

Resistencia varietal al ataque por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en caña de azúcar

Host plant resistance to *Diatraea* spp. attack (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane

CLAUDIA ECHEVERRI-RUBIANO¹, HÉCTOR ALBERTO CHICA-RAMÍREZ²
y GERMÁN ANDRÉS VARGAS-OROZCO³

Resumen: Los barrenadores del tallo, *Diatraea* spp., constituyen las plagas más importantes de la caña de azúcar en Colombia. En el país, el proceso de obtención de variedades no involucra la selección con respecto a la resistencia a insectos plaga, pero en la etapa final de selección se evalúa el porcentaje de entrenudos barrenados (intensidad de infestación) y se asigna una calificación de daño relativa al daño promedio obtenido en cada prueba, que luego de al menos tres pruebas da lugar a un promedio de calificación de daño denominado índice de resistencia (I.R.). En este trabajo se identificaron los genotipos según su caracterización de resistencia al ataque de la plaga, en tres localidades y bajo condiciones fenológicas de dos cosechas (plantilla y primera soca). Mediante una tabla de contingencia se analizaron 16 variedades con respecto a la frecuencia en su calificación de daño y se analizó estadísticamente la proporción de entrenudos barrenados y el I.R. Consistentemente la mayor estabilidad ambiental y fenológica fue para las variedades susceptibles CC 93-3826 y CC 93-3803, la resistente CC 93-3811 y la moderadamente resistente CC 93-3895; se propone que estas variedades con caracterización de resistencia contrastante sean utilizadas como testigos para el establecimiento de un protocolo en condiciones controladas que permita determinar de forma precisa el componente genético de la resistencia frente a los barrenadores del tallo.

Palabras clave: Barrenador de la caña, calificación de daño, índice de resistencia, entrenudos barrenados. *Saccharum* spp.

Abstract: The sugarcane stem borers *Diatraea* spp. are the most important sugarcane pests in Colombia. In the country the production of varieties does not involve selection for insect resistance, but in the final stage of selection evaluations are made on the percent of bored internodes (Infestation Intensity) and an Injury Rating is given according to the injury mean in each trial, that after at least three trials produces a mean injury rating known as Resistance Index (R.I.). This work was directed to identify genotypes in relation to its resistance characterization, this on three localities and under conditions of two crop cycles (plant-cane and first ratoon). By means of a contingency table, analysis of the frequency of the Injury Rating were done in 16 cultivars, and a statistical analysis of the Proportion of Bored Internodes and the R. I. were developed. Consistently the cultivars that exhibit environmental and phenological stability are CC 93-3826 and CC 93-3803 were graded as susceptible, whereas CC 93-3811 as resistance and CC 93-3895 as moderately resistant. These cultivars with characterizing resistance will be used as checks in trials under controlled conditions to characterize host plant resistance in a more precise way, avoiding environmental variation in the determination of the resistance against the sugarcane stem borers.

Key words: Sugarcane borer, damage rating, resistance index, bored internodes, *Saccharum* spp.

Introducción

Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp., son considerados las plagas de mayor importancia en este cultivo en América (Solís y Metz 2016) y en Colombia, particularmente en el valle del río Cauca, se ha venido presentando un incremento en los daños atribuibles a la predominancia de *D. busckella* Dyar & Heinrich, 1927 y *D. tabernella* Dyar, 1911. Al parecer estas especies, recientemente registradas en la zona (Vargas *et al.* 2013; Vargas *et al.* 2017 y Barrera *et al.* 2017) no solo han desplazado a *D. saccharalis* (Fabricius 1794) y a *D. indigenella* Dyar & Heinrich, 1927, especies tradicionalmente conocidas en la región (Ramírez *et al.* 2015) sino que también el control biológico utilizado regularmente mediante las moscas taquinidas; *Lydella minense* (Townsend 1927), *Billaea claripalpis* (van der Wulp 1896), *Genea jaynesi* (Aldrich, 1932) y avispas parasitoides de huevos

(*Trichogramma exiguum* Pinto & Platner 1978), parece ser insuficiente para su manejo (Vargas *et al.* 2015a). Por lo tanto, se buscan de alternativas de manejo complementarias a las actuales, dentro de las cuales la resistencia varietal tendría buenas perspectivas (Vargas *et al.* 2015b).

Por otro lado, respecto al incremento del problema en otras regiones del país como Caldas, Santander, Norte de Santander y Boyacá; no existe claridad acerca del origen del brote de la plaga. Ante esta situación el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) profirió las resoluciones de emergencia fitosanitaria 4347 y 4214 (ICA 2014a, b) para atender el problema de los barrenadores en Boyacá, Santander y Caldas, respectivamente; sin embargo, estas resoluciones se encuentran actualmente sin vigencia, por lo cual el ICA se encuentra dando trámite a un proyecto de resolución para establecer “medidas fitosanitarias en el cultivo de caña (*Saccharum officinarum* L.) en el territorio nacional

¹ Bióloga. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. Estación Experimental, Laboratorio de Entomología, vía Cali-Florida km 26, Valle del Cauca, Colombia. cecheverri@cenicana.org, autor para correspondencia. ² Ing. Agrónomo. Ms. S. Estadística. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. Estación Experimental vía Cali-Florida km 26, Valle del Cauca, Colombia. ³ Ing. Agrónomo. Ph. D. Entomología. Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. Estación Experimental vía Cali-Florida km 26, Valle del Cauca, Colombia.

para la vigilancia y control de las especies barrenadoras del tallo del género *Diatraea*".

El complejo *Diatraea* genera pérdidas económicas importantes tanto en la producción de azúcar y etanol en el valle del río Cauca, como en la producción de panela en ésta y otras regiones de Colombia (Tarazona 2011; Vargas *et al.* 2015a). Según Gómez *et al.* (2009) por cada unidad porcentual de daño por *Diatraea* spp. (1 % de intensidad infestación) se presenta una reducción de aproximadamente 1 tonelada de caña por hectárea cosechada. Asumiendo una producción promedio de 13,2 toneladas de azúcar por hectárea y un rendimiento en la obtención de azúcar del 11 %, se estima que este porcentaje de intensidad de infestación (1 %) equivale a perder aproximadamente 109 kg de azúcar por hectárea en campo, que se sumaría a una pérdida de 34 kg de azúcar por hectárea en rendimiento industrial, al disminuir la eficiencia de extracción de azúcar en fábrica (Vargas 2015a).

Para el manejo de la plaga en el valle del río Cauca se tiene que el muestreo de los tallos al momento de la cosecha permite calcular el porcentaje de entrenudos barrenados (intensidad de infestación, I. I.) y tomar decisiones sobre el control biológico en el siguiente ciclo de cultivo (Vargas *et al.* 2015a). Para calcular esto se toman 100 tallos de una de manera aleatoria y uniforme en el lote; obteniéndose un nivel de confianza del 90 % y un margen de error de 1 % en la estimación de la intensidad de infestación (García *et al.* 2006). A nivel mundial esta variable ha sido la única medida que se ha podido relacionar con las pérdidas económicas en el cultivo por lo que, además, ha sido empleada para establecer la resistencia de diversas variedades frente al ataque por *Diatraea* spp. (Bessin *et al.* 1990a; Posey *et al.* 2006). Algunos autores han intentado relacionar esta variable con otras variables, es así como Kyle y Hensley (1970) encontraron que existe una mortalidad alta de larvas en variedades catalogadas previamente como resistentes (aquellas con menor porcentaje de entrenudos barrenados). Del mismo modo, White (1993) encontró que la variedad CP 74-383, caracterizada como susceptible, en comparación con otras variedades catalogadas como moderadas (CP 65-357) y resistentes (CP 70-231), presenta un mayor porcentaje de entrenudos barrenados, una mayor recuperación de larvas y la presencia de múltiples agujeros de entrada.

En Colombia, el proceso de selección de una variedad en el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) puede tomar entre 7 y 9 años y sólo hacia los tres últimos años del proceso de selección, durante la etapa denominada prueba regional, se realiza la evaluación del daño por *Diatraea* spp. (Gómez y Vargas 2014), en la cual se evalúa la I.I. % al momento de cosecha de las variedades sembradas en diferentes ambientes de producción azucarera del valle del río Cauca; esto se hace tanto para el primer ciclo de cultivo (conocido como plantilla) como para los dos cortes consecutivos (conocidas como socas) (Cassalett y Ranjel 1995). Posteriormente, para cada una de las variedades y en cada localidad y corte (evaluación), se calcula la I.I. % media y la desviación estándar, a fin de asignarle a cada variedad una calificación de daño que va de 1 a 5, siendo 1 la variedad menos atacada y 5 la más atacada (Gómez y Vargas 2014).

Las categorías de daño asignadas para cada variedad, en al menos tres evaluaciones (localidad-corte), se emplean para calcular la calificación media de daño por variedad, este valor se emplea como índice de resistencia (I.R.) para caracterizar la resistencia o susceptibilidad que presenta cada variedad

frente al daño por *Diatraea* spp.; asignándole las siguientes categorías: resistente (1,0-1,49), moderadamente resistente (1,5-2,49), intermedia (2,5-3,49), moderadamente susceptible (3,5-4,49) y susceptible (4,5-5,0) (Gómez y Vargas 2014). Con este índice, estos mismos autores realizaron una caracterización inicial de la resistencia varietal de 223 genotipos de caña de azúcar frente al ataque por *Diatraea* spp.

Los análisis realizados por Gómez y Vargas (2014) con respecto a la resistencia de las variedades de caña buscan identificar el comportamiento de las variedades con respecto al daño por la plaga en el campo, pero depende de las poblaciones naturales de la plaga y de esta forma contiene una gran variación ambiental que hace difícil precisar la resistencia de algunas variedades. Sin embargo, sirve como pauta para determinar los materiales más contrastantes en cuanto a su resistencia o susceptibilidad y servir como base para el planteamiento de metodologías más precisas en la determinación de la resistencia.

Asimismo, es de señalar que existe un vacío de información referente al comportamiento de los genotipos frente al ataque de nuevas especies que han engrosado el complejo de barrenadores presentes en el valle del río Cauca, lo cual requeriría de estudios en condiciones de infestación controladas empleando a las distintas especies de la plaga pero que, además, requiere de tener genotipos varietales contrastantes como testigos resistentes y susceptibles. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar, a partir de la información recolectada en campo, genotipos de caña de azúcar que en pruebas regionales presenten la mayor estabilidad en cuanto a su caracterización de resistencia o susceptibilidad frente al ataque de *Diatraea* spp. a fin de que estos puedan ser empleados como base para pruebas de resistencia varietal en condiciones controladas.

Materiales y métodos

Los materiales vegetales utilizados incluyeron 14 variedades en prueba regional de la serie 93-94 y otras dos variedades como testigos comerciales (CC 84-75 y CC 85-92), las cuales fueron sembradas en tres localidades siguiendo un diseño de bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones por variedad, las cuales están constituidas por parcelas (unidad experimental) con cinco a seis surcos de cada variedad distanciados 1,65 a 1,75 m a lo largo del tablón con longitudes de surco entre 30 m y 78 m. Las características de cada una de las tres localidades fueron: 1. Ingenio Manuelita, Hacienda Cascajal, suerte 43, zona agroecológica 11H0, 11H1 y 30H1 (Carbonell *et al.* 2011) con fecha de siembra 15-agosto-2002, evaluando a cosecha 15 variedades en la plantilla (15-septiembre-2003) y primera soca (15-octubre-2004); 2. Ingenio Incauca, Hacienda Orocué, suerte 4, zona agroecológica 11H2 y 18H2 con fecha de siembra 17-diciembre-2003, evaluando 16 variedades en primera soca (13-diciembre-2004); 3. Ingenio Providencia, Hacienda Providencia, suerte 21, zona agroecológica 6H con fecha de siembra 13-septiembre-2002, evaluando 16 variedades en plantilla (11-noviembre-2003) y primera soca (15-enero-2005) (Fig. 1).

Las parcelas fueron mantenidas de acuerdo al manejo agronómico convencional del cultivo y expuestas a la infestación natural de los barrenadores *Diatraea* spp. En el momento de la cosecha, tanto en la plantilla como en la soca, se tomaron aleatoriamente 20 tallos por parcela (sub-muestras) contabilizando el total de entrenudos por tallo y el número de

entrenados barrenados, constituidos por aquellos entrenados que presentaban agujeros de entrada o salida de las larvas de *Diatraea* spp. y túneles al interior de los tallos generados por estas. Con esta información se calculó la intensidad de infestación de la variedad en cada parcela, la cual correspondió al porcentaje del total de entrenados barrenados en la parcela con respecto al total de entrenados evaluados. Para establecer la I. I. de cada variedad se promediaron los daños generados por parcela de la misma variedad, empleando el procedimiento MEANS de SAS 9.3.

Posteriormente, en cada localidad y corte se calculó la I.I. % promedio de cada variedad (según I.I. % de la variedad), y con ésta la I.I. % - promedio (media general) y la desviación estándar de todas las variedades (desviación estándar global). Con las variables anteriores, se asignó a cada variedad, en cada localidad y corte, la categoría correspondiente según la escala de calificación del daño generada por *Diatraea* spp. (Tabla 1).

Para determinar la frecuencia con la cual las variedades se mantienen en cada categoría de la calificación de daño a lo largo de las evaluaciones (Tabla 1), se realizó una tabla de contingencia donde la categoría 1 corresponde a las variedades que presentan menor daño según media general por localidad y corte; mientras que la categoría 5 corresponde a las variedades con mayor daño. La tabla se hizo con fines descriptivos, no se aplicó el test de independencia ji-cuadrada, pues el número de observaciones por celda en todos los casos es menor o igual que cinco (la mayoría ceros); ya que la información disponible es de 5 experimentos diferentes.

La significancia estadística de la caracterización de resistencia o susceptibilidad que presenta la variedad frente al daño por *Diatraea* spp. se buscó mediante un análisis de varianza de una vía (variedad) y cuya variable respuesta es la calificación media de daño de cada una de las variedades, empleado como índice de resistencia (I.R.) de la variedad (Gómez y Vargas 2014). Teniéndose un total de cinco repeticiones por variedad (se excluyó del análisis la variedad CC 84-75; ya que solo tenía tres evaluaciones), se empleó la prueba de Bonferroni al 95 % para la separación de medias y así determinar entre que variedades se encontraron diferencias estadísticas. Además, siendo la calificación media de daño (I.R.) un valor de tipo ordinal se hizo un análisis de una vía de Kruskal-Wallis acompañado de la prueba de separa-

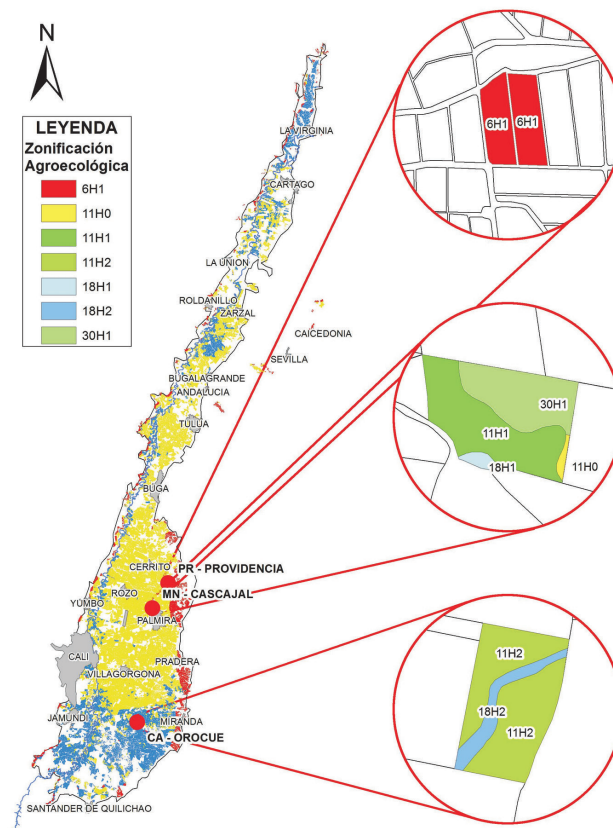


Figura 1. Ubicación de las tres localidades evaluadas frente al daño por los barrenadores *Diatraea* spp. en la prueba regional de la serie 1993-1994. Los colores indican las condiciones agroecológicas según grupo de suelo y régimen de humedad (Carbonell *et al.* 2011).

ción de Dunn al 95 %, para determinar entre que variedades se encontraron las diferencias estadísticas.

Para contrastar los resultados de las pruebas con respecto al daño generado *Diatraea* spp. se analizó el efecto de la variedad y el corte sobre la proporción de entrenados barrenados, usando un modelo lineal generalizado mixto (PROC GLIMMIX; SAS 9.3). El modelo usado fue el siguiente:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \mu + Variedad_j + Corte_i + Variedad \times Corte_{ij} + Bloque_k + Blg \times Loc_{k(i)}$$

En donde p es la proporción de entrenados barrenados con respecto al total de tallos. El modelo incluye a la variedad, el corte y su interacción como efectos fijos; mientras que el bloque y el bloque dentro de localidad se consideraron como efectos aleatorios, luego el análisis de varianza solo incluyó la variedad, el corte y su interacción.

Resultados

Caracterización de resistencia de las variedades. En la tabla 2 se observan las frecuencias obtenidas por cada variedad en cada una de las categorías de clasificación de daño a *Diatraea*, encontrándose que de las 16 variedades evaluadas, 11 de las variedades presentan variación entre las categorías de daño durante las cinco evaluaciones; mientras que las restantes fueron constantes en su evaluación durante todas las evaluaciones, donde las variedades CC 93-3826 y CC 93-3803 se encontraron dentro de la categoría 5, correspondien-

te al mayor daño, las variedades CC 93-3817 y CC 93-4326 estuvieron en la categoría de daño intermedio (3), la variedad CC 93-3811 siempre se mostró en la categoría 1, correspondiente al menor daño; mientras que la variedad CC 93-3895 presentó dos evaluaciones en esta categoría y tres evaluaciones en la categoría 2 (Tabla 2).

Dado que la tabla de contingencia no cumple los requisitos para aplicar el test de independencia ji-cuadrada, desde el punto de vista inferencial, no es posible determinar si el comportamiento descrito anteriormente es estadísticamente significativo.

Tabla 1. Escala de calificación del daño (intensidad de infestación de la variedad, I.I. %) generado por los barrenadores *Diatraea* spp. (Adaptado de Gómez y Vargas 2014).

| Calificación de daño (I.I. %) | Criterio de calificación de daño según la intensidad de infestación de la variedad (I.I. %), para cada localidad y corte |
|-------------------------------|--|
| 1 | $I.I. \% < (\bar{x} - \sigma)$ |
| 2 | $(\bar{x} - \sigma) \leq I.I. \% < (\bar{x} - \sigma/2)$ |
| 3 | $(\bar{x} - \sigma/2) \leq I.I. \% < (\bar{x} + \sigma/2)$ |
| 4 | $(\bar{x} + \sigma/2) \leq I.I. \% < (\bar{x} + \sigma)$ |
| 5 | $I.I. \% > (\bar{x} + \sigma)$ |

Donde,

I.I. % Promedio de la intensidad de infestación de cada variedad, para cada localidad y corte.

\bar{x} Promedio de la intensidad de infestación de todas las variedades, para cada localidad y corte (media general).

σ Desviación estándar asociado a la media general (\bar{x}).

Calificación media de daño. El análisis de varianza, empleando la calificación media de daño (empleado en el índice de resistencia) en cada una de las evaluaciones, permitió encontrar diferencias estadísticas entre las variedades ($F = 15,54$; g.l. = 14; $P < 0,0001$); dentro de las variedades que se encuentran en la categoría de susceptible (según I.R.) índice de resistencia se encontró que CC 93-3826 y CC 93-3803 fueron las dos variedades más atacadas, con una calificación media de daño de 5,0. Estas dos variedades fueron similares, según prueba de Bonferroni ($\alpha = 0,05$), a CC 94-5480 y CC 93-3801, las cuales son catalogadas como moderadamente susceptibles (Fig. 2).

La variedad CC 93-3811 caracterizada por como resistente (por I.R.), presentó el menor promedio de calificación me-

dia (1,0); sin embargo, no se encontraron diferencias con la prueba de Bonferroni, entre ésta y las CC 93-3895, CC 85-92 y CC 93-3458, catalogadas como moderadamente resistentes (Fig. 2).

Por otra parte, el análisis de una vía de Kruskal-Wallis de la calificación media de daño (sin tener cuenta el I.R.), índice de resistencia, mostró que existen diferencias estadísticas entre las variedades ($c^2 = 55,70$; g.l. = 14; $P < 0,0001$; prueba de separación de Dunn al 95 %), siendo CC 93-3811 y CC 93-3895 las menos atacadas en comparación con CC 93-3826 y CC 93-3803 (Tabla 3).

Intensidad de infestación expresada como proporción de entrenudos barrenados. El análisis de varianza empleó la

Tabla 2. Tabla de contingencia para evaluar el comportamiento de las variedades con respecto a la calificación de daño generado por *Diatraea* spp. a lo largo de cinco evaluaciones. Se cuantifica la frecuencia calificación de daño (mencionada en la Tabla 1) de cada variedad en cada localidad y corte.

| Variedad | No. Evaluaciones (localidad-corte) en las cuales la variedad estuvo en cada categoría de la | | | | | Total evaluaciones |
|------------|---|---|---|---|---|--------------------|
| | Calificación de daño | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| CC 93-3458 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| CC 93-3801 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 5 |
| CC 93-3803 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| CC 93-3811 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| CC 93-3817 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| CC 93-3826 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| CC 93-3895 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| CC 93-4183 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 5 |
| CC 93-4326 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| CC 93-4418 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| CC 94-5446 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 5 |
| CC 94-5480 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| CC 94-5782 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| CC 94-5827 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| CC 84-75 * | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| CC 85-92 * | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 5 |

* Variedades incluidas como testigos comerciales en la prueba regional 93-94.

** En gris oscuro se resaltan las que presentaron daños altos por *Diatraea* y en gris claro, las variedades que presentaron poco daño.

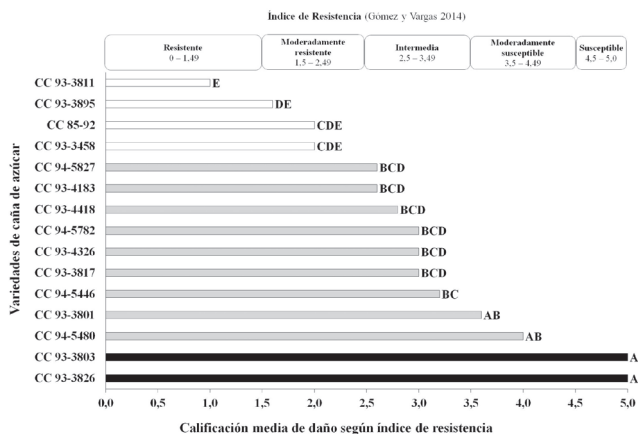


Figura 2. Calificación media de daño según índice de resistencia por *Diatraea* spp. para cada una de las variedades de caña evaluadas en cada localidad y corte. Letras no comunes implican diferencia estadística en la prueba de separación de medias de Bonferroni al 5 %.

proporción de entrenudos barrenados; sin embargo, para mayor entendimiento se graficó la variable expresada en porcentaje (I.I. %). Con esta variable se encontraron diferencias entre variedades ($F = 44,09$; g.l. = 15; $P < 0,0001$), entre cortes ($F = 413,09$; g.l. = 1; $P < 0,0001$) y se tuvo una interacción entre variedad y corte ($F = 5,61$; g.l. = 15; $P < 0,0001$).

La figura 3 muestra la intensidad de infestación de las variedades sin importar el corte, encontrándose que la variedad CC 93-3811 presenta un daño estadísticamente inferior a las demás variedades (3,6 %). Por otra parte, la variedad CC 93-3826 mostró ser la más susceptible (12,7 %), seguida por CC 93-3803 (12,3 %).

Analizando los cortes sin importar la variedad, se encontraron diferencias estadísticas con la prueba de Bonferroni, en donde la plantilla presentó un menor promedio de inten-

Tabla 3. Prueba de separación de Dunn al 95 % para la calificación media de daño por *Diatraea* spp., para cada una de las variedades de caña evaluadas en cada localidad y corte.

| Variedad | Rango de puntuación según prueba de Dunn al 95 %* | |
|------------|---|------|
| CC 93-3811 | 6,0 | a |
| CC 93-3895 | 13,2 | ab |
| CC 93-3458 | 20,0 | abc |
| CC 85-92 | 22,0 | abcd |
| CC 94-5827 | 31,2 | abcd |
| CC 93-4183 | 32,7 | abcd |
| CC 93-4418 | 35,6 | abcd |
| CC 94-5782 | 39,5 | abcd |
| CC 93-3817 | 40,0 | abcd |
| CC 93-4326 | 40,0 | abcd |
| CC 94-5446 | 43,4 | abcd |
| CC 93-3801 | 49,8 | abcd |
| CC 94-5480 | 57,6 | abcd |
| CC 93-3803 | 69,5 | cd |
| CC 93-3826 | 69,5 | d |

* Letras no comunes implican diferencia, según prueba de separación de Dunn al 95 %.

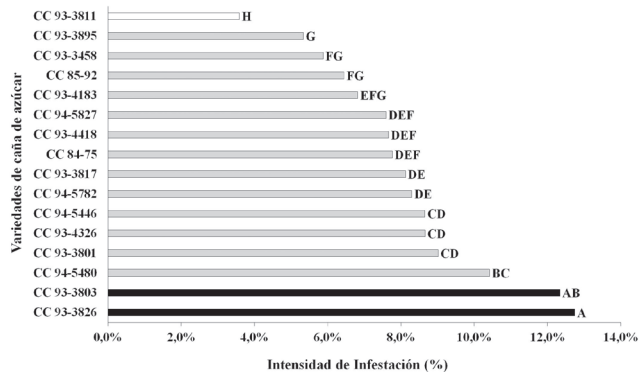


Figura 3. Intensidad de infestación media causada por *Diatraea* spp. para cada una de las variedades de caña evaluadas en cada localidad y corte. Letras no comunes implican diferencia según prueba de Bonferroni al 5 % en la proporción de entrenudos barrenados; sin embargo, para efectos de un mejor entendimiento se graficó la variable expresada en porcentaje.

sidad de infestación (6,0 %) en comparación con la soca con un valor promedio de 9,9 %. Dada la interacción significativa de las variedades por cada corte, se hizo una separación segmentada con la prueba de Bonferroni, donde la variedad CC 84-75 fue la única que presentó una interacción cruzada con un gran daño en la plantilla (9,0 %); mientras que en la soca el daño fue menor (6,7 %), cuando en las demás variedades el comportamiento fue al contrario.

En la plantilla se hizo más difícil establecer diferencias estadísticas entre las variedades (Fig. 4A); mientras que la primera soca permitió encontrar diferencias más marcadas (Fig. 4B). En las variedades CC 93-3811 y CC 93-3895 se evidenció poco ataque de *Diatraea* spp. tanto en la plantilla como en la soca (Fig. 4). Estas dos variedades fueron similares estadísticamente con la CC 93-3458 y la CC 93-4183 en la plantilla; sin embargo, para estas dos últimas el daño se incrementó en la soca. Las variedades CC 93-3826 y CC 93-3803 presentaron una interacción aditiva significativa con el corte, en donde se observa un mayor daño por parte del barrenador para la primera soca en comparación con la plantilla (Fig. 4).

Discusión

Caracterización de resistencia de las variedades. En Colombia la principal estrategia de manejo y control de las especies de *Diatraea* es el control biológico, el cual se implementa a través de la liberación de diferentes parasitoides (Vargas *et al.* 2015a; 2015b). Sin embargo, con la detección de nuevas especies de *Diatraea* se ha observado que el control biológico utilizado puede ser insuficiente para el manejo de la plaga, por lo cual se hace necesario no solo fortalecer las estrategias de control biológico, sino plantear alternativas de control que puedan integrarse de forma complementaria.

Una de las alternativas que se puede integrar de manera armónica con el control biológico y ser duradera en el tiempo, es la siembra de variedades resistentes (Cardona y Mesa 2011). Al respecto, en Lousiana, el uso de variedades de cañas resistentes como NCo310, CP 70-321 y HoCP 85-845, ha demostrado ser útil para el manejo de *D. saccharalis* y *Eoreuma loftini* (Dyar) (Lepidoptera: Crambidae), permitiendo a su vez reducir el número de aplicaciones de insecticidas

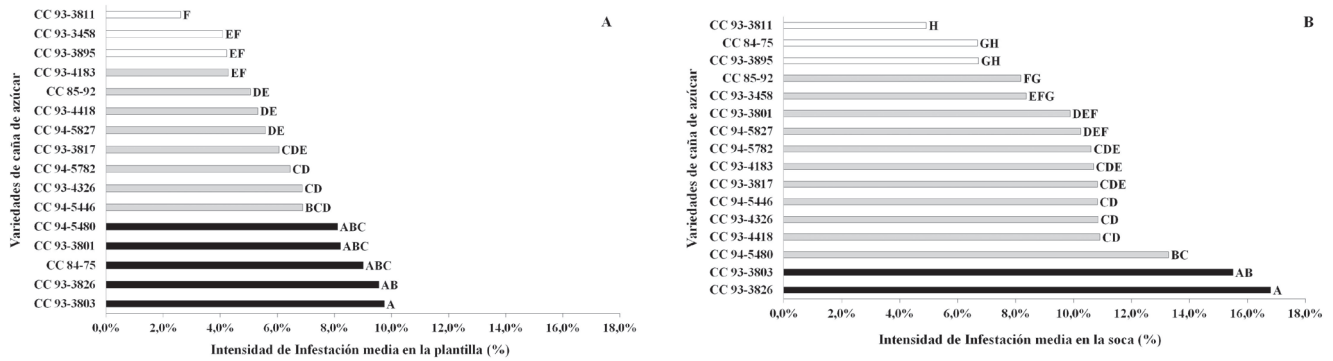


Figura 4. Intensidad de infestación media generada por *Diatraea* spp. para cada una de las variedades de caña evaluadas en cada corte: **A.** Plantilla y **B.** Soca. Letras no comunes implican diferencia según prueba de Bonferroni al 5 % en la proporción de entrenudos barrenados; sin embargo, para efectos de un mejor entendimiento se graficó la variable expresada en porcentaje.

(Hensley y Long 1969; Hensley 1971; White y Hensley 1987; Wilson *et al.* 2012) y se estima que ayuda a controlar cerca del 40 % de la emergencia de adultos de la plaga (Bessin *et al.* 1990a).

En cada país, la caracterización de variedades de caña de azúcar resistentes a barrenadores depende en gran medida de la o las especies que generan las mayores pérdidas económicas y de las estrategias de selección que se practiquen al interior de los programas de mejoramiento; es así como en Estados Unidos sus programas de manejo integrado de plagas integran el uso de variedades resistentes las cuales han sido seleccionadas principalmente para *E. loftini* y *D. saccharalis* (White *et al.* 2010) donde no solo evalúan variedades resistentes, sino que han llegado a generar y evaluar líneas de retrocruzamiento con *Saccharum spontaneum* L. y *Erianthus* sp. Michx para incorporar líneas en su programa de mejoramiento (White *et al.* 2011; White *et al.* 2013). En Sudáfrica se ha podido caracterizar la resistencia frente a *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) empleando infestaciones artificiales y escalas de daño basadas en cuatro variables (la longitud del tallo perforado, el número de entrenudos perforados, el número de larvas sobrevivientes + pupas, masa de larvas + pupas), las cuales han permitido encontrar cultivares con menor supervivencia de larvas y menor producción de adultos (Keeping 2006). En Brasil se tiene la caracterización de algunas variedades frente a *D. saccharalis* mediante infestaciones artificiales donde se han evaluado los mecanismos de resistencia por antixenosis y antibiosis encontrando que las variedades IACSP94-2101 y IACSP96-2042 presentan menor preferencia para la oviposición y que IACSP94-2094, una de las más desfavorables para el ingreso y desarrollo de las larvas (Dinardo *et al.* 2012). En el caso de Australia, se tiene la evaluación de su banco de germoplasma frente al daño que podrían generar plagas que no se encuentran en su país como *Sesamia grisescens* Warren (Noctuidae), *Chilo terrenellus* Pagenstecher (Crambidae), *Scirpophaga excerptalis* (Walker) (Pyralidae) y *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae) (Samson *et al.* 2017). Incluso existen trabajos de evaluación de resistencia para el control de barrenadores con diferentes líneas de plantas de caña de azúcar transformadas genéticamente con genes de *Bacillus thuringiensis* (Bacillaceae), en India para *Chilo infuscatellus* Snellen (Lepidoptera: Crambidae) (Arvinth *et al.* 2010) y en China para *Proceras venosatus* Walker (Weng *et al.* 2006) y según trabajos adelantados en Brasil

estas proteínas afectan a *D. saccharalis*, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Heliothis virescens* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea flavipennella* (Box) (Lepidoptera: Crambidae) y *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (De Macedo *et al.* 2012; Nunes *et al.* 2017).

En el caso de Colombia, el proceso de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar de Cenicaña no contempla la resistencia por barrenadores, aunque se considera como una característica deseable; sin embargo, durante la etapa final de selección de una variedad, correspondiente a las pruebas regionales, se evalúa el daño generado por este insecto realizando evaluaciones en la plantilla y dos socas de las variedades sembradas en diferentes ambientes de producción azucarera del valle del río Cauca (Cassalett y Ranjel 1995).

La evaluación del daño por *Diatraea* en pruebas regionales ha permitido realizar una caracterización preliminar de resistencia de las variedades que han sido desarrolladas por Cenicaña (Gómez y Vargas 2014) y para las variedades que se encuentren con calificaciones de susceptibilidad frente al barrenador, Vargas (2015b) recomienda realizar un control preventivo del barrenador mediante dos liberaciones por hectárea de moscas taquínidas (30 individuos/liberación), dos liberaciones de *Trichogramma exiguum* (50 pulgadas cuadradas/liberación) y una liberación de *Cotesia flavipes* (2 gramos).

Entender los procesos biológicos de interacción entre las variedades y las plagas permitiría plantear métodos de medición de la resistencia de los cultivares, que fueran incluidos dentro de los procesos de selección en los programas de mejoramiento. Es así como Bessin *et al.* (1990b) encontraron que la evaluación de resistencia basada en lesiones externas u orificios de entrada (porcentaje de entrenudos barrenados) no se relaciona con el efecto que pueden generar las variedades sobre la población de *D. saccharalis* en el área cultivada, planteando que es necesario estimar la sobrevivencia relativa (número de agujeros de salida con respecto al número de entrenudos barrenados) y la producción de polillas por hectárea (número de adultos con agujeros de salida en el tallo con respecto a la densidad total de tallos por hectárea).

De acuerdo con lo anterior, un método de caracterización de la resistencia varietal para los barrenadores no debería depender exclusivamente de la observación del daño en los entrenudos, sino tener un seguimiento a la biología de

los insectos y su desarrollo sobre los diferentes materiales. Asimismo, el asunto de la variación ambiental debido a las poblaciones naturales de la plaga y a las posibles diferencias en la respuesta de la planta frente al ataque, sugieren que la metodología debe buscar el uso de condiciones controladas con infestaciones uniformes (Mihm 1985) o estrategias de selección que incluyan bioensayos con germoplasma que permitan evaluar metabolitos secundarios que impacten negativamente en el desarrollo larval (White *et al.* 2011).

Debido a los efectos mencionados y a la existencia de cuatro especies de *Diatraea* en el valle geográfico del río Cauca, se está en la búsqueda de desarrollar una metodología bajo condiciones controladas que permitan estudiar el impacto de la resistencia varietal en la biología de cada una de las especies; sin embargo, para lograr esto es necesario establecer patrones de comparación (testigos resistentes y susceptibles) que hayan sido sembrados y evaluados simultáneamente en una misma prueba regional y cuya caracterización haya permanecido estable en las evaluaciones de plantilla y soca en las diferentes áreas. Es por esto que la prueba regional de la serie 1993-1994 analizada en este trabajo, es un punto de partida para determinar las variedades contrastantes con respecto al daño por la plaga.

Analizando el ataque de *Diatraea* en cada localidad y corte, se encontró que las variedades CC 93-3826 y CC 93-3803 siempre presentaron el mayor daño (calificación 5) y que la variedad CC 93-3811 siempre se mostró en el menor daño (calificación 1); siendo estas las variedades que presentan el mayor contraste y la mayor estabilidad ambiental al daño por los barrenadores *Diatraea* spp.

Calificación media de daño. Independiente de la localidad y el corte cuando las variedades de caña se comparan según el I.R. se tiene una variedad resistente (CC 93-3811), tres moderadamente resistentes (CC 93-3895, CC 85-92 y CC 93-3458), siete intermedias, dos moderadamente susceptibles (CC 94-5480 y CC 93-3801) y dos susceptibles (CC 93-3826 y CC 93-3803); sin embargo, los análisis entre las variedades indican que existe solapamiento al interior de estos grupos cuando se emplea como parámetro la calificación media de daño. Teniendo esto en cuenta, existen dos grupos contrastantes que presentan diferencias estadísticas entre sí y cuyas variedades pueden servir como testigos para ensayos de resistencia, es así como se tiene un grupo con las variedades más atacadas, entre las que se encuentran las susceptibles (CC 93-3826 y CC 93-3803) y moderadamente susceptibles (CC 94-5480 y CC 93-3801) y el otro grupo corresponde a las variedades menos atacadas entre las cuales se encuentran las resistentes (CC 93-3811) y las moderadamente resistentes (CC 93-3895, CC 85-92 y CC 93-3458).

Intensidad de infestación expresada como proporción de entrenudos barrenados. A nivel mundial, una menor proporción o un menor porcentaje de entrenudos barrenados ha sido el criterio tradicional empleado para establecer las variedades de caña resistentes al ataque por barrenadores, entre ellos *Diatraea* spp. (Keeping y Govender 2002; Zhou *et al.* 2010; Korowi y Samson 2013; Samson *et al.* 2017); ya que las lesiones producidas en la planta indican la preferencia y establecimiento del barrenador, además esta variable se correlaciona directamente con reducciones en el rendimiento y pérdidas económicas (Valverde *et al.* 1991; Reay-Jones *et al.* 2005; White *et al.* 2008; Gómez *et al.* 2009; Vargas 2015a).

Teniendo en cuenta la proporción de entrenudos barrenados, se encontró que CC 93-3826 catalogada como variedad susceptible presentó gran cantidad de daño por el barrenador tanto en la plantilla como en la soca y que CC 93-3811 y CC 93-3895 catalogadas, respectivamente, como resistente y moderadamente resistente presentaron un menor número de entrenudos barrenados para ambos cortes; siendo estas las variedades que presentan de manera general el mayor contraste y la mayor estabilidad ambiental.

Variedades con resistencia contrastante a *Diatraea*. Diferentes análisis (frecuencia de la calificación de daño, calificación media de daño, índice de resistencia y proporción de entrenudos barrenados) indican estabilidad en las variedades: siendo CC 93-2826 y CC 93-3803 las más atacadas; mientras que CC 93-3811 y CC 93-3895, las menos. Estas variedades que tienen una respuesta contrastante frente al ataque por *Diatraea* en condiciones de campo podrán ser utilizadas como testigos para estudiar la resistencia varietal desde la biología de las distintas especies de *Diatraea* en condiciones controladas.

Conclusiones y recomendaciones

Con la información analizada y discutida en este trabajo se pudo identificar un par de variedades consistentes en su resistencia para la plaga, CC 93-3811 y CC 93-3895; y otro par consistentes en su susceptibilidad, en este caso CC 93-3826 y CC 93-3803. Estos materiales servirán de insumo primario para el desarrollo de protocolos más precisos de medición de la resistencia varietal a los barrenadores en condiciones controladas, que considere variables adicionales al daño en los entrenudos, como lo son el desarrollo y supervivencia de los insectos. Actualmente existe un vacío de información frente al comportamiento de *D. saccharalis* con respecto a las otras tres especies presentes en la región (*D. indigenella*, *D. tabernella* y *D. busckella*) y se desconoce si la especie de barrenador puede influir en la expresión de la resistencia varietal, es por esto que lo encontrado en este trabajo se debe corroborar mediante pruebas en ambiente controlado con cada una de las especies de barrenador. Lo anterior no debería significar la suspensión de las observaciones del daño por la plaga en las pruebas regionales del programa de selección varietal, puesto que la detección de un material más contrastante que los anteriores, ya sea resistente o susceptible, sería de gran ayuda en el establecimiento de dichos protocolos, que a la larga terminarán por ayudar en la planeación de cruzamientos con variedades que aporten genes de resistencia frente al ataque por la plaga.

Agradecimientos

A Luis Antonio Gómez, Álvaro Urresti, Edison Quiñones, Orlando Rojas y todas las personas que han estado vinculadas a las pruebas regionales del Programa de variedades de Cenicaña; gracias a su compromiso, contribuciones y esfuerzos constantes ha sido posible contribuir al conocimiento de la resistencia varietal a *Diatraea* spp. en Colombia.

Literatura citada

ARVINTH, S.; ARUN, S.; SELVAKESAVAN, R. K.; SRIKANTH, J.; MUKUNTHAN, N.; ANANDA, P.; PREMACHANDRAN,

- M. N.; SUBRAMONIAN, N. 2010. Genetic transformation and pyramiding of aprotinin-expressing sugarcane with cry1Ab for shoot borer (*Chilo infuscatellus*) resistance. *Plant Cell Reports* 29: 383-395.
- BARRERA, G. P.; VILLAMIZAR, L. F.; ESPINEL, C.; QUINTERO, E. M.; BELAICH, M. N.; TOLOZA, D. L.; GHIRINGHELLI, P. D.; VARGAS, G. 2017. Identification of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) based on cytochrome oxidase II. *PLoS ONE* 12 (9): e0184053.
- BESSIN, R. T.; MOSER, E. B.; REAGAN, T. E. 1990a. Integration of control tactics for management of the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Louisiana sugarcane. *Journal of Economic Entomology* 83 (4): 1563-1569.
- BESSIN, R. T.; REAGAN, T. E.; MARTIN, F. A. 1990b. A moth production index for evaluating sugarcane cultivars for resistance to the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology* 83: 221-225.
- CARBONELL, J.; QUINTERO, R.; TORRES, J. S.; OSORIO, C. A.; ISAACS, C. H.; VICTORIA, J. I. 2011. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación): principios metodológicos y aplicaciones. Serie Técnica 38. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), Cali, Colombia. 119 p.
- CARDONA, C.; MESA, N. C. 2011. Resistencia varietal a insectos. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Palmira, Colombia. 144 p.
- CASSALETT, C.; RANJEL, H. 1995. Mejoramiento genético. pp. 63-81. En: Cenicaña. (Ed.). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña). Cali, Colombia. 412 p.
- DE MACEDO, C. L.; SOARES, E.; PEPINO, L.; CARMO, A.; BOTELHO, L.; BRANDÃO, L. A.; GOMES, R. 2012. Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficientes contra a *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47 (12): 1759-1765.
- DINARDO, L. L.; ANTONIO, I.; PEREIRA, V.; VILELA, J. 2012. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47 (1): 1-7.
- GARCÍA, V. M.; GONZÁLEZ, A.; GÓMEZ, L. A.; PALMA, A. E. 2006. Nuevos elementos para la determinación del daño por *Diatraea* spp. en caña de azúcar. pp. 179-189. En: Memorias VII Congreso de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar de Colombia. Tecnicaña. Septiembre 6-8 de 2006. Cali: Tecnicaña.
- GÓMEZ, L. A.; VARGAS, G. 2014. Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. en el Valle del Río Cauca: investigación participativa con énfasis en el control biológico. Documento de trabajo 734. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), Santiago de Cali, Colombia. 133 p.
- GÓMEZ, L. A.; QUINTERO, E. M.; JURADO, J. A.; OBANDO, V.; LARRAHONDO, J. E.; GÓNZALEZ, A. 2009. Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. pp. 136-143. En: Memorias VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Septiembre 16-18 de 2009. Cali: Tecnicaña.
- HENSLEY, S. D. 1971. Management of sugarcane borer populations in Louisiana: a decade of change. *Entomophaga* 16: 133-146.
- HENSLEY, S. D.; LONG, W. H. 1969. Differential yield of commercial sugarcane varieties to sugarcane borer damage. *Journal of Economic Entomology* 62: 620-2.
- ICA. 2014a. Resolución No. 4347 de 2014. Estado de Emergencia Fitosanitaria en los departamentos de Boyacá y Santander por las altas incidencias de los barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.) y la hormiga loca *Nylanderia fulva* en los cultivos de caña panelera (*Saccharum officinarum*). Diciembre 18 de 2014. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 5 p.
- ICA. 2014b. Resolución No. 4214 de 2014. Estado de emergencia fitosanitaria en el departamento de Caldas por las altas incidencias de los barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.) en los cultivos de caña panelera (*Saccharum officinarum*). Diciembre 3 de 2014. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 5 p.
- KEEPING, M. G. 2006. Screening of South African sugarcane cultivars for resistance to the stalk borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *African Entomology* 14 (2): 277-288.
- KEEPING, M. G.; GOVENDER, N. 2002. Update on methodology used in screening for resistance to *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae) in potted sugarcane. pp. 594-596. En: SASRI (South African Sugarcane Research Institute). Proceedings South African Sugarcane Research Institute 76: 593-596.
- KYLE, M. L.; HENSLEY, S. D. 1970. Sugarcane borer host plant resistance studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 33: 55-67.
- KOROWI, K. T.; SAMSON, P. R. 2013. Screening for borer resistance among sugarcane clones in Papua New Guinea, 2010-2012. 2013. Proceedings Australian Society of Sugarcane Technologists 35: 1-9.
- MIHM, J. A. 1985. Methods of artificial infestation with *Diatraea* species and evaluation of stem borer resistance in sorghum, pp. 169-173. En: ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). Proceedings of the International Sorghum Entomology Workshop. Julio 15-21 de 1984, Texas A&M University, College Station, USA. Patancheru, India: ICRISAT. 424 p.
- NUNES, A. R.; SOARES, C.; SEBASTIÃO, I.; MARQUES, L. DA COSTA, R.; ABREU, H. A.; FRANCO, M. V.; APARECIDO, O.; APPARECIDA, J. 2017. Cry1Ac and Vip3Aa proteins from *Bacillus thuringiensis* targeting Cry toxin resistance in *Diatraea flavipennella* and *Elasmopalpus lignosellus* from sugarcane *PeerJ* 5: e2866; DOI 10.7717/peerj.2866.
- POSEY, F. R.; WHITE, W. H.; REAY-JONES, P. F. F.; GRAVOIS, K.; SALASSI, M. E.; LEONARD, B. R.; REAGAN, T. E. 2006. Sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) management threshold assessment on four sugarcane cultivars. *Journal of Economic Entomology* 99: 966-971.
- RAMÍREZ, G.; VARGAS, G.; RODRÍGUEZ, C.; LONDOÑO, S.; MELO, Y.; BERNAL, N. MONTENEGRO, M. F.; PALOMINO, R. BOHÓRQUEZ, A.; TAFUR, J.; GUTIÉRREZ, Y.; GONZÁLEZ, A.; ROJAS, E.; VILLEGAS, A.; HERRERA, F. A. 2015. Distribución de las especies de *Diatraea* y sus enemigos naturales en caña de azúcar en el valle del río Cauca. pp. 402-410. En: Memorias X Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Septiembre 16-18 de 2015. Yumbo: Tecnicaña. 576 p.
- REAY-JONES, P. F. F.; SHOWLER, A. T.; REAGAN, T. E.; LEGENDRE, B. L.; WAY, M. O.; MOSER, E. B. 2005. Integrated tactics for managing the Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. *Environmental Entomology* 34: 1558-1565.
- SAMSON, P. R.; KOROWI, K.; SALLAM, N. 2017. Resistance of Australian sugarcane clones to moth and weevil borers in Papua New Guinea. *Crop Protection* 96: 14-21.
- SOLIS, M. A.; METZ, M. A. 2016. An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* Guiding (Lepidoptera, Crambidae, Crambinae) based on genitalia. *ZooKeys* 565: 73-121.
- TARAZONA, G. A. 2011. Manejo fitosanitario del cultivo de la caña panelera. Medidas para la temporada invernal. Instituto colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia. 51 p.
- VALVERDE, L. A.; BADILLA, F.; FUENTES, G. 1991. 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, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 12 (1/2): 7-12.
- VARGAS, G. 2015a. Evaluación del daño de los barrenadores de la caña: *Diatraea* spp. y su control: Guía metodológica. Materiales

- para la transferencia de tecnología en la agroindustria de la caña de azúcar. Serie: Sistema de producción agrícola. Cali: Cenicaña. 97 p.
- VARGAS, G. 2015b. Retos y oportunidades en el manejo de los barrenadores del tallo, *Diatraea* spp. Serie Divulgativa No. 17. Cali: Cenicaña. 6 p. Disponible en: http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_17/sd_17.pdf. [Fecha revisión: 23 julio 2016].
- VARGAS, G. A.; LASTRA, L. A.; SOLIS, A. 2013. First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca river Valley of Colombia. Florida Entomologist 96 (3): 1198-1201.
- VARGAS, G.; GÓMEZ, L. A.; MICHAUD, J. P. 2015a. Sugarcane stem borers of the Colombian Cauca River Valley: current pest status, biology, and control. Florida Entomologist 98 (2): 728-735.
- VARGAS, G.; VILLEGAS, A.; RAMÍREZ, G.; BARCO, L. E.; HERRERA, D.; VALENCIA, I. C. 2015b. Eficacia de las liberaciones de enemigos naturales para el manejo de *Diatraea tabernella* y *D. busckella* en la zona norte del valle del río Cauca. pp. 411-442. En: Memorias X Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Septiembre 16-18 de 2015. Yumbo: Tecnicaña. 576 p.
- VARGAS, G. A.; LASTRA, L. A.; RAMÍREZ, G. D.; SOLIS, A. 2017. The *Diatraea* complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca river valley: making a case for the geographically localized approach. Neotropical Entomology 1-8.
- WENG, L. X.; DENG, H.; XU, J. L.; LI, Q.; WANG, L. H.; JIANG, Z.; ZHANG, H. B.; LI, Q.; ZHANG, L. H. 2006. Regeneration of sugarcane elite breeding lines and engineering of stem borer resistance. Pest Management Science 62: 178-187.
- WHITE, W. H. 1993. Movement y establishment of sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae on resistant and susceptible sugarcane. Florida Entomologist 76 (3): 465-473.
- WHITE, W. H.; HENSLEY, S. D. 1987. Techniques to quantify the effect of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane quality. Field Crops Research 15: 341-348.
- WHITE, W. H.; VIATOR, R. P.; DUFRENE, E. O.; DALLEY, C. D.; RICHARD, E. P.; TEW, T. L. 2008. Re-evaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Louisiana. Crop Protection 27: 1256-1261.
- WHITE, W. H.; KIMBENG, C. A.; GRAVOIS, K. A.; ZHOU, M. M. 2010. Breeding resistant sugarcane for managing the stem borer *Diatraea saccharalis*: Progress and prospects for Louisiana. En: Memorias XXVII Congreso de la Sociedad Internacional de Técnicos de la Caña de Azúcar. Marzo 1-11 de 2010. Veracruz: ISSCT.
- WHITE, W. H.; HALE, A. L.; VEREMIS, J. C.; TEW, T. L.; RICHARD, E. P. 2011. Registration of two sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). Journal of Plant Registration 5: 248-253.
- WHITE, W. H.; RICHARD, R. T., HALE, A. L. 2013. *Erianthus*: A sugarcane relative with potential as a source of resistance to the stem borer *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists 28: 825-832.
- WILSON, B. E.; SHOWLER, A. T.; REAGAN, T. E.; BEUZELIN, J. M. 2012. Improved chemical control for the Mexican rice borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane: larval exposure, a novel scouting method, and efficacy of a single aerial insecticide application. Journal of Economy Entomology 105 (6): 1998-2006.
- ZHOU, M. M.; KIMBENG, C. A.; DA SILVA, J. A.; WHITE, W. H. 2010. Cross-resistance between the Mexican rice borer and the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae): A case study using sugarcane breeding populations. Crop Science 50: 861-869.

Recibido: 1-sep-2016 • Aceptado: 22-sep-2017

Citación sugerida:

ECHEVERRI-RUBIANO, C.; CHICA-RAMÍREZ, H. A.; VARGAS-OROZCO, G. A. 2017. Resistencia varietal al ataque por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en caña de azúcar. Revista Colombiana de Entomología 43 (2): 186-194. Julio-Diciembre 2017. ISSN 0120-0488.