pol (-0,2130 $P > 0,001$) y PUR (-0,2010 $P > 0,001$) así como la asociación positiva entre TML y FIBR (0,126 $P > 0,001$) y la correlación positiva entre DIAM y PUR (0,104 $P > 0,001$) todo lo cual

indicaría que a mayor número de población de tallos el diámetro disminuye aumentando el contenido de fibra y en consecuencia afectando negativamente la pureza del jugo y el contenido de azúcar. Sin embargo, no fue posible encontrar otros autores con los cuales confrontar estos resultados.

No obstante, DIAM y PPT estuvieron altamente asociados (0,139 $P > 0,001$) lo cual sustenta la idea de que a mayor diámetro mayor peso. Así mismo, una correlación negativa y significativa entre DIAM y TML (-0,094 $P > 0,005$) coincide con la conjetura donde una mayor población de tallos resulta en tallos más delgados y de menor peso. La producción de azúcar (TPH) presentó una asociación alta y significativa con las variables industriales % Pol (0,285 $P > 0,001$), PUR (0,222 $P > 0,001$) y correlación negativa con fibra (-0,1850 $P > 0,001$) ya que son estas variables las que determinan la producción de sacarosa en tanto que el contenido de fibra constituye un aspecto que disminuye el contenido de azúcar en el tallo.

Los componentes industriales estuvieron muy asociados entre sí donde % Pol y PUR presentaron una correlación $R = 0,763$ ($P > 0,001$), pero, no se detectó relación alguna entre PUR y FIBR en tanto que la relación entre % Pol y FIBR fue negativa (-0,1760 $P > 0,001$).

Las correlaciones entre los índices I.I., e I.I.I., y los diferentes conteos de entrenudos fueron altamente significativos ya que todas estas variables están asociadas entre sí.

Las variables ET, EP, y ED no presentaron correlaciones significativas con las variables agronómicas a excepción de TCH y TPH cuyos coeficientes con ET fueron $R = 0,11$ y $R = 0,102$, respectivamente. Así mismo, la correlación de los índices I.I e I.I.I., con las variables de producción TCH y TPH resultaron en coeficientes muy bajos y no significativos, a pesar de que, las correlaciones con las variables industriales % Pol y PUR fueron altamente significativas y negativas por lo que se coincide con la mayoría de las referencias que señalan un mayor efecto negativo del ataque por *Diatraea* en la producción de azúcar antes que en la producción de caña (Ferrer y Guedez, 1990; López *et al.*, 1983; Posey *et al.*, 2006). En el mismo orden de ideas no se encontraron asociaciones entre I.I., e I.I.I., y las variables FIBR, PPT y TML, pero, se detectó una correlación negativa entre I.I.I y DIAM (-0,105 $P > 0,0016$) indicando que mientras mayor es el diámetro menor es el daño por galerías del insecto. En consecuencia no fue posible asociar la resistencia a *Diatraea* con ninguna de las variables de los cultivares de caña de azúcar.

CUADRO. Coeficientes de correlación de Pearson para 13 variables tomadas de 9 pruebas finales de caña de azúcar en el estado Portuguesa desde 1992 hasta 2004.

	ET	EP	ED	I.I.	I.I.I.	TCH	TPH	% Pol	PUR	FIBR	DIAM	PPT	TML
ET	1,0000	0,148***	0,168***	-0,146***	-0,147***	0,11***	0,102***	0,0420	0,0510	-0,0010	0,0570	0,0310	-0,0190
EP		1,0000	0,689***	0,48***	0,419***	-0,0370	-0,0410	0,0220	0,0100	0,0130	-0,0330	-0,0020	0,0050
ED.			1,0000	0,407***	0,495***	-0,0370	-0,0370	0,0380	0,0230	0,0050	-0,0280	-0,0210	-0,0670
I.I.				1,0000	0,892***	-0,0110	-0,0490	-0,11***	-0,169***	0,0560	-0,0910	-0,0310	0,0060
I.I.I.					1,0000	-0,0050	-0,0410	-0,104***	-0,164***	0,0350	-0,105***	-0,0340	0,0570
TCH						1,0000	0,941***	-0,0150	0,0050	-0,137***	0,114***	0,0740	0,0760
TPH							1,0000	0,286***	0,222***	-0,185***	0,111***	0,0900	0,0130
% Pol								1,0000	0,763***	-0,176***	0,0430	0,0500	-0,213***
PUR									1,0000	-0,0070	0,104**	0,0340	-0,201***
FIBR										1,0000	-0,0900	-0,0210	0,126***
DIAM											1,0000	0,139***	-0,0940
PPT												1,0000	-0,0210
TML													1,0000

** significativo P = 0,01.

*** significativo P = 0,001.

ET = entrenudos totales; EP = entrenudos perforados; ED = entrenudos dañados; I.I. = índice de infestación; I.I.I. = índice de intensidad de infestación;

TCH = toneladas de caña por hectárea; TPH = toneladas de pol por hectárea.

% Pol = Porcentaje de pol; PUR = pureza de jugo; FIBR = contenido de fibra del tallo; DIAM = diámetro del tallo; PPT = peso promedio de tallo;

TML = tallos por metro lineal.

Sin embargo, las correlaciones altas y positivas entre I.I., e I.I.I., (0,892 $P > 0,0001$) indican una alta asociación entre sí lo que apunta a la fiabilidad de los mismos, por lo que la continuidad de su uso para medir el daño por *Diatraea* es recomendable dentro del programa de selección del INIA.

No obstante, el programa de producción y selección de cultivares de caña del INIA debe evitar el uso de padres susceptibles a *Diatraea* en el programa de cruces debido a que la heredabilidad de la susceptibilidad y resistencia al insecto es muy alta (Kimbeng *et al.*, 2006; Milligan *et al.*, 2003; White *et al.*, 2001) por lo que la resistencia puede ser aumentada fácilmente dentro de la progenie con el uso de al menos un padre resistente (Kimbeng *et al.*, 2006). De igual manera, se debe considerar que la liberación y siembra de variedades susceptibles conlleva a un aumento de la población de la plaga en un área determinada (Reagan y Bessin, 1989). Por estas razones, se debe llevar a cabo una evaluación del Banco de Germoplasma INIA y así evitar el uso de aquellos padres susceptibles en los programas de polinizaciones.

CONCLUSIONES

- La incidencia de *Diatraea* mostró un grado de asociación leve, pero, significativa con la reducción del pol y la PUR del jugo.
- No fue posible asociar la resistencia a *Diatraea* con ninguna de las variables de los cultivares de Caña de Azúcar a excepción de una relación inversa entre el DIAM y los ET dañados.
- Los índices I.I., e I.I.I., utilizados para medir el daño causado por *Diatraea* son recomendables dentro del Programa de Selección del INIA.
- Se amerita caracterizar el Banco de Germoplasma de Caña de Azúcar del INIA para evitar el uso de padres susceptibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Ángeles, N. y P. Paredes. 1960. Nueva área de distribución para *Diatraea rosa* (H). *Agronomía Trop.* 9(4):133-136.
- De Sousa, O. y R. Rea. 1993. Correlación entre los componentes de rendimiento y calidad en cinco cultivares híbridos de caña de azúcar. *Caña de azúcar* 11:45-52.
- Falloon, T. 1989. Eight years of biological control of *Ditreaa saccharalis* F (Lepid: Pyral) in Jamaican sugarcane. **In:** Proceedings XX Congress International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) 12-21 October São Paulo, Brazil 20(2):844-850.
- Ferrer, R. y E. Guedez. 1990. Estudios de los daños causados por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en el área de influencia de la azucarera Río Turbio en los años 1986, 1987 y 1988. *Caña de azúcar* 8 (1):25-86.
- Guagliumi, P. 1962. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela. Min. Agric. Y Cría, CIA, Maracay, 2 v., 850 p.
- Hensley, S. D. 1981. Management of sugarcane pests. *Sugar J.* 44: 18 p.
- Kimbeng, C., W. White, J. Miller and B. Legendre. 2006. Sugarcane resistance to the sugarcane borer: Response to infestation among progeny derived from resistant and susceptible parents. *Sugarcane international.* 24:14-21.
- Linares, B. y F. Ferrer. 1990. Introducción de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) para el control de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Venezuela. *Caña de azúcar* 8:5-11.
- Lopes, J. J. C., N. Degaspari, P. S. Botelho, J. R. Leme, S. A. Ferrari and L. C. Almeida. 1983. Effect of borer/rott complex in the alcoholic fermentation of sugar cane juice. **In:** Proceedings XVIII Congress International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) 21-26 February La Habana, Cuba 18(2):902-909.
- Lourençao, A. L, C. G. Rosetto, E. B. Germek, T. Igue, J. A. Marques and J. A. Alves Pereira. 1982. Comportamento de clones de cana-de-açúcar em relação a *Diatreaa saccharalis*. *Bragantia* 41:145-154.
- Macedo, N., P. S. M. Botelho and O. H. O. Pavan. 1989. Viral insecticides and insect growth regulator in *Diatraea saccharalis* (FABR) control, trough aerial spraying. **In:** Proceedings XX Congress International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) 12-21 October São Paulo, Brazil 20(2):836-843.

- Mathes, R. and L. Charpentier. 1969. Varietal resistance in sugarcane to stalk moth borer. **In:** Williams, J. R., Metcalf, J. R., Mungomer R. W. and Mathes, R. eds. Pests of sugarcane. New York, Elsevier. 175-188 p.
- Mendoça, A. F. 1977. Distribución de *Diatraea* spp. y sus principales parásitos en América. **In:** 1er Seminario Nacional sobre el problema de los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) Barquisimeto 28 de febrero al 3 de marzo 9-38 p.
- Milligan, S. B., M. Balzarini and W. H. White. 2003. Broad-sense heritability, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. *Crop . Sci.* 43:1 729-1 735 p.
- Posey, F. R, W. H. White, F. P. F. Reay-Jones, K. Gravois, M. E. Salassi, B. Leonard and T. E. Reagan. 2006. Sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) management threshold assessment on four sugarcane cultivars. *Journal Econ. Entomol* 99:966-971 p.
- Ramón, M., M. Pérez, C. Mendoza y F. Mauriello. 2002. Reacción de 18 cultivares de caña de azúcar al ataque del taladrador de las caña de azúcar *Diatraea* spp. en el Estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*.19(3):210-218.
- Reagan, T. E. and F. A. Martin. 1982. Plant resistance: A key management tool for control of the sugarcane borer in Louisiana. **In:** III Inter-American sugar cane seminar Varieties and breeding, 6-8 October Miami, Florida, 257-2266 p.
- Reagan, T. E. and R. T. Bessin. 1989. Differential instantaneous rates of increase of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F) on two sugarcane varieties. **In:** Proceedings XX Congress International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) 12-21 October São Paulo, Brazil 20(2):823-829.
- Sosa, O. 1988. Pubescence in sugarcane as a plant resistance character affecting oviposition and mobility by the sugarcane borer (Lepidoptera:Pyralidae). *Journal Econ. Entomol.* 81: 661-667 p.
- Statistical Analysis System. SAS INTITUTE, INC. Release 9.1.3 Service Pack 2. 2002-2003 Cary, NC, USA.
- Steel, R. and J. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd Ed. Mac Graw Hill, Inc. pp. 272-282.
- Virmani, S. 1999. Exploitation of heterosis for shifting the yield frontier in rice. **In:** the genetics and explotación of heterosis in crops. Coors J. And Pandey S. (Edrs), 1999. International Symposium on the genetics and explotación of heterosis in crops. México DF, México. International Maize and Wheat Improvement Center.
- White, W. H. 1993. Cluster-analysis for assessing sugarcane borer resistance in sugarcane line trials. *Field crops research* 33:159-168 (abstract)
- White, W. H., J. D. Miller, S. B. Milligan, D. M. Burner and B. L. Legendre. 2001. Inheritance of sugarcane borer resistance in sugarcane derived from two measures of insect damage. *Crop sci.* 41:1 706-1 710.
- White, W, T. Tew and E. Richard. 2006. Association of sugarcane pith, rind hardness, and fiber with resistance to the sugarcane borer. *Journal American society sugar cane technologists.* 26:87-100. (abstract)
- Yépez, G. y B. Linares. 1987. Nomenclatura aprobada para los índices de evaluación del daño por taladradores *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en caña de azúcar en Venezuela. *Revista Caña de Azúcar* 5: 101-103.