

**PERDIDAS DE AZUCAR A NIVEL DE FABRICA CAUSADAS POR  
*Diatraea tabernella* EN TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR  
(*Saccharum* spp.) EN LA ZONA ALTA DE SAN CARLOS, COSTA RICA<sup>1/</sup>\***

Luis Alonso Valverde \*\*

Francisco Badilla \*\*\*

Gilbert Fuentes \*\*

**ABSTRACT**

Sugar losses at factory level caused by *Diatraea tabernella* in three sugar cane varieties (*Saccharum* spp.) from the upper producing region of San Carlos, Costa Rica. Three varieties of sugar cane were evaluated for damage by *Diatraea tabernella* in Hacienda Santa Fe, San Carlos, Costa Rica. Samples consisted of 10 stems, with 58 samples taken from the variety B 49-119, 10 from variety H 44-3098 and 54 from variety Pindar. In each sample indirect measures of losses were evaluated (Infestation and Intensity as well as Theoretical Recuperable Yield; kg of sugar/ton of sugar cane). Correlation and regression analyses were done between Intensity and Yield for each variety. The best regression model was selected, based on highest determination coefficient and highest significance level. In the 3 varieties Infestation and Infestation Intensity are positively correlated. These two parameters were negatively correlated with Yield in the varieties Pindar and B 49-119. In the variety H 44-3098 there was a negative correlation between Infestation and Yield. The indirect measures of loss explained the reduction in Theoretical Recuperable Yield, through curves of square regression and square root. Thus, the losses caused by *Diatraea tabernella* were increasing unequally for each level of Infestation or Intensity. The susceptibility to loss of sugar in the varieties studied were, in order of increasing loss: B 49-119, Pindar and H 44-3098.

- 1/ Recibido para publicación el 27 de julio de 1990.  
\* Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por Luis Alonso Valverde Tenorio ante la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.  
\*\* Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Apartado 2330-1000 San José, Costa Rica.  
\*\*\* Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

**INTRODUCCION**

El daño que más afecta a la industria de la caña de azúcar, provocado por el barrenador del tallo (*Diatraea tabernella*), se inicia en aquellas plantas con formación de entrenudos, hasta que éstos hayan alcanzado su madurez completa. La caña, en estas condiciones, es atacada secundariamente por

otros insectos y patógenos como *Colletotrichum falcatum* Went, agente causal de la pudrición roja, que provoca la inversión de la sacarosa de los jugos (Alpizar, 1983; Ruiz *et al.*, 1968; Terán *et al.*, 1983; Villalobos, 1986).

En Costa Rica las pérdidas de azúcar causadas por *Diatraea tabernella* han sido estimadas en cañas anuales y bianuales, mediante un factor reductor de 0,48% de pérdida en el rendimiento de azúcar, por cada "1% de intensidad" (Badilla, 1986a; 1986b). Este factor reductor es el utilizado en otros países, ello a falta de una referencia nacional confiable.

Este trabajo pretende medir las pérdidas en rendimiento de sacarosa, debidas al daño de *Diatraea tabernella*, en tres cultivares de caña de azúcar en la zona alta de San Carlos, durante la zafra de 1986, así como analizar las condiciones que provocaron esas pérdidas, de tal forma que pueda ser utilizado como modelo en posteriores investigaciones.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en 2 etapas: campo y laboratorio. En la primera se determinaron las medidas indirectas de pérdida, la Infestación (número de cañas perforadas) y la Intensidad de Infestación (número de entrenudos perforados). En la segunda, se determinó el Rendimiento Teórico Recuperable (RTR o Rendimiento), expresado como el azúcar 96% Pol/t de caña, que teóricamente se puede extraer.

Se tomaron 58, 10 y 54 muestras, de 10 cañas/0,1 ha cada una, en campos cultivados con las variedades comerciales B 49-119, H 44-3098 y Pindar, respectivamente, para determinar Infestación e Intensidad de Infestación. Estas variedades estaban sembradas a 1,5 m entre surcos y 3 hileras de esquejes/surco. Las muestras de cañas perforadas y sanas, se tomaron durante la última semana de marzo, abril y la primera de mayo de 1986. Cada muestra se recolectó en el frente de corte, por tanto se trató de cañas comercialmente maduras, quemadas y decapitadas. Las muestras identificadas por lote, variedad y fecha, fueron llevadas al Ingenio Santa Fe, donde se realizaron las medidas indirectas de pérdida.

El % de Infestación (conocido como Infestación), se midió de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Infestación} = \frac{\text{Número de cañas perforadas}}{\text{Total de cañas}} \times 100$$

El porcentaje de Intensidad de Infestación (conocido como Intensidad), se midió contando internamente el número de entrenudos barrenados. Se contaron los entrenudos contiguos a los barrenados, cuando presentaron daños por pudrición roja. Se utilizó la fórmula:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Número de entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} \times 100$$

Las 10 cañas de cada muestra, enteras si estaban sanas o en secciones si estaban infestadas, se pasaron por una máquina picadora de pasto, acondicionada para el efecto. El producto, caña picada o desfibrada, se colocó en un estafión, donde se mezcló. De éste se tomó 0,5 kg de caña picada, la cual se colocó en un cilindro para muestras. Se llevó a una prensa hidráulica "Isotex", con una presión sostenida de 100 kg/cm<sup>2</sup>, durante un minuto, la cual permitió la extracción del jugo. La torta residual fue posteriormente pesada.

El jugo recogido se utilizó para medir los grados Brix, la Pureza y el Pol. Los grados Brix y la Pureza se midieron en un refractómetro, y el Pol en un polarímetro. En el caso de lecturas difíciles de determinar en el polarímetro, se utilizó una gota de ácido acético.

Con los datos de Brix, Pureza y Pol, se calculó el Brix corregido y la sacarosa. Con estos últimos, más el de la torta residual, se calculó el RTR, en kg de azúcar 96% Pol/t caña.

Se realizó un análisis de correlación entre el Rendimiento (RTR) y cada una de las medidas indirectas de pérdida (Infestación e Intensidad), en cada variedad de caña de azúcar. Cuando la correlación fue significativa, se efectuó el análisis de regresión. El criterio de selección del modelo de mejor ajuste fue el valor mayor del coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y el nivel de significancia del coeficiente de correlación (r).

Para realizar los análisis de correlación y regresión se obtuvo valores promedio en cada variable (y), por cada grupo de datos de Infestación (x) o Intensidad (x), que no presentaron variación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Variedad B 49-119

Se observó una correlación positiva altamente significativa ( $r=0,9671^{**}$ ) entre la Infestación y la Intensidad de Infestación. En la relación Infestación y el Rendimiento, se observó

una correlación negativa y significativa ( $r=-0,556^*$ ), que también ocurrió entre Intensidad y Rendimiento ( $r=-0,711^*$ ). La regresión de estas 2 últimas variables se ajustó a un modelo cuadrático ( $P<0,01$ ) con un coeficiente de determinación de 56,6% (Figura 1). La tendencia general que se observa en la Figura 1 indica que con bajos niveles de Intensidad, se obtuvieron los rendimientos mayores, y posteriormente, conforme aumentó el nivel de Intensidad, disminuyó más fuertemente el Rendimiento. Es importante observar, sin embargo, que en algunos casos particulares (Figura 1), Intensidades bajas, menores de 3%, produjeron los más altos rendimientos. Esto podría explicarse por una compensación fisiológica de la planta como respuesta al ataque de la plaga.

El modelo cuadrático encontrado es diferente al lineal que informa la literatura (Cleare, 1932;

los rendimientos (David y Ranganathan, 1960). También se debe tomar en consideración que en zonas donde la variedad B 49-119 es afectada desde el inicio de su desarrollo, el nivel de daño (Intensidad), al final del cultivo, será mayor que en cañas atacadas tardíamente.

Esta condición, de sembrar variedades tardías y tempranas con diferentes niveles de susceptibilidad, favorece una mayoría de ataque en los tercios medio e inferior en las variedades más susceptibles, ya que según Martorell y Bandgdiwala (1954) el tercio medio produce más azúcar que el inferior y éste que el superior. Es claro entonces, en este caso, que no solamente el valor de la Intensidad como tal es lo importante, sino que la localización del daño del taladrador también lo es, en la relación de pérdida entre Rendimiento y daño.

#### Variedad H 44-3098

Hubo una correlación positiva, altamente significativa ( $r=0,9117^{**}$ ) entre la Infestación y la Intensidad de Infestación. La correlación entre el Rendimiento y la Infestación fue negativa y significativa ( $r=-0,636^*$ ), no así la correspondiente con la Intensidad ( $r=-0,350$ ). La regresión del Rendimiento sobre la infestación que mejor ajustó, fue la del tipo raíz cuadrada ( $R^2= 52,2\%$ , Figura 2).

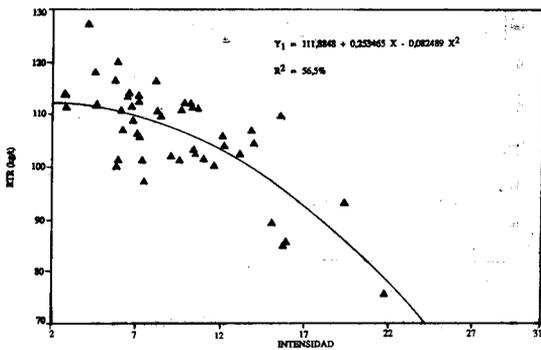


Fig. 1. Diagrama de dispersión y curva de regresión del rendimiento (RTR) sobre la intensidad del daño de *Diatraea* spp. en la variedad B 49-119 de caña. Hacienda Santa Fe, San Carlos, 1986.

Villalobos, 1986), aunque ya era sospechado por Terán *et al.* (1983). Este tipo de regresión indica que la pérdida no es constante por cada nivel de daño, tal como ha sido utilizado anteriormente por Mathes *et al.* (1954) y Ruiz *et al.* (1968), sino que el incremento en la pérdida, es mayor en cada nivel superior de daño. Este comportamiento se debió quizá a que la variedad B 49-119 se siembra junto con la B 60-267, que es menos susceptible al daño de *Diatraea tabernella*, según Badilla (1986a) y Villalobos (1986), provocando un medio restrictivo para el desarrollo de *Diatraea* y favorable para la caña B 49-119. Esta condición favorece el desarrollo de ataques tardíos a la caña B 49-119, que se localizarán en el tercio superior de la caña. Se conoce también que estos ataques tardíos aceleran la madurez, aumentando

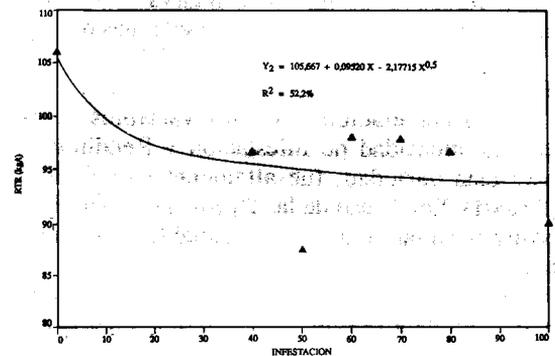


Fig. 2. Diagrama de dispersión y curva de regresión del rendimiento (RTR) sobre la infestación de *Diatraea* spp. en la variedad H44-3098, de caña. Hacienda Santa Fe, San Carlos, 1986.

Se encontró que al comparar la pérdida de azúcar causada por bajas y altas infestaciones, a través de cambios proporcionales en el nivel de Infestación, se producen mayores pérdidas con bajas infestaciones. Entre 0% y 40% de

Infestación, se pierden 10 kg de azúcar por t de caña, mientras que entre 40 y 80%, se pierden aproximadamente 2 kg (Figura 2). Eso también significa que para la variedad H 44-3098, un 3,47% de Intensidad, produce una pérdida de 10 kg/t, que comparada con la estimada (1,664 kg/t), según el índice utilizado en el país (0,48) (Badilla, 1986a; 1986b), da una diferencia de 8,3 kg/t, aproximadamente.

La regresión encontrada (Figura 2), difiere del tipo nacional e internacionalmente utilizado (Alpizar, 1983; Barba, 1985; Bido, 1981; Terán *et al.*, 1983; Villalobos, 1986), no sólo en cuanto a su modelo, raíz cuadrada, sino que corresponde al Rendimiento sobre la Infestación. Esto puede ser debido a que el tamaño del entrenudo, dentro y entre tallos de una variedad de caña, es variable.

El número de entrenudos barrenados no refleja necesariamente la cantidad de tejido dañado, como informa Metcalfe (1969); también en algunas investigaciones anteriores, no se ha encontrado una relación significativa entre el % de entrenudos barrenados y la pérdida de sacarosa (Cleare, 1932). También los entrenudos de la variedad H 44-3098 tienden a ser grandes, mientras que las horadaciones tendieron a ser pequeñas; según Badilla (Comunicación personal. 1986. Programa de Entomología, DIECA) este tipo de regresión del Rendimiento sobre la Infestación se emplea en cañas duras, donde la larva sólo perfora un entrenudo, o se le dificulta horadar más de uno.

### Variedad Pindar

La correlación entre las variables Infestación, Intensidad de Infestación y Rendimiento para esta variedad, fue altamente significativa ( $P < 0,01$ ). En el caso de las 2 primeras el valor fue positivo, en tanto que ambas variables correlacionaron negativamente con el Rendimiento. La regresión de mejor ajuste en ambos casos fue de tipo cuadrática ( $R^2 = 80,9\%$ ;  $P < 0,02$ ) (Figura 3) y ( $R^2 = 66,9\%$ ;  $P < 0,001$ ) (Figura 4), respectivamente. Al igual que para la variedad B 49-119 estas ecuaciones difieren de las informadas por Alpizar (1983) y Villalobos (1986), mostrando un decrecimiento en el Rendimiento, diferente por cada nivel de infestación.

Según la Figura 3, valores pequeños de Infestación, provocaron leves disminuciones en el Rendimiento, pero posteriormente, al aumentar los valores de Infestación, disminuyó más fuertemente el Rendimiento. Esta regresión puede

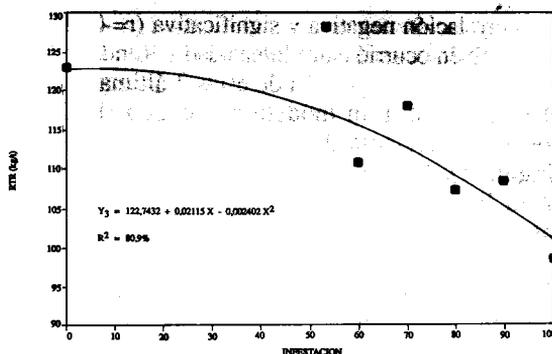


Fig. 3. Diagrama de dispersión y curva de regresión del rendimiento (RTR) sobre la infestación de *Diatraea* spp., en la variedad Pindar de caña. Hacienda Santa Fe, San Carlos, 1986.

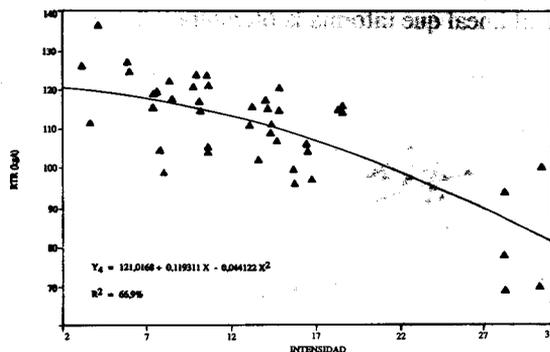


Fig. 4. Diagrama de dispersión de regresión del rendimiento (RTR) de caña sobre la intensidad de infestación de *Diatraea* spp. en la variedad Pindar. Hacienda Santa Fe, San Carlos, 1986.

explicar bien los decrecimientos en Rendimiento entre 60% y 100% de Infestación, dado que no se encontraron valores menores de Infestación, excepto el de cañas sanas (0%), por lo que entre 0 y 60%, la regresión no explica resultados. Más bien, a bajos niveles de Infestación, parecen producirse aumentos puntuales en el Rendimiento, que pueden explicarse de la misma manera que se hizo para la variedad B 49-119 (Figura 1).

La ecuación de regresión de la Figura 3 presentó un coeficiente de determinación mayor que la Figura 4, lo cual se puede deber a una debilidad en la metodología de determinación del daño. Esto se refiere a que, con la metodología empleada, vale igual un entrenudo grande, que uno pequeño, y lo mismo vale una horadación que abarca un tercio del entrenudo, que una que lo abarca totalmente; esta situación ha sido planteada anteriormente



por Ellis *et al.* (1960). Otro factor importante son las rajaduras en las cañas, las cuales producen pérdidas de sacarosa por inversión de ésta, además del daño de *Metamasius hemipterus*. Este último se presentó de manera marcada en la variedad Pindar, en el sector muestreado. Este curculiónido, al penetrar en la caña, favorece la aparición del hongo *Colletotrichum falcatum*, causante de la inversión de la sacarosa. El efecto detrimental de la Intensidad fue subestimado respecto a la Infestación, por lo que se debe preferir utilizar la ecuación de la Figura 4, en lugar de la Figura 3, para explicar la variación en el Rendimiento, a causa del daño provocado por *Diatraea tabernella*; además, su nivel de significancia es mayor.

Con base en esta información de Intensidad, utilizar el factor reductor de 0,48 significa efectuar una sobreestimación de pérdidas, situación que según Metcalfe (1969), es común. Sin embargo, esa sobreestimación se reduce, respecto a lo calculado con la regresión de la Figura 4, conforme aumenta la Intensidad.

Con valores de Intensidad cercanos al 13%, o más, si se utiliza el índice reductor, se subestiman las pérdidas. Ello se debe a que usando esta ecuación, no ocurre una pérdida constante por cada nivel de Intensidad, sino que es mayor conforme el nivel de Intensidad es superior. Esto último ha sido planteado por Barba (1985) y Terán *et al.* (1983). De esta manera, la variedad Pindar es sensible a las pérdidas en Rendimiento en forma más acentuada que la variedad B 49-119, hasta niveles del 5% de Intensidad, aproximadamente. Sin embargo, conforme aumenta la Intensidad, las pérdidas que sufre son menores que las respectivas en la variedad B 49-119.

Se concluye que las pérdidas ocasionadas por *Diatraea tabernella* no son iguales por cada 1% de Intensidad o Infestación, en las 3 variedades estudiadas, sino que son crecientes en forma desigual.

Estos resultados inducen a cuestionar la validez de la utilización del índice fijo de reducción (de 0,48) que se ha practicado para estas variedades en Costa Rica (Badilla, 1986a; 1986b). También, los resultados obtenidos para la caña H 44-3098 que, en términos comparativos pierde más azúcar por el daño de *Diatraea tabernella* que las otras variedades, obligan a practicar metódicamente, durante varios años, investigaciones como ésta, que abarquen cañas de igual edad en el campo, pero de diferentes cortes, dentro de la

misma variedad. De esa forma se podrá establecer una relación más apropiada entre el daño del taladrador y la pérdida de Rendimiento al final del ciclo del cultivo, que es la pérdida que más afecta a la industria de la caña de azúcar.

## RESUMEN

Este trabajo se realizó en la Hacienda Santa Fe, San Carlos, Costa Rica, para evaluar el daño de *Diatraea tabernella* en 3 variedades de caña de azúcar.

Se tomaron 58, 10 y 54 muestras de 10 tallos cada una de las variedades comerciales B 49-119, H 44-3098 y Pindar, respectivamente. En cada muestra se evaluaron las medidas indirectas de pérdida (Infestación e Intensidad, así como el Rendimiento Teórico Recuperable (RTR) (kg de azúcar/t de caña). Se realizó análisis de correlación y regresión entre Intensidad y Rendimiento para cada variedad. Se seleccionó el modelo de regresión de mejor ajuste, representado por el mayor coeficiente de determinación y mayor nivel de significancia. En las 3 variedades la Infestación y la Intensidad de Infestación estuvieron correlacionadas positivamente. A su vez, estos 2 parámetros correlacionaron negativamente con el Rendimiento, en las variedades Pindar y B 49-119. En la variedad H 44-3098 se encontró que hubo una correlación negativa entre la Infestación y el Rendimiento.

Las medidas indirectas de pérdida explicaron la reducción en el Rendimiento a través de curvas de regresión cuadrática y raíz cuadrada. Así, las pérdidas ocasionadas por *Diatraea tabernella*, fueron crecientes, en forma desigual, por cada nivel de Infestación o Intensidad. La susceptibilidad a la pérdida de azúcar, en las variedades estudiadas por daño de *Diatraea tabernella*, en orden creciente, fue: B 49-119, Pindar y H 44-3098.

## LITERATURA CITADA

- ALPIZAR, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. Práctica Ing. Agr. Santa Clara, San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Agronomía. 69 p.
- BADILLA, F. 1986a. Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. en la Hacienda Santa Fe, San Carlos. San José, Dirección de Investigación y

- Extensión de la Caña de Azúcar-DIECA. 4 p. (Boletín Informativo no. 26)
- BADILLA, F. 1986b. Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea tabernella*, en la Hacienda Juan Viñas. San José, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar-DIECA. 4 p. (Boletín Informativo no. 27)
- BARBA, M. 1985. Metodología para estimar pérdidas por *Diatraea saccharalis* Fab. en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar en Cuba. Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba 44(4):18-24.
- BIDO, C. 1981. Pérdidas de sacarosa por ataque del taladrador (*Diatraea saccharalis* F.) en la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la variedad CP-5243. República Dominicana, División Experimental Duquesa, Consejo Estatal del Azúcar. Boletín Técnico El cañero 10(6):1-21.
- CLEARE, L.D. 1932. Moth borer damage in relation to sugar cane varieties in British Guinea. Tropical Agricultural Trinidad 9:264-271.
- DAVID, H.; RANGANATHAN, V. 1960. Variations in juice quality in top-borer affected cane. Madras Agricultural Journal 47:201-205.
- ELLIS, T.O.; ROHRIG, P.E.; ARGENEUX, G. 1960. Stalk borer damage as affecting available sucrose in mill cane. Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists 10:924-932.
- MARTORELL, L.F.; BANDGDIWALA, I.S. 1954. Sucrose content of sugar cane as affected by moth borer (*Diatraea saccharalis* Fabricius) infestation. Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists 8:602-614.
- MATHES, R.; INGRAM, J.W.; CHARPENTIER, L.J. 1954. A method for determining losses caused by the sugar cane borer. Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists 8:614-616.
- METCALFE, J.R. 1969. The estimation of loss caused by sugar cane moth borers. In Pests of sugar cane. Ed. by J.R. Williams *et al.* New York, Elsevier Pub. p. 61-79.
- RUIZ, M.A.; MARTINEZ, A.; FLORES, S. 1968. Statistical estimation of sugar losses due to borer attack (*Diatraea chilo*). Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists 13:1292-1295.
- TERAN, F.O.; PRECETTI, A.A.C.M.; DERNEIKA, O. 1983. Broca da cana de açúcar, *Diatraea saccharalis*. Reuniao Técnica Agronômica. Pragas da cultura da cana-de-açúcar. Sao Paulo, Brasil, Centro de Tecnologia COPERSUCAR. p. 4-15.
- VILLALOBOS, E. 1986. Efecto de los taladradores del tallo sobre el rendimiento de azúcar de cuatro variedades de caña en el Ingenio Santa Fe. Práctica Ing. Agr. Santa Clara, San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Agronomía. 62 p.