

# ESTIMACION DEL FACTOR DE PÉRDIDA POR DAÑOS DEL BARRENADOR DEL TALLO (*Diatraea* spp) EN CINCO REGIONES DE COSTA RICA.

Jose Daniel Salazar<sup>1</sup>, Ovely Quiros<sup>2</sup>, Erick Morera<sup>2</sup>, Rodrigo Oviedo<sup>1</sup> y Julio César Barrantes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

<sup>2</sup> Universidad Nacional

e-mail: jsalazar@laica.co.cr, roviedo@laica.co.cr, jcbarrantes@laica.co.cr

## RESUMEN

Con el objeto de evaluar las pérdidas agroindustriales y económicas causados por el Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp) en Costa Rica se procedió a realizar proyectos de investigación en cinco regiones cañeras del país. Se consideraron: Juan Viñas, Grecia, Pérez Zeledón, San Carlos y Cañas. La metodología de muestreo utilizada consideró tallos perforados y barrenados en los frentes de corta durante diferentes zafras. Las muestras se tomaron de lotes comerciales, considerando los dos tercios inferiores de tallos molederos provenientes del frente de corte. Se formaron agrupaciones de 25 entrenudos, la primera categoría estuvo conformada por 25 entrenudos sanos (testigo), incorporando un entrenudo dañado de manera constante a cada categoría, lo que corresponde a una variación constante de 4% de I.I. entre cada una de ellas. Los experimentos realizados en Juan Viñas, Grecia y Pérez Zeledón lo conformaron 26 tratamientos (categorías) entre 0% y 100% de I.I. con tres repeticiones, mientras en San Carlos y Cañas fueron modificados, llegando hasta el 40% de I.I. (11 tratamientos y 4 repeticiones) debido a la dificultad para encontrar suficiente material dañado. Las variedades analizadas, la especie del barrenador predominante y el periodo de zafra para cada una de las localidades fueron: H 61-1721, *D. tabernella*, Zafra 1998-1999 en Juan Viñas; SP 71-5574, *D. guatemalella*, Zafra 1998-1999 en Grecia; SP 71-5574, *D. guatemalella*, Zafra 1999-2000 en Pérez Zeledón; PINDAR, *D. guatemalella*, Zafra 2000-2001 en San Carlos; y SP 79-2233, *D. guatemalella*, Zafra 2004-2005 en Cañas. En todos los casos se utilizó la variedad de mayor área de siembra e importancia económica para las regiones. A las muestras se les realizó el análisis industrial y determinación de azúcares reductores para estimar las pérdidas de sacarosa. Se encontró un factor de pérdida de 0,320; 0,420; 0,505; 0,590 y 0,604 Kg. de azúcar/T.M. de caña por cada 1% de I.I. en Cañas, San Carlos, Grecia, Juan Viñas y Pérez Zeledón, respectivamente. Estos resultados permiten estimar las pérdidas económicas provocadas por los barrenadores en esas regiones de Costa Rica, según los niveles de daño y los rendimientos agroindustriales producidos por esas variedades.

## 1. INTRODUCCION

El Barrenador Común del Tallo (*Diatraea* spp.), constituye el mayor flagelo económico del cultivo, por los daños directos que ocasiona al construir galerías en el tallo y además, por ofrecer un fácil acceso a enfermedades fungosas como *Colletotrichum falcatum*. Went y *Fusarium moniliforme* Sheldon, agentes causales de la pudrición roja y enfermedades bacterianas, que dificultan la clarificación y el procesamiento de los jugos en ingenios por el desdoblamiento o inversión de la sacarosa a azúcares no cristalizables (Alpizar, 1983). En forma indirecta esta plaga facilita el ingreso a plagas secundarias como el Picudo de la Caña (*Metamasius hemipterus serius*).

Cuando las larvas emergen se alimentan inicialmente de las células de parénquima de las hojas durante 2 ó 3 días, antes de penetrar al tallo. Después de la primera muda, ingresan por las yemas o por la zona de la vaina de la hoja, en la sección superior, para formar galerías internas que pueden ser transversales, longitudinales, o ambas. La literatura informa que características como la dureza de la epidermis y el contenido de fibra son elementos que limitan la entrada de larvas y permiten a distintas variedades de caña comportarse en forma diferente al barrenador.

La larva al alimentarse de la fibra obstruye los haces vasculares, lo que impide el desarrollo fisiológico normal de la planta. En los tallos desarrollados, las larvas construyen galerías, en general, en forma longitudinal y transversal, esto produce la quiebra de la caña, de esta manera se reduce el tonelaje por área (Subirós,1995).

En plantaciones de más de cuatro meses las larvas estimulan la formación de brotes laterales que afectan negativamente la acumulación de sacarosa.

En Costa Rica las especies identificadas y asociadas al cultivo de la caña de azúcar son:

- ***D. saccharalis* (Fabricius)**: se encuentra principalmente en algunas áreas del Pacífico Seco, Valle Central y San Carlos.
- ***D. tabernella* (Dyar)**: se localiza en zonas altas como Juan Viñas, Valle Central (San Ramón y Sarchí) y algunas partes de San Carlos.
- ***D. guatemalaella* (Shaus)**: se ubica en la zona de San Carlos, Valle Central, Pérez Zeledón y Guanacaste. (Salazar, *et al* 1999a y 2000).

Esta plaga se maneja desde hace más de dos décadas mediante la implementación del Control Biológico del estadio larval mediante el uso del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hym: Braconidae), reproducido masivamente en el laboratorio de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Paralelamente a ello es fundamental conocer la intensidad de daño y la repercusión de la plaga sobre los rendimientos agroindustriales y económicos del cultivo, lo que se realiza por medio de la determinación de índices de daño en el cultivo y las pérdidas económicas.

Para realizar la evaluación de daño se toman en los frentes de corte al azar 10 cañas/ha, revisando en cada caña la presencia o no de perforaciones por barrenadores y contando el número de entrenudos que componen el tallo de la caña. Aquellas cañas que presentan perforaciones se abren longitudinalmente para determinar el número de entrenudos dañados. Estos muestreos son la herramienta que provee información importante para definir el área de acción durante el rebrote del cultivo, con el fin de ejercer el control de larvas de *Diatraea* spp. (Salazar, 1999).

Los índices de daño valorados en las plantaciones de caña de azúcar se realizan mediante el muestreo de tallos afectados por la plaga y se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Infestación (I. \%)} = \frac{\text{Cañas perforadas}}{\text{Total de cañas}} \times 100$$

$$\text{Infestación de Infestación (I.I. \%)} = \frac{\text{Entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} \times 100$$

La Intensidad de Infestación es el parámetro más usado a nivel internacional para cuantificar los daños que ocasiona esta plaga. Para estimar el factor de pérdida (pérdida de kilogramos de azúcar por tonelada de caña), es recomendable utilizar ese parámetro y no el porcentaje de Infestación (I), ya que el primero da una mejor idea de la situación de la plaga, porque considera el total de entrenudos muestreados (Subirós, 1995).

Se consideró, realizar una serie de investigaciones en diferentes regiones con la intención de ajustar los índices existentes con respecto al factor de pérdida en virtud de los cambios tecnológicos a que ha sido sometido el cultivo de caña de azúcar en lo referente a variedades y manejo de plantaciones, no descartándose la presencia de variaciones en la distribución de especies del barrenador o cambios en sus hábitos biológicos. En las regiones cañeras se encuentran diversas condiciones de clima, suelos, variedades y especies del barrenador. Las referencias que se manejaban se basaban en los resultados obtenidos por Alpízar (1983) en la Hacienda Juan Viñas, Cartago y Valverde (1990) en Santa Fe, San Carlos, Alajuela.

## 2. OBJETIVOS

Se formularon los siguientes objetivos para el desarrollo de la investigación.

### 2.1 Objetivo General

- ✓ Cuantificar el Factor de Pérdida en kilogramos de azúcar por tonelada de caña en las diferentes regiones cañeras del país, según los índices de intensidad de infestación causados por *Diatraea* spp.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el Factor de Pérdida para seis regiones del país bajo diferentes condiciones de clima y manejo, así como diferentes especies del barrenador.
- Calcular las pérdidas económicas provocadas por el daño del barrenador.
- Medir los efectos de la Intensidad de Infestación sobre las variables % de pol, % sacarosa, % pureza, % de fibra, azúcares reductores, rendimiento industrial de azúcar y peso.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación Geográfica y Condiciones Ambientales

Se consideraron cinco de las principales regiones cañeras del país, zonas de influencia de los ingenios y de la mayor cantidad de productores de esas regiones. Además, se utilizaron lotes comerciales al momento de la cosecha de las variedades de mayor impacto para cada localidad en el periodo de zafra considerado.

**Grecia:** Estas áreas se ubican a una altitud entre los 530 y los 1500 m.s.n.m. La lluvia en esta zona es en promedio de 2.900 mm anuales. Posee una época seca definida, se inicia desde finales de noviembre y concluye al inicio del mes de mayo. La temperatura promedio presente en esta zona es de 22,4° C. Como su topografía es irregular, se dificulta las prácticas de cultivo mecanizadas. Además, existen algunos impedimentos en el acceso del agua por aspectos de topografía y falta de fuentes (Subiros, 1995). La zafra se extiende entre los meses de enero y mayo. La variedad utilizada fue SP 71-5574 cosechada a los 12 meses y un ciclo vegetativo de 5 socas.

**Juan Viñas:** Se cultiva caña a diferentes alturas, que van desde los 550 m.s.n.m hasta los 1.550 m.s.n.m. En esta región la precipitación es de 2.880 m.m. aproximadamente, y ocurre durante la mayor parte del año, con una disminución entre el mes de marzo y mediados de abril. La temperatura promedio es de 22,3° C., que hacen variar la edad de cosecha desde los 12 hasta los 24 meses. El periodo de zafra esta comprendido entre enero y junio. La topografía es irregular, con pendientes hasta del 20% (Subiros, 1995). La variedad utilizada fue H 61-1721 cosechada a los 22 meses de edad y un ciclo vegetativo de 3 socas.

**Pérez Zeledón:** Se cultiva en diferentes alturas desde los 400 m.s.n.m hasta los 750 m.s.n.m. La lluvia de esta zona es bastante elevada, alrededor de 3.280 mm al año; la temperatura es de 23,9° C. El periodo de la zafra esta comprendido entre el mes de enero y mayo. La variedad utilizada fue SP 71-5574 de 12 meses de edad y un ciclo vegetativo de 4 socas.

**San Carlos:** Las áreas de siembra se ubican en las altitudes que están entre los 40 y 680 m.s.n.m. En ellas llueve durante la mayoría del año, con precipitaciones superiores a los 3.930 mm, esta región posee una época corta menos lluviosa. La temperatura promedio se encuentra alrededor de los 23,6° C. La topografía del suelo es variable, las partes bajas son bastante planas, las áreas altas son más irregulares (Subiros, 1995). La variedad utilizada fue PINDAR de 12 meses de edad y un ciclo vegetativo de 3 socas.

**Cañas:** Estas áreas se ubican a una altitud entre los 150 y 350 m.s.n.m. La precipitación promedio es de 2.200 mm; dividida por dos épocas definidas, una época seca (verano) que inicia a finales del mes de noviembre y concluye a finales del mes de abril y otra lluviosa (invierno) que comienza en el mes de mayo y concluye a finales de noviembre. La temperatura promedio anual es cercana los a 26° C. Posee, en general, topografía plana, lo que facilita la mayoría de las operaciones de manera mecánica (Subiros, 1995). El periodo de zafra inicia a finales de noviembre o principio de diciembre y termina en abril. La variedad utilizada fue SP 79-2233 de 2° soca y 12 meses de edad.

### **3.2 Procedimiento de Campo**

Para determinar el factor de pérdida, se tomaron las muestras de los entrenudos infestados por el barrenador. Se agruparon entrenudos barrenados y sanos, provenientes de tallos de cañas molederas comercialmente, los entrenudos se tomaron de los dos tercios inferiores del tallo de la caña. Se formó categorías o tratamientos conformados por entrenudos sanos y dañados, con una variación constante de un entrenudo perforado en forma ascendente a partir de 25 sanos (Testigo) hasta 25 dañados (100% de I.I.) obteniendo índices de intensidad de infestación con un espaciado de 4 % de I.I entre las categorías, repetidos tres veces. Cuando la disponibilidad de entrenudos afectados era limitada, se modificó el esquema, haciendo 11 agrupamientos de entrenudos obteniendo un índice máximo del 40% pero incrementando en una repetición (San Carlos y Cañas).

### **3.3 Análisis Industrial**

Los entrenudos de cada agrupamiento fueron llevados al Laboratorio Móvil de LAICA o al Laboratorio de Análisis de Jugos para Pago por Calidad del Ingenio en donde se determinaron los diferentes parámetros de valoración para estimar los rendimientos industriales. Los mismos se obtienen al tomar una muestra de 500 g de caña desintegrada de la cual se separa la fibra del jugo, determinándose a este último los porcentajes de brix, pol y pureza. Con esos parámetros y mediante cálculos de formulas matemáticas, se determina el rendimiento de sacarosa contenido en la muestra de caña.

### **3.3 Determinación de Azúcares Reductores**

Para la determinación del porcentaje de azúcares reductores se siguió el procedimiento establecido y recomendado por LAICA (1988), consistiendo en el uso de la Cromatografía Líquida de Alta Precisión (HPCL), la cual constituye una moderna técnica de análisis que separa por medios físicos-químicos componentes de la muestra, según su peso molecular, identificando y cuantificando los porcentajes de fructosa y glucosa presentes en la solución.

### **3.5 Evaluación Estadística**

El procesamiento de los datos obtenidos, se realizó por medio del Sistema de Análisis Estadístico (SAS) para cada una de las variables analizadas, se les aplicó diversos modelos de regresión que permitieron realizar el estudio del efecto de Intensidad de Infestación sobre las variables industriales. Se eligieron aquellos modelos que fueron significativos, según análisis de varianza realizado y que tuvieran una lógica del comportamiento biológico.

Cuando fue necesario, se aplicaron transformaciones a variables que no se distribuyeron normalmente. Las transformaciones utilizadas fueron la raíz cuadrada y la transformación angular ó arcoseno.

### **3.6 Estimación del Factor de Pérdida de Azúcar**

Con los rendimientos estimados de azúcar para cada intensidad de infestación y utilizando la ecuación del modelo matemático seleccionado, se determinó la pérdida de azúcar por cada 1%

de intensidad de infestación (Factor de Pérdida) y las respectivas pérdidas económicas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Efecto sobre las Variables Industriales

En cada uno de los experimentos se encontró similitud en el comportamiento de las principales variables industriales valoradas. Se determinó una relación inversamente proporcional entre el incremento en los índices de Intensidad de Infestación y las variables Pol en Caña, Pureza, Sacarosa y Kg. de Azúcar/TMC. Efecto contrario, se observó con las variables Fibra% (Torta Residual) y Azúcares Reductores.

**Fibra:** La variable fibra (torta residual según la interpretación del análisis) presenta un incremento conforme incrementan los niveles de daño.

**Pol % en Caña:** Se encontró una disminución en el Pol%Caña (sacarosa aparente) entre 0,02% y 0,06% por cada 1% de I.I. en las diferentes regiones. Esta disminución se debe a que se reduce la sacarosa a azúcares no cristalizables por la acción del complejo larva - pudrición roja, lo que incide directamente sobre el contenido de sacarosa en la caña.

**Sacarosa:** Los rendimientos de sacarosa disminuyeron entre 0,03% y 0,08%. Esto ocurre por el desdoblamiento de la sacarosa a fructosa y glucosa. Ocurre una tendencia decreciente y constante del porcentaje de sacarosa, al ir creciendo el porcentaje de intensidad de infestación. Al igual que el efecto en las variables pol y azúcares reductores, la importancia del daño que el Barrenador provoca es por una mayor incidencia de los hongos que provocan el desdoblamiento de la sacarosa a otros azúcares, por lo que conforme aumenta la I.I. las concentraciones de sacarosa presentes en el jugo de caña disminuyen.

**Pureza:** En este caso se determinó una disminución por unidad porcentual de I.I. entre 0,10% y 0,16%. La Pureza es la proporción en que se encuentra la sacarosa ó pol respecto a los sólidos totales. Hay que recordar que la pureza representa uno de los parámetros más importantes para seleccionar una buena variedad o condición favorable de materia prima.

**Azúcares Reductores:** La presencia de azúcares reductores (glucosa y fructuosa) aumentan al incrementar la I.I., esta tendencia se debe a que conforme aumenta la intensidad, los jugos van presentando un menor contenido de sacarosa verdadera, libre de impurezas, debido a que hay un desdoblamiento de la sacarosa. Cuando ocurre la descomposición y se da el desdoblamiento del disacárido a sus dos moléculas constituyentes de monosacáridos, se produce la acción enzimática de la invertasa sobre la sacarosa (azúcar no reductor). Estas enzimas por procesos de hidrólisis aumentan los contenidos de azúcares reductores en el jugo, con la consecuente pérdida de riqueza de azúcar extraíble.

Agentes causantes de la inversión de la sacarosa son los daños directos ocasionados por la larva del Barrenador, la pudrición roja causada por los hongos *Colletotrichum falcatum* y *Fusarium moniliforme*, el daño del Picudo *Metamasius hemipterus*, los efectos de las ratas; así como las rajaduras presentes en el tallo de la caña.

**Miel Final:** No se encontraron variaciones significativas en el contenido de mieles a diferente nivel de intensidad de infestación, pero es importante recordar que entre menores sean los valores obtenidos de miel, mayor será el azúcar cristalizable (sacarosa) contenida en los tallos y por tanto recuperable en la fábrica, por lo que la relación entre miel final y azúcar recuperable es inversa.

#### **4.2 Efecto sobre los Rendimientos Industriales de Azúcar, Determinación del Factor de Pérdida y Estimaciones de Pérdidas Económicas para cada Región**

El modelo de regresión que mejor se ajustó para esta variable fue el modelo lineal, excepto para la investigación realizada en Grecia, cuyo modelo fue el cuadrático que explica que la pérdida no es constante por cada nivel de daño; sino que el incremento en la pérdida, es mayor en cada nivel superior de intensidad (Barba, 1985; Terán *et. al.*, 1983; y Ruiz *et. al.*, 1968). Este caso coincide con lo encontrado por Valverde, *et al* (1990) quién señala que las pérdidas ocasionadas por *D. tabernella* fueron crecientes en forma desigual, por cada nivel de infestación para cañas anuales.

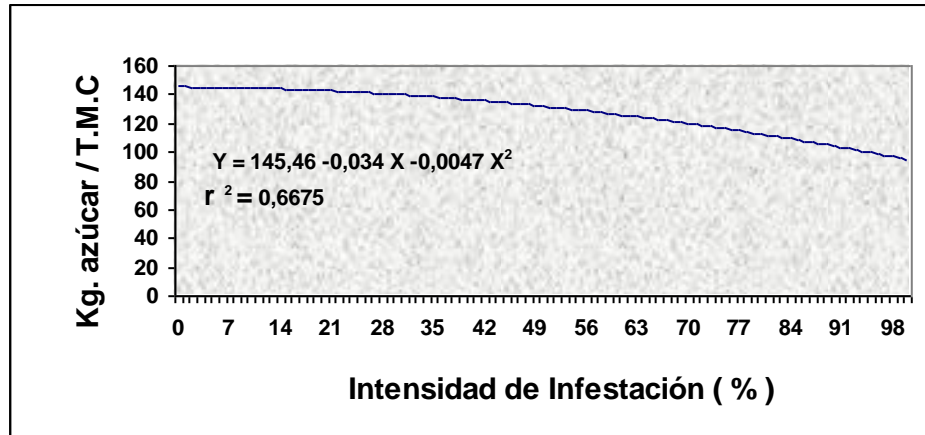
En los casos de Juan Viñas, Pérez Zeledón, San Carlos y Cañas se encontró una disminución directamente proporcional y de manera lineal de los rendimientos de azúcar conforme incrementaron los niveles de daño. Las diferencias fueron de 45%, 44%, 33% y 11% respectivamente para esas regiones.

Estos resultados demuestran la importancia de esta plaga y los efectos secundarios relacionados con ella sobre la calidad de la materia prima procesada en el ingenio, principalmente en la calidad de jugo, lo que se refleja sin duda alguna en los rendimientos económicos.

**Grecia:** Los resultados obtenidos en la localidad de Grecia muestran una reducción considerable del rendimiento de azúcar, conforme aumenta la I.I. pasando 148,7 kilogramos de azúcar por tonelada en el testigo (0 % de I.I.) a 89,0 Kg. en 100 % de I.I. lo que equivale a una disminución de 59,7 Kg. de azúcar entre ambos índices (40%). Se encontró una correlación negativa altamente significativa entre la intensidad de infestación y el rendimiento azúcar ( $r:-0,792$ ).

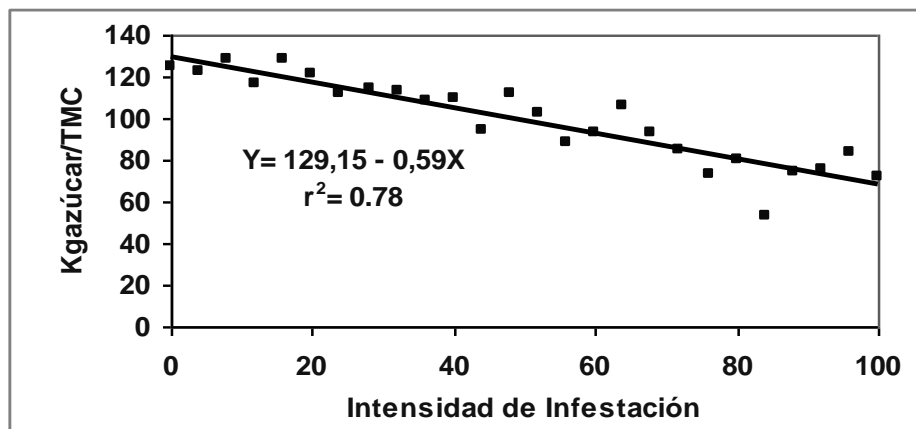
El factor de pérdida estimado fue de 0,505 Kg. de azúcar por cada 1% de I.I.

Si se estiman las pérdidas económicas a partir del factor determinado se concluye que en las condiciones del Valle Central, con la variedad SP 71-5574, que presentó un promedio de 3,77% de I.I. según los datos obtenidos en los muestreos en los frentes de corta durante la zafra 1998-1999, se perdieron 1,9 kilogramos de azúcar por tonelada de caña, que son equivalentes a \$27,1/ha.



**Figura 1.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574, Cooperativa Victoria Grecia 1999.

**Juan Viñas:** Se encontraron valores extremos de 129,15 Kg. y 70,43 Kg. de azúcar por tonelada de caña con 0% y con 100% de I.I., respectivamente, equivalentes a 19,0 y 10,4 toneladas de azúcar/ha. El modelo de regresión que mejor se ajustó para esta variable fue el lineal con un  $r^2$  de 78%. Se obtuvo un factor de pérdida de 0,59 Kg. de azúcar por tonelada métrica de caña. Este valor representa la cantidad de rendimiento perdido por unidad de aumento en la intensidad de infestación. Efectuado un análisis en ocho lotes (72 ha) de la Hacienda Juan Viñas cosechados en el año 1.999 y aplicando el factor de pérdida según la I.I. encontrada, se determinó una pérdida promedio de \$53,2/ha, lo que demuestra la magnitud del daño en esa finca y la importancia de la estimación del factor de pérdida (Quirós, 2000).



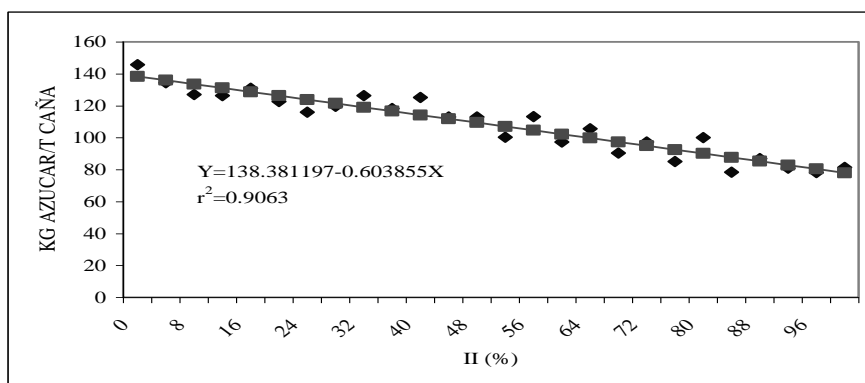
**Figura 2.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574. Juan Viñas. 1999.

**Pérez Zeledón:** Los resultados obtenidos muestran una tendencia a la disminución de los parámetros de calidad del análisis industrial (pol, pureza, sacarosa y rendimiento de azúcar/t de caña) conforme se incrementan los niveles de daño valorados. Por otra parte, la torta residual y los azúcares reductores incrementan según aumenta la intensidad de infestación. En la región sur se determinó la presencia de azúcares reductores a todos los niveles de daño, por

lo que se tiene la hipótesis y por la observación de campo durante el desarrollo de la investigación, de que el periodo corta (caña quemada) - carga - molienda era mayor a lo recomendado. El factor de pérdida se estimó en caña cosechada quemada, lo que es probable que se favorecieran las pérdidas de azúcares, ya que en esa condición se desdobra la sacarosa a sus azúcares reductores, bajando los rendimientos. El efecto y consecuencias que la quema induce sobre los rendimientos industriales es difícil de cuantificar; no obstante, en Brasil, Australia y Colombia se considera que las pérdidas de sacarosa pueden alcanzar hasta 0,5 %, parte de lo cual se debe a pérdidas de peso y rendimiento (CENICAÑA, 1995).

Se determinó un factor de pérdida de 0,604 Kg. de azúcar por cada 1% de I.I. El modelo que mejor explica los resultados para la variable Kg. de azúcar por tonelada de caña es de tipo lineal con un  $r^2$  de 90.6%.

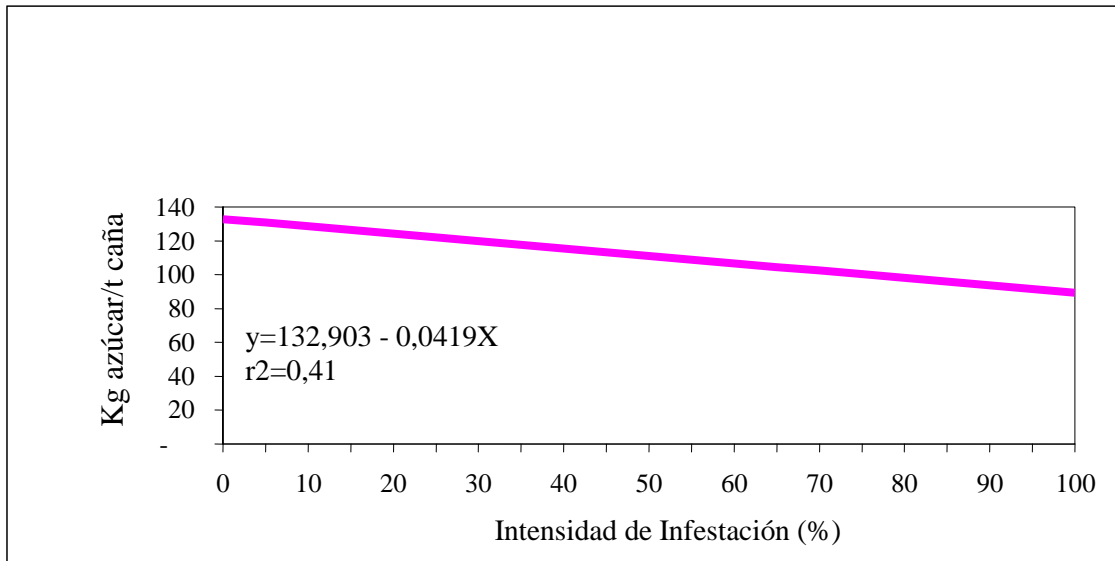
El análisis económico indica una pérdida de \$23,2/ha utilizando el promedio de los niveles de daño encontrados en los frentes de corta de las zafra 1993-94, 1996-97 y 1997-98. En promedio se pierden 1,88 Kg. de azúcar por tonelada cuando se tiene un valor promedio para la región de 3.11% de II.



**Figura 3.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 71-5574. Pérez Zeledón. 2000.

**San Carlos:** Al realizar los análisis estadísticos para el experimento efectuado en San Carlos se encontró un modelo de regresión lineal con un coeficiente de determinación muy bajo ( $r^2=0.41$ ). Se obtuvieron valores extremos al aplicar los cálculos matemáticos de 132,9 Kg. y 89,3 Kg. de azúcar/t caña con 0% y 100% de I.I., respectivamente. El factor de pérdida determinado fue de 0,42 Kg. de azúcar por cada 1% de II.

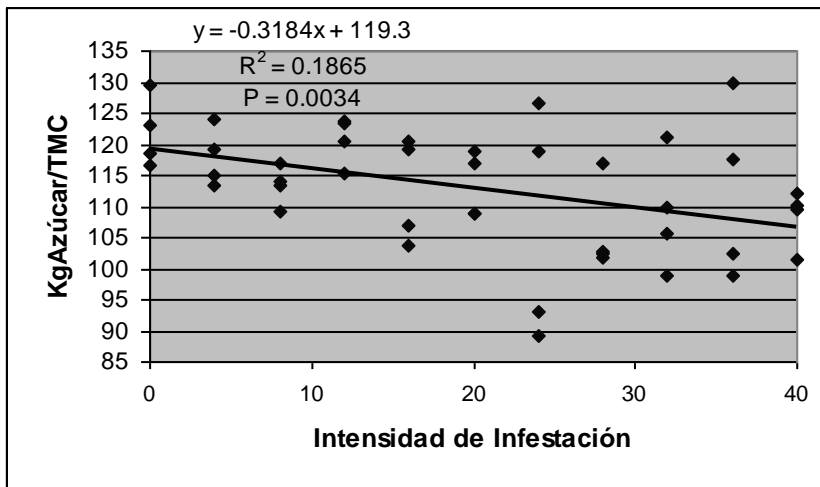
Al realizar el análisis económico se determinó una pérdida de \$23,9/ha utilizando una Intensidad de Infestación promedio de la zona de 4,27 para esa zafra. En promedio se pierden 1,79 Kg. de azúcar por tonelada.



**Figura 4.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar, en la Variedad PINDAR, Boca de Arenal, San Carlos 2001.

**Cañas:** Se encontraron valores máximos y mínimos de producción de 119,30 Kg. y 106,56 Kg. de azúcar por tonelada de caña con 0 y 40% de I.I. Según lo anterior se puede decir que esta variedad presenta un factor de pérdida de 0.32 (Morera, 2005).

Si llevamos esto a las pérdidas de azúcar por hectárea tomando en cuenta una producción de 89 Toneladas por hectárea (0,68 Kg./TM Caña), se podría decir que se dejan de producir alrededor de 28 Kg. de azúcar por hectárea por cada 1% de intensidad de infestación; así a una I.I. de 0% se producirían alrededor de 10,62 toneladas de azúcar por hectárea y a 40% de I.I. 9,48TM/ha (Morera, 2005). Con una Intensidad de Infestación de 2,13%, las pérdidas son de US\$11,5/ha.



**Figura 5.** Efecto de la Intensidad de Infestación sobre el Rendimiento Industrial de Azúcar en la Variedad SP 79-2233, Taboga, Cañas. 2005.

**Cuadro 2**  
**Factor de Pérdida determinado en cinco diferentes regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica**

LOCALIDAD	ALTITUD (m.s.n.m)	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACION (mm)	VARIEDAD	ESPECIE	FACTOR DE PERDIDA (KG)
Cañas	25	27,8	1466	SP 79-2233	<i>D. guatemalella</i>	0.320
San Carlos	65	26,0	3500	PINDAR	<i>D. guatemalella</i>	0.420
Grecia	1000	22,4	2900	SP 71-5574	<i>D. guatemalella</i>	0.505
Juan Viñas	1065	20,0	3500	H 61-1721	<i>D. tabernella</i>	0.590
Pérez Zeledón	560	23,9	3280	SP 71-5574	<i>D. guatemalella</i>	0.604

**Cuadro 3**

Pérdidas Económicas (US\$/Ha) Determinadas al Aplicar el Factor de Pérdida, Nivel de Daño y Rendimiento Agrícola Estimado en Diferentes Regiones Productoras de Caña de Azúcar

LOCALIDAD	FACTOR DE PERDIDA (Kg. Az / cada 1% de I.I.)	INTENSIDAD DE INFESTACION (%)	TM DE CAÑA (Estimado/Ha)	PERDIDAS DE AZUCAR (Kg. /Ha.)	PERDIDAS ECONOMICAS (US\$/Ha)
Cañas	0.320	2,13	89	60,6	11,5
San Carlos	0.420	4,27	70	125,5	23,9
Grecia	0.505	3,77	75	142,8	27,1
Juan Viñas	0.590	3,25	147	281,9	53,2
Pérez Zeledón	0.604	3,11	65	122,1	23,2

Badilla, *et al* (1998) realizaron estudios en Venezuela para determinar el factor de pérdida en las variedades comerciales: C 32-368, CP 74-2005 y V 756, entre otras; donde el factor de pérdida encontrado para las tres variedades fue de **0,394**, **0,415** y **0,340** kilogramos de azúcar por tonelada de caña, respectivamente. Además el factor de pérdida se comportó como un modelo cuadrático con los siguientes coeficientes de determinación ( $r^2$ ): 0,753, 0,747 y 0,690, respectivamente.

En Costa Rica se usaba el valor de 1,99 a 2,02 kilogramos de azúcar perdidos por tonelada de caña por cada 1 % de intensidad de infestación determinado por Alpízar (1983) en Juan Viñas con cañas bianuales.

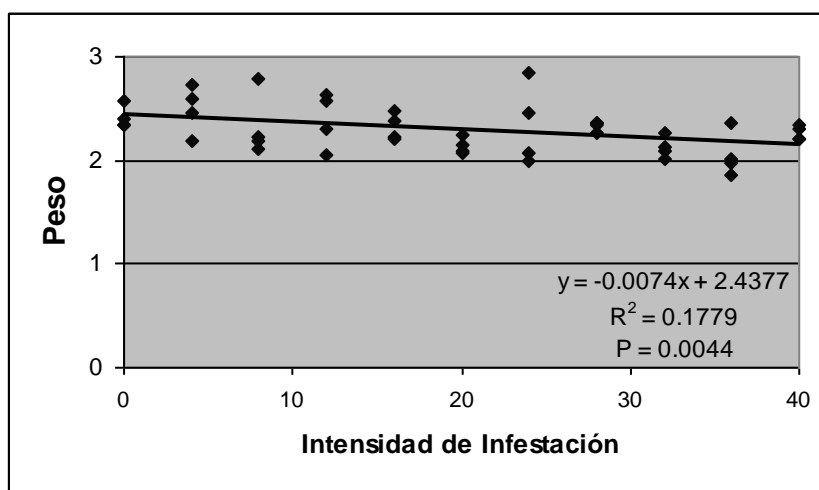
El factor de pérdida depende de muchos aspectos que hay que considerar y que pueden ser muy variables como el manejo integral del cultivo, la variedad, las condiciones edafoclimáticas, comportamiento y colonización de la plaga y de sus enemigos naturales.

#### **4.3 Efecto sobre los Rendimientos Agrícolas (TM de Caña)**

Badilla (1986) reporta los parámetros más bajos de factor de pérdida que se utilizan a nivel internacional, que mencionan que por cada 1 % de intensidad de infestación de daño provocado por *Diatraea* spp., en cañas anuales y bianuales, se pierde 0,1385 % de peso de caña por hectárea y un 0,48 % de azúcar por tonelada de caña.

Ensayos realizados por CENICAÑA indican que bajo las condiciones del Valle del Cauca en Colombia, el daño causado por el Barrenador se refleja en el tonelaje de caña procesada. Se calculó que por cada unidad de I.I. que aumentó el daño, se perdió en promedio el 0,70 % del tonelaje cosechado (Gómez y Lastra, 1995).

Morera (2005) en la investigación realizada en el Ingenio Taboga determinó que al aumentar la intensidad de infestación el peso de las muestras de entrenudos disminuye debido, posiblemente, a las perforaciones que realiza esta plaga en las partes internas de la caña lo cual a su vez perjudica el desarrollo normal de la misma. Para una I.I. de 0% el peso fue de 2,44 y al 40% disminuyó a 2,14 (Figura 6), presentándose una disminución de 0.30 Kg., lo que corresponde a un 12% del peso total, muy superior a las referencias anteriores. Al realizar cálculos con la producción promedio de la variedad evaluada (SP 79-2233) de 89 TM por hectárea, representaría una pérdida bastante significativa, produciendo alrededor de 78.3 TM / ha con un 40% de intensidad de infestación (10.7 TM de Caña/Ha), lo que representa un valor importante y preocupante.



**Figura 6.** Peso de las Muestras a Diferente Intensidad de Infestación. Variedad SP 79-2233, Taboga, Cañas. 2005.

## CONCLUSIONES

- El incremento de la intensidad de infestación causada por *Diatraea tabernella* y *Diatraea guatemalaella* en cada una de las variedades, provocó un aumento en el contenido de azúcares reductores y una disminución en el porcentaje de pol y de pureza del jugo.
- El porcentaje de fibra se incremento conforme aumentó la Intensidad de Infestación.
- Se encontró, de manera general, una disminución en los rendimientos de azúcar conforme se incrementaron los niveles de daño.

- El factor de pérdida de azúcar por tonelada de caña para la variedad H 61-1721 fue de 0,59 kilogramos por cada 1% de intensidad de infestación ocasionado por los daños de *Diatraea tabernella*.
- El factor de pérdida debido al daño ocasionado por *Diatraea guatemalella* en la variedad de caña de azúcar SP 71-5574, fue de 0,505 Kg. de azúcar por tonelada de caña para el Valle Central y de 0,604 para la región de Pérez Zeledón.
- El factor de pérdida para la variedad PINDAR en la región de San Carlos fue de 0,420 Kg. de azúcar por tonelada de caña, debido al daño ocasionado por *Diatraea guatemalella*.
- El factor de pérdida de azúcar por tonelada de caña para la variedad SP 79-2233 en Cañas, fue de 0.32 kilogramos por cada 1% de intensidad de infestación de *Diatraea guatemalella*.
- El peso presenta una disminución de 12% entre un 0% y un %40 de intensidad de infestación de *Diatraea guatemalella*, lo que representó una pérdida de 10.7 kilogramos por hectárea en la variedad SP 79-2233.
- Se encontraron pérdidas agroindustriales entre 60,6 y 281,9 Kg. de azúcar/Ha, según la región, el rendimiento agrícola, la Intensidad de Infestación reportados y el factor de pérdida estimado.
- Las pérdidas de azúcar reportadas en las diversas regiones para cada factor de pérdida y nivel de daño fueron de 0,68, 1,80, 1,88, 1,90 y 1,91 para Cañas, San Carlos, Pérez Zeledón, Grecia y Juan Viñas, respectivamente.
- Económicamente, se nota una variación importante en las pérdidas por las diferentes interacciones de factores para cada región, encontrándose valores entre US\$11,5/Ha y US\$53,2/Ha.

### LITERATURA CONSULTADA

Alpizar, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. Práctica de graduación de Bachillerato. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. 69 p.

Badilla, F. 1986. Resultados obtenidos en el programa de combate biológico del taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea tabernella* en la Hacienda Juan Viñas. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (Costa Rica). Boletín Informativo N ° 27. 4 p.

----- Uribe. E.; Arias, M. 1997. Determinación del factor de pérdida y el umbral económico para el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea spp.* (Lepidoptera: Pyralidae), en la Central Portuguesa, Acarigua, Venezuela. In Congreso de Entomología (4). San José, CR. p. 80.

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.

CENICANA. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cassalet, C; Torres, J; Ed. Cali, Colombia. 412 p.

Gómez, L; Lastra, L. 1995. Los barrenadores de la caña de azúcar. Su manejo y control Serie Divulgativa N° 6. CENICANA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). Cali, Colombia. 4 p.

LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar). 1998. Reglamento para el pago de la caña de azúcar de acuerdo con su calidad. San José, CR. 24 p.

Quirós, O. 2000. Determinación del factor de pérdida según la intensidad de infestación ocasionada por *Diatraea tabernella* (Dyar) en la variedad de caña de azúcar H 61-1721 en la Hacienda Juan Viñas, Costa Rica. 62 p.

Morera S, Erick. 2005. Determinación del factor de pérdida según la intensidad de infestación ocasionada por *Diatraea guatemalaella* en el cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Taboga, Guanacaste. Práctica Profesional Supervisada. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. 33p.

Ruíz, M. A; Martínez, A; Flores, S. 1968. Statistical estimation of sugar cane losses due to borre attack (*Diatraea chilo*). Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists. 13: 1292-1295.

Salazar, J .D; Sáenz ,C; Oviedo, R; Alfaro; D. 1999. Control Biológico del Barrenador Común del tallo. *Diatraea* spp (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso ATACORI (13, Guanacaste, C R). Memoria. San José, C R. p 66 –67.

-----; Sáenz, C.; Oviedo, R.; y Alfaro, D. 1999a. Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea* spp. (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (11). San José, CR. EUNED. v 2, p. 175.

-----; Oviedo, R.; Sáenz, C. 2000. Resultados Obtenidos con el Control Biológico del Barrenador Común del Tallo *Diatraea* spp. (Lep: Crambidae) en Costa Rica. In Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica (5). San José, CR. ATACORI. p. 102-110.

Subiros, F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. 1ª ed. EUNED. San José, Costa Rica. 565p.

Terán, F.O; Precetti, A. A. C. M; Derneika, O. 1983. Broca de caña de azúcar, *Diatraea saccharalis*. Reuniao Técnica Agronómica. Plagas da cultura da cana –de –acucar. Centro de Tecnología COPESUCAR, San Paulo, (Brasil), setiembre, p 4-15.

Valverde, L.; Badilla, F.; Fuentes, G. 1990. Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica, causadas por *Diatraea tabernella* en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la Zona Alta de San Carlos. In Congreso Nacional de Entomología (1). Heredia, CR. p. 61-64.