

Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp., en el valle del río Cauca:

investigación participativa con énfasis en control biológico



Luis A. Gómez Laverde
Germán A. Vargas Orozco



cenicana

Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia

Carátula: Ciclo de vida de *Diatraea* sp.



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Documento de trabajo No. **734**

Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp.,
en el valle del río Cauca: investigación participativa
con énfasis en control biológico

Autores:

Luis A. Gómez Laverde

Germán A. Vargas Orozco

Entomólogos, Ph.D. respectivamente

Programa de Variedades

Santiago de Cali, 29 de mayo de 2014

Contenido

Lista de figuras	7
Lista de cuadros.....	10
Introducción	13
Investigación participativa con énfasis en control biológico	16
Capítulo 1 - El complejo de especies de <i>Diatraea</i>	19
Capítulo 2 - Pérdidas causadas por los barrenadores.....	49
Capítulo 3 - Muestreo de los barrenadores	55
Capítulo 4 - Control biológico.....	75
Capítulo 5 - Resistencia varietal.....	99
Capítulo 6 - La cosecha en verde y los barrenadores	119
Capítulo 7 - Perspectivas acerca del registro de <i>Diatraea tabernella</i> en el valle del río Cauca	125
Capítulo 8 - Consideraciones finales	127
Referencias bibliográficas.....	129

Lista de figuras

Figura 1-1 Composición de especies de larvas de <i>Diatraea</i> recolectadas en el ingenio Providencia entre 1979 y 1987.....	19
Figura 1-2 Distribución de especies de <i>Diatraea</i> en el valle del río Cauca en 1992.....	21
Figura 1-3 Población de huevos de <i>D. indigenella</i> en función de la edad de la caña en las haciendas La Gruta y Florencia de Incauca.	22
Figura 1-4 Huevos de <i>Diatraea saccharalis</i> (izquierda), <i>D. indigenella</i> (centro) y <i>D. tabernella</i> (derecha). La barra a la derecha de las posturas indican 0.4 mm (Fotos Luz A. Lastra).	24
Figura 1-5 Larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> (izquierda), <i>D. indigenella</i> (centro) y <i>D. tabernella</i> (derecha) (Fotos Ulises Castro).	25
Figura 1-6 Forma de los cuernos cefálicos en las pupas de <i>Diatraea saccharalis</i> (izquierda), <i>D. indigenella</i> (centro) y <i>D. tabernella</i> (derecha) (Fotos Luz A. Lastra). La barra a la derecha de las pupas indica 1 mm.	26
Figura 1-7 Vista frontal de la cabeza de <i>Diatraea saccharalis</i> (izquierda), <i>D. indigenella</i> (centro) y <i>D. tabernella</i> (derecha) (Fotos Luz A. Lastra).	26
Figura 1-8 Genitalia del macho de <i>Diatraea saccharalis</i> (izquierda), <i>D. indigenella</i> (centro) y <i>D. tabernella</i> (derecha) (Lt: lóbulos del tegumen, Ae: Aedeago, V: valvas, pb: proceso basal, u: uncus, g: gnathos) (Adaptado de Bleszynski, 1969).	27
Figura 1-9 Duración de los estados de desarrollo de <i>D. saccharalis</i> y <i>D. indigenella</i>	28
Figura 1-10 Número de instares requeridos para el desarrollo de <i>D. saccharalis</i> y <i>D. indigenella</i> en dos tipos de alimento. A) <i>D. saccharalis</i> en choclo (maíz tierno o grano lechoso), B) <i>D. indigenella</i> en choclo, C) <i>D. saccharalis</i> en dieta artificial y D) <i>D. indigenella</i> en dieta artificial.	29
Figura 1-11 Recolección de estados de <i>D. saccharalis</i> y <i>D. indigenella</i> en cepas infestadas artificialmente. A) 8 semanas después de la infestación y B) 10 semanas después de la infestación.	32
Figura 1-12 Ubicación del daño causado por <i>D. saccharalis</i> en cañas infestadas artificialmente a los 3 y los 11 meses de edad.	33

Figura 1-13 Cambios en la composición de especies de barrenadores en función de la edad de la caña en el ingenio Pichichí.	34
Figura 1-14 Digestión con <i>Dra</i> 1 de la amplificación generada por los iniciadores A-298 y B-Tyls, que amplifican un fragmento del gen de la Citocromo Oxidasa. 1-11: <i>Diatraea saccharalis</i> , 12-20: <i>D. busckella</i> , 21-26 y 30-31: <i>Blastobasis graminea</i> , 30-32: <i>D. crambidoides</i> , 34-44: <i>D. indigenella</i> , 45-56: <i>D. saccharalis</i> . Solo <i>D. saccharalis</i> , <i>D. indigenella</i> y <i>B. graminea</i> fueron encontradas en el valle del río Cauca (Tomado de Cadena, 2008).	35
Figura 1-15 Efecto del daño de <i>Diatraea</i> sp. en la semilla vegetativa sobre la población de tallos a lo largo de un corte.	37
Figura 1-16 Valores de daño atribuidos a <i>B. graminea</i> por diferentes grupos de evaluadores de diferentes ingenios azucareros y por parte de Cenicafña. Valores por encima del 40% indican sobrestimación del daño y por debajo, subestimación del daño.	47
Figura 2-1 Efecto de daño (% entrenudos barrenados) causado por <i>Diatraea</i> spp. en el contenido de sacarosa (sacarosa% caña). Tomado de Gómez et al., (2009).	50
Figura 2-2 Efecto del porcentaje de entrenudos barrenados por <i>D. saccharalis</i> sobre el peso de parcelas de 5 metros de surco de CP 72-356.	53
Figura 3-1 Cambios del daño causado por <i>Diatraea</i> spp., en el coeficiente de variación (%) y en el tamaño de la muestra para su estimación (ambas variables ilustradas en el mismo eje Y), en función de la edad de la caña.	58
Figura 3-2 Relación entre el porcentaje de entrenudos barrenados (I.I.) y el porcentaje de tallos barrenados (%I) en el momento de la cosecha.	63
Figura 3-3 Límites para la toma de decisión sobre el nivel de daño causado por <i>Diatraea</i> (muestreo secuencial).	66
Figura 3-4 Diagnóstico del daño por <i>Diatraea</i> spp. mediante la evaluación del porcentaje de entrenudos barrenados en 414 suertes distribuidas en el valle del río Cauca. A) Sitios de muestreo, B) Mapa de isóneas con sectores de daño similar. (Tomado de Vargas et al., 2005)	71
Figura 3-5 Relación entre el porcentaje de entrenudos barrenados medido en los patios del ingenio Mayagüez y el nivel de daño estimado en el campo.	72

Figura 4-1 Variación en el daño (% de entrenudos barrenados) bajo dos niveles de liberación de <i>Trichogramma</i> sp. y un testigo sin liberación, desde los cuatro meses de edad de la caña hasta cosecha.....	82
Figura 4-2 Preferencia de <i>T. exiguum</i> y <i>T. pretiosum</i> por dos especies de <i>Diatraea</i> y su hospedero de cría comercial, <i>Sitotroga cerealella</i>	86
Figura 4-3 Efecto de la edad de los huevos (días) de dos hospederos de <i>T. exiguum</i> , <i>Diatraea indigenella</i> y <i>Sitotroga cerealella</i>	88
Figura 4-4 Parasitismo por <i>T. exiguum</i> sobre huevos sin parasitar de <i>S. cerealella</i> después de ser almacenados por diferentes períodos de tiempo a 8°C.....	89
Figura 4-5 Relación de incremento para la producción comercial de <i>T. exiguum</i>	92
Figura 4-6 Índice de preferencia (% huevos parasitados de <i>D. indigenella</i> / % de huevos parasitados de <i>S. cerealella</i>) de individuos de <i>T. exiguum</i> mantenidos en laboratorio durante 40 generaciones en <i>S. cerealella</i> , en comparación con individuos de <i>T. exiguum</i> recolectados en campo de posturas de <i>D. indigenella</i>	93
Figura 4-7 Frecuencia de ataque de las hormigas en campo a huevos de <i>S. cerealella</i> parasitados por <i>Trichogramma exiguum</i>	94
Figura 5-1 Frecuencia de los estados de desarrollo de dos especies de <i>Diatraea</i> halladas en las variedades V 71-51 y MZC 74-275 después de una infestación artificial.	100
Figura 5-2 Frecuencia de la ubicación de las larvas de dos especies de <i>Diatraea</i> en los diferentes tipos de daño en V 71-51 y MZC 74-275 después de una infestación artificial.	101
Figura 5-3 Frecuencia (%) de los estados de desarrollo luego de dos semanas de infestación en seis variedades de caña: tres caracterizadas como resistentes (poco atacadas) y tres, como susceptibles (muy atacadas).....	104
Figura 6-1 Porcentaje de entrenudos barrenados por (A) <i>Diatraea</i> spp. y (B) <i>Blastobasis graminea</i> en lotes de caña cosechados en verde y con quema, por cuatro socas consecutivas. Variedad PR 61-632 Hacienda Cabaña, Ingenio Manuelita. Abril de 1994 a agosto de 1998.....	120
Figura 6-2 Evaluación del daño ocasionado por los barrenadores (A) <i>Diatraea</i> spp. y (B) <i>Blastobasis graminea</i> en lotes con tres sistemas de cosecha: quemada, verde mecánica y verde manual. Variedad MZC 74-275. 1a, 2a y 3a soca. Ingenio Mayagüez (Hacienda Llano de Párraga).	122

Lista de cuadros

Cuadro 1-1 Cambios en la duración del desarrollo (días) según el tipo de alimento.	29
Cuadro 1-2 Efecto de tres substratos alimenticios sobre el tiempo de desarrollo y longevidad de los adultos de <i>Diatraea</i>	30
Cuadro 1-3 Influencia de dos alimentos diferentes a caña de azúcar sobre el porcentaje de sobrevivencia de individuos de <i>D. saccharalis</i> y <i>D. indigenella</i>	30
Cuadro 1-4 Efecto del daño causado por <i>Diatraea</i> spp. en semilla vegetativa, sobre algunas variables de producción.	37
Cuadro 1-5 Población de tallos en 10 m de surco de las variedades POJ 28-78 y CP 57-603 a los 4 y 7 meses de haber sembrado semilla, que fue expuesta a las poblaciones naturales de <i>R. palmarum</i> y <i>M. hemipterus</i> entre 0 y 7 días.	38
Cuadro 1-6 Evaluación del daño al meristemo apical en brotes con síntoma de "corazón muerto" producido por tres barrenadores del tallo.	40
Cuadro 1-7 Evaluación del porcentaje de mortalidad de brotes con síntoma de "corazón muerto" ocasionados por <i>E. lignosellus</i>	41
Cuadro 1-8 Efecto de los corazones muertos sobre la producción de caña y azúcar.	42
Cuadro 1-9 Evaluación del daño causado por <i>Diatraea</i> y <i>B. graminea</i> en 30 tallos seleccionados ..	44
Cuadro 2-1 Efecto del daño de <i>D. saccharalis</i> sobre algunos parámetros de producción en la variedad CP 57-603 (plantilla y cosecha a los 12 meses de edad).	51
Cuadro 2-2 Efecto de infestaciones artificiales de <i>D. saccharalis</i> en varias épocas del desarrollo de la caña (Var. CP 72-356) sobre algunas variables de producción de azúcar	52
Cuadro 3-1 Valores de intensidad de infestación calculados a partir de 320 tallos, de los tallos de una cepa / 4 ha y de 20 tallos / ha en la hacienda Cantarrana del ingenio Central Tumaco.	60
Cuadro 3-2 Relación práctica entre las metodologías para determinar el daño por <i>Diatraea</i> spp. en términos del porcentaje de entrenudos barrenados.	60
Cuadro 3-3 Coeficiente de variación para cada una de las metodologías de muestreo.	60

Cuadro 3-4 Tamaños de muestra requeridos para lograr una confianza del 90% y un margen de error de ± 1.0 unidades del porcentaje de entrenudos barrenados en la evaluación de <i>Diatraea</i> spp. en el campo.	61
Cuadro 3-5 Grado de asociación entre las variables porcentaje de tallos perforados (porcentaje de infestación, % I) y porcentaje de entrenudos perforados (Intensidad de infestación, I.I).....	62
Cuadro 3-6 Número de tallos con daños de <i>Diatraea</i> spp. en diferentes entrenudos de CP 57603 a la edad de 12 meses y contados desde la base hacia el ápice.	64
Cuadro 3-7 Límites críticos para decidir acerca del estado de un campo de caña (sano: < 5% I.I, afectado: > < 5% I.I), a través del muestreo secuencial.	67
Cuadro 3-8 Evaluación del daño por <i>Diatraea</i> spp. en haciendas de los Ingenios Riopaila-Castilla (planta Castilla), Incauca y La Cabaña, de acuerdo con dos métodos de muestreo.	68
Cuadro 4-1. Estado de desarrollo de la progenie después de disectar hembras de <i>Billaea claripalpis</i> y <i>Lydella minense</i> a lo largo de la su maduración.	76
Cuadro 4-2. Efecto del tamaño (peso) de las larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> (hospedero) sobre la producción de los parasitoides <i>L. minense</i> y <i>B. claripalpis</i>	77
Cuadro 4-3. Efecto del número de ceras inoculadas/larva de <i>Diatraea saccharalis</i> sobre la producción de los parasitoides <i>L. minense</i> y <i>B. claripalpis</i>	78
Cuadro 4-4. Población de huevos de <i>Diatraea</i> y parasitismo por <i>Trichogramma</i> sp. y <i>Telenomus</i> sp., en la Hda. La Gruta (Incauca).....	83
Cuadro 4-5. Registro de las especies de <i>Trichogramma</i> halladas en huevos de <i>Diatraea</i> spp. recolectados en varias zonas de Colombia.	85
Cuadro 4-6. Duración (horas) de los estados inmaduros de <i>Trichogramma exiguum</i> sobre dos hospederos, <i>Diatraea indigenella</i> y <i>Sitotroga cerealella</i>	87
Cuadro 4-7. Efecto del almacenamiento de huevos de <i>S. cerealella</i> parasitados por <i>T. exiguum</i> en estado de larva o de pupa.	90
Cuadro 4-8. Efecto del alimento sobre la capacidad parasítica de las hembras de <i>T. exiguum</i> en la fase de incremento comercial de las poblaciones.	91
Cuadro 4-9. Comportamiento depredador de hormigas de los géneros <i>Wasmannia</i> , <i>Pheidole</i> y <i>Nylanderia</i> (=Paratrechina) sobre huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>	95

Cuadro 4-10. Presencia de obreras de los géneros <i>Wasmannia</i> , <i>Pheidole</i> y <i>Nylanderia</i> (= <i>Paratrechina</i>) en dos tipos de recipientes conteniendo huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>	96
Cuadro 5-1. Preferencia (libre elección) y aceptación (sin elección) de alimento expresada por larvas (IV instar) de <i>D. saccharalis</i> al ofrecerles dos variedades poco atacadas y dos variedades muy atacadas en el campo.	103
Cuadro 5-2. Porcentaje de sobrevivencia de larvas de <i>D. saccharalis</i> en seis variedades de caña, tres catalogadas como muy atacadas y tres como poco atacadas.	105
Cuadro 5-3. Evaluación de la respuesta de 10 variedades de caña a la infestación con larvas de <i>D. saccharalis</i>	107
Cuadro 5-4. Caracterización de la respuesta de 10 variedades de caña al daño por larvas de <i>D. saccharalis</i>	108
Cuadro 5-5. Caracterización de la respuesta de 231 variedades de caña al daño por <i>Diatraea</i> spp. en pruebas regionales. El promedio corresponde a la media de las calificaciones obtenidas en las diferentes evaluaciones y se cataloga de acuerdo al siguiente criterio: Resistente (entre 1 y valores inferiores a 1.5: 1.0 - <1.5), Medianamente Resistente (1.5 - <2.5), Intermedia (2.5 - <3.5), Medianamente Susceptible (3.5 - <4.5) y Susceptible (4.5 - 5.0). La lista se organiza en orden alfanumérico de acuerdo con la variedad.	111

Introducción

La caña de azúcar es una planta gramínea susceptible al ataque de plagas barrenadoras de sus tallos. Son éstas las más comunes y, en buena parte, responsables de las mayores pérdidas atribuibles al daño que causan los insectos en este cultivo. Dentro de éstos sobresalen las larvas de Lepidóptera (mariposas y polillas), pero cabe mencionar igualmente las larvas de algunos Coleóptera (escarabajos). Cerca de medio centenar de especies de Lepidóptera están registradas como barrenadoras de los tallos de la caña ([Long and Hensley, 1962](#)). La mayoría de éstas pertenecen a la familia Crambidae que incluye al género *Diatraea* que, a su vez, se encuentra confinado al nuevo mundo. Sin embargo, el género *Chilo*, que difícilmente se puede diferenciar de *Diatraea*, incluye especies nativas de África y Asia, casi exclusivamente ([Bleszyinski, 1969](#)).

Diatraea saccharalis (F.) es la especie de mayor distribución, y se registra desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina. Otras se confinan a áreas más localizadas. En Colombia, se han hallado las siguientes especies alimentándose comúnmente de caña: *D. saccharalis*, distribuida en toda Colombia; *D. indigenella* (Dyar y Heinrich), registrada en Chocó, Valle, Cauca, Nariño y es muy posible que se encuentre también en la parte norte de Ecuador; *D. busckella* (Dyar y Heinrich) y *D. rosa* (Heinrich) han sido halladas en Bolívar, Magdalena, Cesar y Norte de Santander; *D. lineolata* ha sido reportada en los departamentos del Tolima, Magdalena, Valle (no en el valle geográfico del río Cauca) y Chocó, y, por último, *D. tabernella* (Dyar) había sido registrada en la zona occidental del país como el departamento del Chocó, pero recientemente [Vargas et al. \(2013\)](#) la reportaron atacando caña en el norte del valle del río Cauca.

Varias especies de *Diatraea* han sido reconocidas como plagas importantes de la caña de azúcar y, por consiguiente, sus pérdidas han sido ampliamente analizadas ([Metcalf, 1969](#)). Los métodos de manejo en diferentes zonas cañeras han tenido como componente principal el control biológico. En Colombia, según [Gaviria \(1990\)](#), el primer empleo de este enfoque ocurrió en 1939, al liberar individuos de *Trichogramma minutum* en campos de caña del ingenio Berástigue (Bolívar), para controlar barrenadores del género *Diatraea*. Veintiún años más tarde, en el ingenio Manuelita, nuevamente se liberaron, sin ningún resultado, individuos pertenecientes al género *Trichogramma* para controlar también al barrenador de la caña. Otro intento para manejar al barrenador se dio en 1965, cuando el entomólogo F. J. Simmonds introdujo y liberó, en el ingenio Riopaila, a la mosca taquinida *Lixophaga diatraea* que, como parasitoide de *D. saccharalis*, había sido muy exitosa, manejada por L.C. Scaramuzza, en Cuba. Sin embargo, en el valle del río Cauca, no se logró su adaptación.

Con base en los logros alcanzados por [Box \(1931\)](#), citado por [Bennett \(1969\)](#) y [Cleare \(1939\)](#), con *Lydella* (= *Metagonistylum*) *minense* (Towsend), en Santa Lucía y la Guayana inglesa,

respectivamente, y por [Risco \(1958\)](#) con *Billaea* (= *Paratheresia*) *claripalpis* (Wulp) en el Perú, Gaviria en 1970 introdujo una raza peruana de ciclo corto, al ingenio Riopaila ([Gaviria, 1973](#)). La liberación masiva del híbrido resultante del cruce con la raza nativa indujo un incremento de 82.5% del parasitismo de esta mosca, seis años después de iniciar las liberaciones. *L. minense*, que también fue introducida por Gaviria al ingenio Riopaila, unos meses más tarde, tuvo un comienzo difícil, pues su acción parasítica comenzó a consolidarse tan sólo cinco años después de iniciar las liberaciones comerciales.

El gran éxito del control biológico en el valle del río Cauca quedó confirmado por la labor adicional de los Ingenieros Juan de Dios Raigosa, en el ingenio Providencia; Consuelo López de Pulido, en el ingenio Manuelita; y Carmenza García, en el ingenio Mayagüez, quienes durante estos primeros años, trabajaron en el desarrollo y la adaptación de metodologías relativas a varios aspectos del manejo de *Diatraea* para las condiciones del sector azucarero colombiano.

Este documento tiene como objetivo recopilar la información resultante de toda la investigación desarrollada por Cenicaña desde que el área de Entomología inició labores y en colaboración permanente con los diferentes ingenios azucareros del valle del río Cauca. Aquí se cubren aspectos varios, tales como las especies de *Diatraea* que se encuentran en el valle del río Cauca, su distribución y comportamiento, el daño que causan, el muestreo, y aquellos métodos que se usan para su control, haciendo énfasis en el control biológico. Se incluye información de otras especies de barrenadores cuyo daño puede asociarse o asemejarse al de *Diatraea*. Algunos puntos específicos de estos temas fueron publicados en revistas científicas de circulación periódica, pero otros tan sólo quedaron registrados en informes internos de Cenicaña. Se espera que los elementos señalados en este documento sirvan para comprender integralmente la relación entre los barrenadores y la caña de azúcar, y, por lo tanto, proporcionen elementos para manejar esta plaga.

En Cenicaña el énfasis en la investigación participativa con ingenios, agricultores y las Universidades, a través de los diferentes estudiantes de tesis, ha sido clave en la búsqueda de alternativas para el manejo integral de plagas. En el caso de los barrenadores del tallo, el desarrollo de la cría artificial de *Diatraea saccharalis*, por parte del Dr. Luis Gómez y la Bióloga Luz Adriana Lastra, ha permitido sostener una producción abundante y regular de las moscas taquínidas utilizadas en el control biológico de estas plagas. Además, los estudios de identificación taxonómica y biología de las avispas parasitoides de huevos *Trichogramma exiguum*, producto de la investigación de la Doctora Ana Elizabeth Díaz, en aquel entonces estudiante de Agronomía de la universidad de Nariño, resultaron en la disponibilidad de un método adicional de manejo complementario a las liberaciones de taquínidos. Sin embargo, las investigaciones acerca de los barrenadores en Cenicaña no sólo han girado alrededor del control biológico, sino que se han realizado avances en la identificación molecular de las especies de *Diatraea*, en la formulación de los métodos de muestreo apoyados en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la

determinación de las pérdidas y en la búsqueda de alternativas más sustentables a largo plazo y de fácil adopción por parte de los agricultores como lo constituye la resistencia varietal.

Estos y otros temas adicionales son discutidos en esta publicación que contiene una descripción de los diferentes trabajos realizados por Cenicaña en el tema de los barrenadores *Diatraea* spp. Este documento tiene dos objetivos principales: 1) documentar los avances en el conocimiento de la plaga y 2) servir como referencia de consulta para todos aquellos que estén a cargo del manejo de este tipo de plagas en la caña de azúcar tanto en el ámbito nacional como internacional. Es importante señalar que los avances obtenidos han sido posible gracias al apoyo de incontables colaboradores en las actividades de campo y laboratorio: personal administrativo, técnico y operativo de los diferentes ingenios azucareros; auxiliares del laboratorio y campo de Cenicaña, estudiantes de tesis de las universidades Nacional de Colombia, Universidad del Valle, Universidad de Nariño, Universidad del Quindío; y asistentes de investigación vinculados a Cenicaña.

Investigación participativa con énfasis en control biológico

En el 2013, se cumplieron tres décadas del inicio formal de las actividades del área de Entomología de Cenicaña con la llegada del Dr. Luis Antonio Gómez a la estación experimental de San Antonio de los Caballeros en el año 1983. Desde entonces, el área de Entomología se ha encargado de la investigación acerca de las plagas del cultivo de la caña de azúcar y especialmente de aquellas de importancia económica, como es el caso de los barrenadores de la caña del género *Diatraea*. Sin embargo, es importante destacar que el esfuerzo en el manejo integrado de las plagas de la caña ha sido un trabajo cooperativo; entre técnicos de la caña de azúcar pertenecientes a los diferentes ingenios azucareros, investigadores de Cenicaña, y agricultores. El trabajo cooperativo entre diferentes entidades ha tenido como propósito hacer más directa la transferencia de la tecnología ya que los usuarios finales participan desde la formulación de las preguntas de investigación hasta la obtención y discusión de la información, lo que hace que la apropiación de las tecnologías sean más directas y de impacto regional, puesto que son compartidas y discutidas en el Comité de Sanidad Vegetal, que congrega a representantes de todos los ingenios azucareros.

El esfuerzo en el manejo integrado de los barrenadores de la caña por parte de la industria azucarera ya había comenzado desde 1969 cuando Asocaña contrató al ingeniero Jaime Gaviria con la misión de implementar el control biológico *Diatraea* spp. por medio de la introducción de las moscas taquínidas al valle del río Cauca. Para el inicio de sus trabajos el Ing. Gaviria se localizó en el ingenio Riopaila debido a su ubicación en el extremo estrecho del valle geográfico con la intención de llevar desde allí al resto de la región a los insectos benéficos. Luego de la importación de las moscas taquínidas *Lydella* (= *Metagonystilum*) *minense* del Brasil y de *Billaea* (= *Paratheresia*) *claripalpis* del Perú, ambas ocurridas en 1971, se inició la cría de estos enemigos naturales en el ingenio Riopaila utilizando a *Diatraea saccharalis* como hospedante.

No mucho tiempo después de la introducción de las moscas se empezaron a obtener los primeros puparios de *L. minense* en el campo, lo que evidenció el potencial de adaptación de esta especie a la región, y entre los años 1972-73 se empezó a entregar pupas de los parasitoides a los demás laboratorios de control biológico, que para 1982 ya estaban funcionando en los ingenios Riopaila, Risaralda, Manuelita, Mayagüez, Pichichi, Providencia, Incauca y María Luisa. En 1978 se creó el Comité de Control Biológico un grupo de trabajo que tenía como objetivo principal orientar y definir la integración del control biológico en el cultivo de la caña de azúcar y con participación de Jaime Gaviria del ingenio Riopaila, Juan de Dios Raigosa del ingenio Providencia, Carmenza García del ingenio Mayagüez y Consuelo de Pulido del ingenio Manuelita. En la actualidad este grupo de trabajo persiste con el nombre de Comité de Sanidad de la Caña de Azúcar e integra a funcionarios

de los ingenios, agricultores y funcionarios de Cenicaña en la atención tanto de las plagas como la de las enfermedades del cultivo.

Se puede considerar que para el año 1995 ya toda el área del valle del río Cauca estaba bajo la influencia de las moscas taquínidas lo que ha permitido mantener los niveles de daño inferiores al 5% de entrenudos barrenados a nivel del promedio de la industria desde los inicios de los años 80s, luego de que a finales de los años 60s los niveles estuvieran alrededor del 25% de los entrenudos barrenados. Junto a Jaime Gaviria otros investigadores cumplieron un papel fundamental en la implementación del control biológico en la industria azucarera del Valle, estos fueron el Dr. Fred Bennett perteneciente a "The Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC)" con sede en Trinidad y Tobago y el Dr. Saúl H. Risco, asesor técnico de la empresa Sococo S.A. de la Amazonia, Belem, Brasil. Asimismo, en el valle del río Cauca Juan de Dios Raigosa, del ingenio Providencia; Consuelo López de Pulido, del ingenio Manuelita y Carmenza García, del ingenio Mayagüez fueron determinantes en la implementación del control biológico en la zona centro del Valle y desde allí al resto de la región. Hoy en día los miembros del Comité de Sanidad Vegetal por parte de los ingenios azucareros son los responsables de asegurarse que estos esfuerzos iniciales, en la implementación del control biológico, persistan en la región. A la fecha sus integrantes por parte de la industria son: la bióloga Yolanda Gutiérrez (Incauca y Providencia), los ingenieros Luis Eduardo Cuervo (Incauca), Oscar Mauricio Delgado (Providencia), Pedro Iván Bastidas (La Cabaña), Armando González (Mayagüez), Javier Bohórquez (Mayagüez), Alexander Bohórquez (Riopaila-Castilla), Ricardo Palomino (Riopaila-Castilla), María Fernanda Montenegro (Riopaila-Castilla), Gilberto Terreros (Pichichí), Yohana Melo (Pichichí), Carlos Andrés Rodríguez (Sancarlos), Amanda Villegas (Risaralda), Yuri Peralta (Manuelita), Rodolfo Conde (Central Tumaco), Rubén Darío Camacho (María Luisa) y Erasmo Rojas (María Luisa). Asimismo, por parte de Cenicaña lo conforman: Gerson Ramírez, Juan Carlos Ángel, Marcela Cadavid, Margarita Rodríguez, Jorge Victoria, Carlos Ariel Ángel y Germán Vargas.

Capítulo 1

El complejo de especies de *Diatraea*

Composición de especies que conforman los barrenadores

Al iniciar labores el área de entomología de Cenicaña, coincidió que unos años antes se había detectado un hecho particular en el ingenio Providencia. Como allí se recolectaban larvas del barrenador, en el campo, para la producción de sus parasitoides, en 1982, los recolectores comenzaron a notar la presencia de unas larvas con coloración más oscura que lo usual. El ingeniero Juan Raigosa, entomólogo del ingenio, envió a identificar los adultos derivados de las larvas "negras" y así se estableció la presencia abundante de *Diatraea indigenella* en las cañas del ingenio. A partir de 1983, se comenzó a separar las dos especies detectadas en el material de recolección y fue de esta forma que se vio como, entre 1983 y 1986, la especie *D. saccharalis* comenzó a disminuir gradualmente y prácticamente desapareció del material recolectado, de tal forma que el predominio de *D. indigenella* se hizo marcado en campos del ingenio Providencia (Figura 1-1).

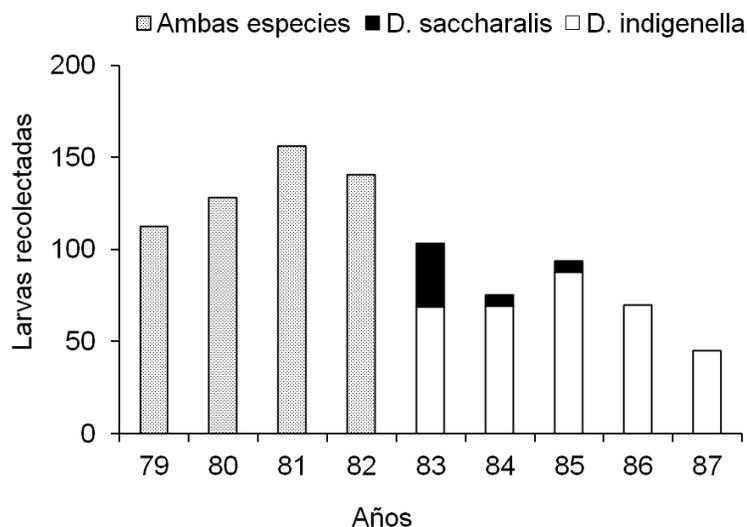


Figura 1-1 Composición de especies de larvas de *Diatraea* recolectadas en el ingenio Providencia entre 1979 y 1987.

D. indigenella es una especie que fue descrita por Dyar & Heinrich en 1927, proveniente de larvas recolectadas en Popayán. Según [Box \(1931\)](#) se sabía la existencia de esta especie en Torne y Guabinas (Cauca) y en el cañón del Tolima. En 1949, [Box \(1956\)](#) la encontró atacando caña, en Palmira, junto con una abundante población de *D. saccharalis*. También la encontró en el ingenio Meléndez, recolectada en el pasto *Paspalum* sp. que rodeaba lotes de caña. De acuerdo con Box (1956), *D. indigenella* es común en el Valle del Cauca, manifestó que también ha sido encontrada en el Chocó y concluyó que posiblemente se encuentra confinada a la porción occidental de Colombia. [Zenner et al. \(1965\)](#) la encontraron en una recolección hecha en los ingenios Riopaila y Bengala pero sin precisar en donde la hallaron. Sin embargo, declararon que, en relación con *D. saccharalis*, era escasa pues tan sólo encontraron un individuo en una muestra de 60 recolectados. Además de los departamentos ya mencionados, se le encontró en caña panelera cultivada en el municipio de Sandoná (Nariño) ([Cenicaña, 1993](#)).

En el año de 1983, se inició un estudio para determinar la distribución de las especies de *Diatraea* en el valle del río Cauca ([Trejos y Londoño, 1985](#)). Para esto se utilizaron trampas pegajosas para atrapar machos; unas emplearon como atrayente hembras vírgenes de *D. saccharalis* y otras, de *D. indigenella*. En la zona norte (Ingenio Riopaila), únicamente se capturaron machos de *D. saccharalis*, pero en las zonas centro (Ingenio Providencia) y sur (Ingenio Mayagüez), la captura indicó la presencia de ambas especies, pero predominando en ese momento *D. saccharalis*. Al hacer simultáneamente una recolección periódica de larvas en tres campos seleccionados en cada zona, durante un corte, se corroboró la ausencia de *D. indigenella* en el norte; en la zona centro, predominó ligeramente *D. indigenella* (57 % del total de larvas recolectadas) sobre *D. saccharalis* (42.3%). Casi 10 años más tarde, en 1992, *D. indigenella* seguía ausente en la zona norte; en las zonas centro y sur, el desplazamiento de *D. saccharalis* por *D. indigenella* fue aún más marcado: <1% y 14% de las larvas recolectadas respectivamente, correspondían a *D. saccharalis* ([Figura 1-2](#)) ([Cenicaña, 1992](#)).

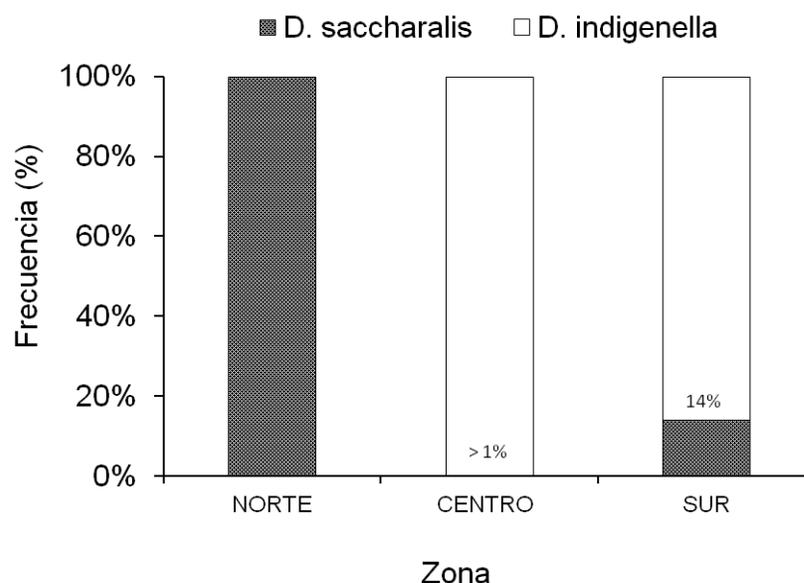


Figura 1-2 Distribución de especies de *Diatraea* en el valle del río Cauca en 1992.

En las haciendas La Gruta y San Fernando del ingenio Incauca se hizo un estudio acerca de la dinámica poblacional de *D. indigenella* a través de conteos de huevos, en lotes de caña comerciales, desde los dos meses de edad hasta la cosecha (Figura 1-3). Antes de los siete meses de edad, prácticamente no hubo recolección de huevos en los campos y sólo hasta esa edad comenzaron a aparecer. Luego, vino un período de incremento muy marcado en la cantidad de posturas y la población se estabilizó a los 11 meses (Gómez, 1990). Desafortunadamente, no existe un estudio tan detallado de la dinámica de población de *D. saccharalis* en campos en donde *D. indigenella* está ausente. Trejos y Londoño (1985) observaron en el ingenio Riopaila, en lotes poco infestados, típicos de este ingenio, una mayor recolección de larvas de *D. saccharalis* en la primera mitad de desarrollo del cultivo, que fue, además, muy escasa.

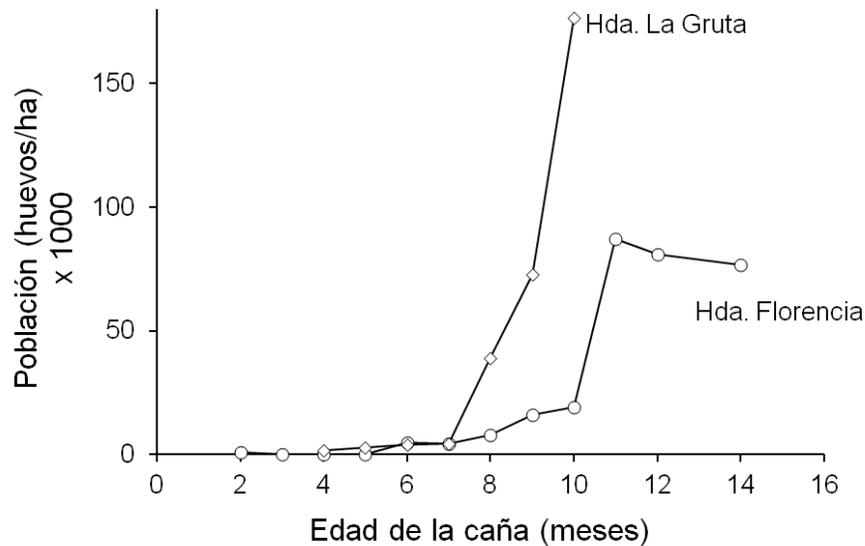


Figura 1-3 Población de huevos de *D. indigenella* en función de la edad de la caña en las haciendas La Gruta y Florencia de Incauca.

Dentro de los barrenadores que atacan a la caña de azúcar, existe una especie que actúa de una forma muy similar a como lo hacen las larvas jóvenes de *Diatraea* spp. Se trata de *Blastoblastis graminea* (Adamski) (Lepidóptera: Coleophoridae) ([Zenner et al., 1965](#)). Sin embargo, su identidad no fue muy clara, por cuánto los individuos recolectados fueron identificados por S.E. Flanders de la Universidad de California, como *Holcocera* sp.; es posible que el conocimiento taxonómico del grupo, en ese momento, no permitiera hacer mayor claridad y por lo tanto se pudo caer fácilmente en la situación de una identificación errónea. De acuerdo a un material recolectado por J. D. Raigosa en el ingenio Providencia, en 1972, se le ubicó inicialmente dentro de la familia Oecophoridae, pero más tarde la reubicaron en la familia Blastobasidae. Posteriormente, en 1983, [Cárdenas \(1984\)](#) envió a identificar material proveniente del ingenio del Cauca, que fue identificado por D. Adamski dentro del género *Valentinia*. En 1999, este mismo especialista describió formalmente su morfología externa y quedó nombrada definitivamente tal como se le conoce hoy: *B. graminea*. Fue reubicada dentro de la familia Coleophoridae, subfamilia: Blastobasinae. [Cárdenas \(1984\)](#) realizó una descripción de los individuos de *B. graminea* y del daño que causan sus larvas, bajo las condiciones del valle del río Cauca.

Larvas de este barrenador han sido halladas atacando caña en todo el valle del río Cauca. Además, ha sido encontrada en Sandoná (Nariño) sobre caña panelera ([Cenicaña, 1993](#)). Fuera de Colombia, ha sido registrada en Venezuela ([Guagliumi, 1962](#)) atacando caña de azúcar; allí mismo,

se han registrado incrementos puntuales, de 7.5% de los entrenudos barrenados en 1986 hasta 25.5% en 1990, en la zona de influencia de la Azucarera Río Turbio ([Ferrer y Proaño, 1990](#)). Su presencia ha sido confirmada en Costa Rica, y recientemente se le encontró en México (D. Adamski, comunicación personal¹). Bajo las condiciones del Valle del Cauca, se estableció que su fluctuación poblacional es muy semejante a la de *D. indigenella*, en el sentido de que es escasa en caña joven pero incrementa su abundancia en cañas de mayor edad ([Prieto y Muñoz, 1995](#)).

Más recientemente en el año 2012 se detectó a *Diatraea tabernella* atacando caña de azúcar en el valle del río Cauca y se determinó su amplia distribución en la zona norte, entre Viterbo (Caldas) y La Unión (Valle). Luego de haber visitado 43 haciendas y recolectado 449 larvas de los barrenadores, se encontró que *D. tabernella* era la especie predominante y de mayor distribución en los campos del ingenio Risaralda. El incremento de los niveles de daño en la zona ha motivado la realización de estudios acerca de la eficacia de los métodos de control utilizados tradicionalmente en el manejo de estas plagas ya que el parasitismo ejercido por las moscas taquínidas, particularmente *Lydella minense*, se encontró bajo ([Vargas et al., 2013](#)). A este respecto, se ha encontrado que la liberación del parasitoide de larvas *Cotesia flavipes* tiene potencial en el manejo de esta plaga ya que luego de una liberación se encontró parasitismo en el campo, por lo que se plantea la realización de estudios adicionales con este parasitoide. Con el objetivo de verificar el efecto de las prácticas de manejo de los barrenadores en contra de *D. tabernella* se realizaron liberaciones de enemigos naturales en sitios con alta infestación de *Diatraea tabernella* en la zona norte del valle del río Cauca. Se liberaron moscas taquínidas de las especies *Lydella minense* y *Billaea claripalpis*, parasitoides de larvas; y *Trichogramma exiguum*, parasitoide de huevos. Los datos preliminares indican que existe una mejor respuesta de las liberaciones de *Billaea claripalpis* en comparación con *Lydella minense* tanto en el incremento del parasitismo como en la representación porcentual del insecto luego de su liberación en el campo. En el caso de las liberaciones de *Trichogramma exiguum* se ha observado un incremento del porcentaje de parasitismo de los huevos de la plaga luego de las liberaciones, lo que sugiere que el uso de estas avispietas, junto con moscas de *B. claripalpis*, se pueden constituir en una alternativa adicional, que ayuden a diezmar las poblaciones de la plaga en las aéreas de mayor infestación del ingenio Risaralda y en otras áreas donde la plaga pueda estar colonizando en el valle del río Cauca.

¹ David Adamski, 2002. Taxónomo, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Morfología y biología de *Diatraea saccharalis*, *D. indigenella* y *D. tabernella*

Morfología

Uno de los primeros problemas que se presentaron relacionados con el manejo de las especies de *Diatraea* fue el de identificar correctamente a los individuos recolectados en el campo. Si bien el tamaño y la coloración de las larvas y los adultos son características que, en una forma muy aproximada, permiten distinguir a estas dos especies con un margen relativamente bajo de error, se requiere de características morfológicas más precisas y propias de cada estado que identifiquen a las dos especies, con un alto grado de precisión. A continuación, se presentarán, hasta donde es posible, las características que distinguen a las tres especies de barrenadores en sus diferentes estados de desarrollo.

Huevos. Las tres especies ponen sus huevos en forma imbricada (superpuestos en forma de teja o escama). Los huevos de *D. indigenella* son más grandes que los de *D. saccharalis*. El número de huevos por masa en ambos casos es variable pero, en promedio, una masa de *D. indigenella* (Media = 16.5) contiene menos huevos que una de *D. saccharalis* (Media = 30.0). En el caso de *D. tabernella* el tamaño de la postura puede ser muy variable y, en el campo, se pueden encontrar masas de tres huevos hasta algunas de 20 huevos. Al tercer día de haber sido puestos, los huevos de *D. saccharalis* muestran una coloración amarilla mientras que los de *D. indigenella* y *D. tabernella* son naranjas y vistos a través de un estereoscopio presentan unas manchas rojizas. Sin embargo las manchas de *D. indigenella* parecen putos dispersos sobre los huevos, mientras que en *D. tabernella* son manchas (Figura 1-4).

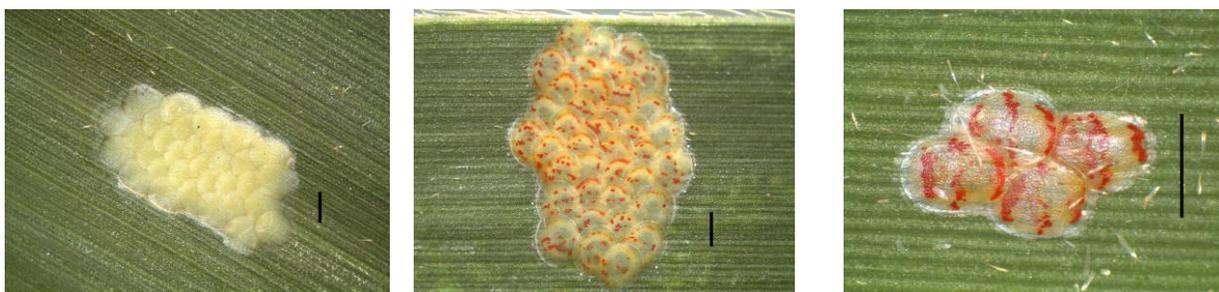


Figura 1-4 Huevos de *Diatraea saccharalis* (izquierda), *D. indigenella* (centro) y *D. tabernella* (derecha). La barra a la derecha de las posturas indican 0.4 mm (Fotos Luz A. Lastra).

Larvas. Hasta el momento no se ha detectado una característica morfológica que permita diagnosticar claramente a que especie pertenece una larva que se esté observando. Sin embargo, existe una serie de indicadores visuales que tomados en conjunto, permiten diferenciar a las especies con un grado aceptable de certeza, después de haber logrado alguna experiencia. En cuanto al tamaño, las larvas de *D. tabernella* son más grandes, de tal forma que al encontrar en el campo una larva de tamaño considerable, es muy posible que se trate de un ejemplar perteneciente a esta especie. Por otro lado, poseen la característica de que en su dorso muestran franjas transversales de color violeta, en tanto que en *D. indigenella* se observan franjas longitudinales a lo largo del dorso de color café oscuro. En cuanto a *D. saccharalis*, pueden existir franjas longitudinales, pero estas pueden tener un color variable, pero más claras que en las otras dos especies y predominando el violeta. (Figura 1-5).



Figura 1-5 Larvas de *Diatraea saccharalis* (izquierda), *D. indigenella* (centro) y *D. tabernella* (derecha) (Fotos Ulises Castro).

En términos generales, las placas setales de *D. saccharalis* están bien delimitadas por una coloración más oscura o por un contraste en el brillo del tegumento, y, por lo tanto, se distinguen claramente, a veces a simple vista. Las de *D. indigenella* no son tan distinguibles y aún vistas a través de un estereoscopio o una lupa, difícilmente pueden ser diferenciadas. En el caso de *D. tabernella* las placas setales están rodeadas por una franja transversal violeta.

Crisálidas. Este es el primer estado en donde se encuentran características morfológicas que permiten hacer una distinción clara entre las especies consideradas. La porción dorsal de la pupa de *D. indigenella* presenta sólo a partir del sexto segmento abdominal, un relieve característico, en tanto que *D. saccharalis* y *D. tabernella* las presenta en todo el dorso. Este relieve puede percibirse inclusive a través del tacto. Además de esta característica, la forma de las proyecciones con forma de cuernos cuernos cefálicos es otro elemento que sirve para distinguir a estas tres especies. En *D. indigenella*, el extremo del cuerno es redondeado, en *D. tabernella* es redondeado, pero menos largo que en *D. indigenella*; mientras que en *D. saccharalis* es puntiagudo (Figura 1-6).



Figura 1-6 Forma de los cuernos cefálicos en las pupas de *Diatraea saccharalis* (izquierda), *D. indigenella* (centro) y *D. tabernella* (derecha) (Fotos Luz A. Lastra). La barra a la derecha de las pupas indica 1 mm.

Adultos. A primera vista, los adultos de *D. tabernella* se caracterizan por ser de mayor tamaño, poseen una coloración más oscura (particularmente los machos). En *D. indigenella* la frente de los adultos se proyecta en corma cónica y aguda, mientras que en *D. saccharalis* y *D. tabernella* la frente no se proyecta en forma cónica (Figura 1-7). Los adultos de *D. saccharalis* muestran una posición de las alas en reposo convexa y los palpos labiales presentan una mayor densidad de setas que en *D. indigenella* y *D. tabernella*.



Figura 1-7 Vista frontal de la cabeza de *Diatraea saccharalis* (izquierda), *D. indigenella* (centro) y *D. tabernella* (derecha) (Fotos Luz A. Lastra).

Si bien las características mencionadas de las crisálidas y la frente de los adultos han mostrado ser características de diagnóstico para diferenciar estas especies, la genitalia del macho es la estructura que posee las mejores y más aceptadas para este fin. Para hacer el diagnóstico a través de la genitalia, hay que seguir un proceso de aclarado para ver e identificar las estructuras que la componen. La genitalia en los machos de *D. indigenella* es de mayor tamaño, el uncus tiene forma oval, la región interna del gnathos posee una hilera de espinas en la parte media, los lóbulos

del tegumen son pequeños y puntiagudos y el proceso sub-basal visto lateralmente tiene forma aguda. El uncus de *D. saccharalis* es de forma triangular, la región interna del gnathos está recubierta con espinas, el tegumen presenta lóbulos grandes y redondeados y el proceso sub-basal es redondeado. En *D. tabernella* los lóbulos del tegumen son grandes al estilo de *D. saccharalis*, pero son más largos que anchos (Figura 1-8).

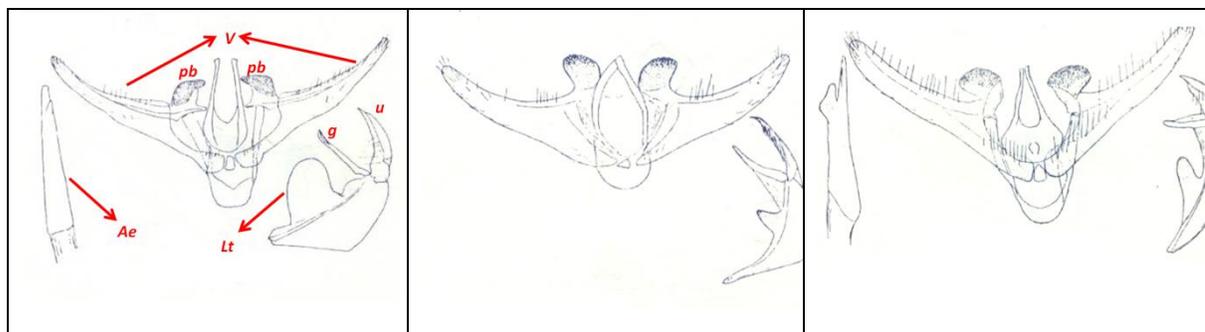


Figura 1-8 Genitalia del macho de *Diatraea saccharalis* (izquierda), *D. indigenella* (centro) y *D. tabernella* (derecha) (Lt: lóbulos del tegumen, Ae: Aedeago, V: valvas, pb: proceso basal, u: uncus, g: gnathos) (Adaptado de [Bleszynski, 1969](#)).

Biología

Pensando en el barrenador como plaga y, más específicamente, en establecer si existían características biológicas propias de cada especie que indujeran a pensar en diferentes estrategias de manejo según la especie predominante, se estudiaron los ciclos de vida tanto de *D. saccharalis* como de *D. indigenella*, utilizando diferentes tipos de alimento. Se tuvo en cuenta la caña de azúcar, el maíz tierno (choclo o grano lechoso) y una dieta artificial, considerando, en este último caso, la importancia de una cría masiva de los barrenadores para la producción de sus parasitoides. Es de señalar que la información presentada aquí corresponde fundamentalmente a las especies *D. saccharalis* y *D. indigenella* ya que el hallazgo de *D. tabernella* en el valle del río Cauca ocurrió desde finales del 2012 y los trabajos acerca de su bioecología están en desarrollo.

Bajo condiciones de cámara ambiental ($T^{\circ} = 30 \pm 2^{\circ} C$; HR= 80%) y alimentando las larvas con dieta o choclo tierno, se estableció que el desarrollo, desde huevo hasta crisálida, fue más largo para *D. indigenella* que para *D. saccharalis* (Figura 1-9). Eso podría explicarse por el número de instares requerido por las larvas antes de llegar al estado de pupa. La mayoría de las larvas de *D. indigenella* requirieron de seis o más instares, en tanto que en *D. saccharalis* el número más común fue entre cuatro y cinco, al alimentarse de choclo, y cinco o seis, con dieta artificial (Figura 1-10). Esta variación del número de instares puede estar más asociada con condiciones favorables o adversas, tal como lo anotan [Holloway et al. \(1928\)](#), quienes registraron hasta 14 instares en larvas

invernantes de *D. saccharalis*. La duración del adulto fue menor para la primera especie. El mayor tiempo requerido para el desarrollo larval de *D. indigenella* sugeriría que ésta es una especie más nociva que *D. saccharalis* como plaga de la caña de azúcar, por cuanto consumiría más alimento.

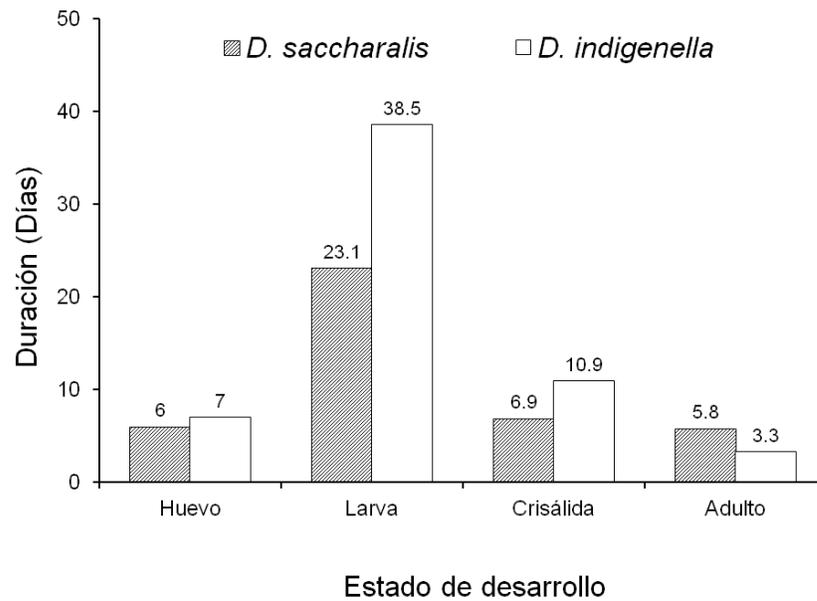


Figura 1-9 Duración de los estados de desarrollo de *D. saccharalis* y *D. indigenella*.

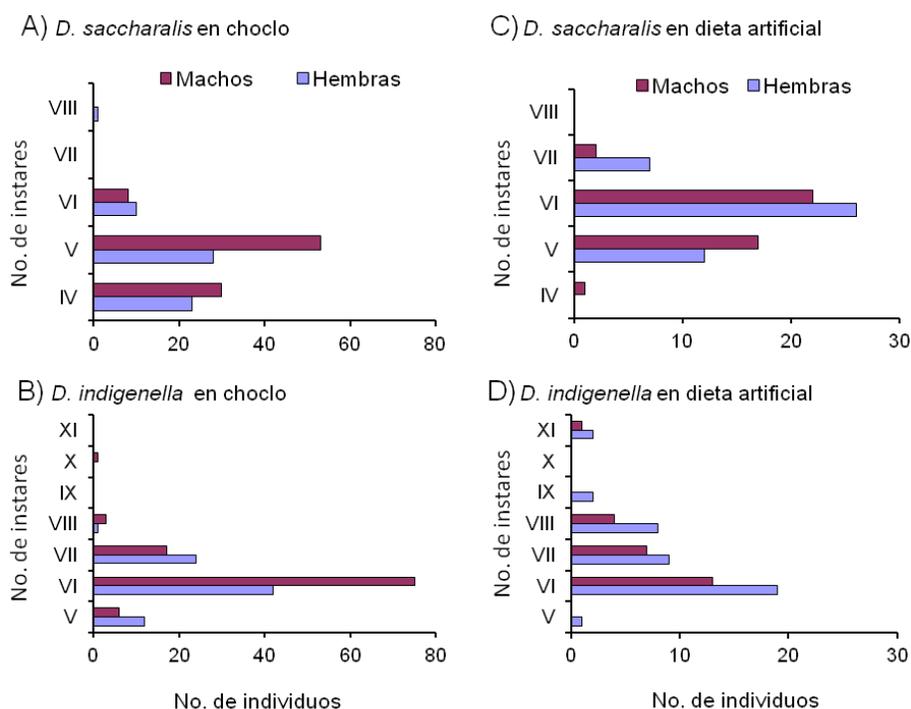


Figura 1-10 Número de instares requeridos para el desarrollo de *D. saccharalis* y *D. indigenella* en dos tipos de alimento. A) *D. saccharalis* en choclo (maíz tierno o grano lechoso), B) *D. indigenella* en choclo, C) *D. saccharalis* en dieta artificial y D) *D. indigenella* en dieta artificial.

La duración del desarrollo de *D. saccharalis*, desde eclosión de los huevos hasta emergencia de los adultos, fue 40% más corta que la de *D. indigenella* cuando fueron criados con alimentos diferentes a caña, pero esta diferencia fue tan sólo de 8% en caña de azúcar en condiciones de casa de malla ($T^{\circ} = 24^{\circ} \text{C}$ en promedio; HR= 80%) (Cuadro 1-1). En consecuencia, al pensar en la producción masiva de las larvas del barrenador, se descartó a la caña de azúcar como fuente de alimento y se hizo un análisis más detallado de los alimentos alternativos.

Cuadro 1-1 Cambios en la duración del desarrollo (días) según el tipo de alimento.

Alimento	<i>D. saccharalis</i>	<i>D. indigenella</i>	Diferencia (%)
Caña de azúcar	62.8 a ¹	68.2 a	8
Diferentes a caña de azúcar ²	29.4 b	48.8 b	40

¹ Promedios de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

² Maíz tierno (choclo o grano lechoso) y dieta artificial.

Para el caso del maíz se observó la menor duración del desarrollo, desde la eclosión de los huevos hasta la emergencia de los adultos, y tuvo un valor de 31.4 días. Este valor difirió significativamente del observado al emplear la dieta artificial y, con mayor razón, del logrado con caña de azúcar (Cuadro 1-2). Por otro lado, la sobrevivencia de individuos para *D. saccharalis* fue ligeramente mayor para la dieta artificial, pero ocurrió lo contrario con *D. indigenella* (Cuadro 1-3). Si bien el maíz posee características nutricionales que favorecen un rápido desarrollo de los estados inmaduros, presenta inconvenientes al utilizarlo como alimento en una cría masiva, debido a su susceptibilidad a la invasión de microorganismos, que puede influir en una alta mortalidad de las larvas criadas.

Cuadro 1-2 Efecto de tres substratos alimenticios sobre el tiempo de desarrollo y longevidad de los adultos de *Diatraea*.

Tipo de alimento	Duración larva-crisálida (días)	Longevidad del adulto (días)
Maíz tierno (choclo)	31.4 a ¹	5.2 a
Dieta artificial	39.9 b	5.1 a
Caña de azúcar	64.9 c	7.7 b

¹ Promedios de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Cuadro 1-3 Influencia de dos alimentos diferentes a caña de azúcar sobre el porcentaje de sobrevivencia de individuos de *D. saccharalis* y *D. indigenella*.

Tipo de alimento	<i>D. saccharalis</i> (%)	<i>D. indigenella</i> (%)
Dieta artificial	73.0	26.4
Maíz tierno	62.8	34.8

Vale la pena resaltar el hecho de que la recuperación de individuos de *D. indigenella* con cualquiera de los dos tipos de alimento fue menos de la mitad de la observada con *D. saccharalis*. Esto es definitivamente una desventaja de *D. indigenella* como especie para ser producida masivamente para la producción comercial de los parasitoides de estos barrenadores. Considerando que esta es la especie más ampliamente distribuida en el valle del río Cauca, se hicieron investigaciones adicionales para mejorar su producción a gran escala.

Comportamiento de los barrenadores

Teniendo en cuenta la presencia de diferentes especies de *Diatraea* en el valle del río Cauca y su interacción, se hizo un estudio del comportamiento de infestación de las dos especies reportadas hasta antes del 2012, *Diatraea saccharalis* y *D. indigenella*. Lo anterior se realizó en condiciones de invernadero, en plantas menores de 3 meses mantenidas en materas. Ensayos preliminares, realizados bajo condiciones de campo, habían mostrado muy baja recuperación de individuos, razón por la cual se condujo el estudio de esta forma ([Cenicaña, 1986](#)). Después de observar cuidadosamente la evolución de las larvas y de su daño, se concluyó que éste es muy semejante en ambas especies y no hay forma de caracterizarlo. De acuerdo con su forma y localización, se lograron establecer varias etapas en su evolución.

Las larvas más jóvenes comienzan por causar un raspado no uniforme de los tejidos externos, bien sea del tallo o de la hoja. Posteriormente, a medida que las larvas crecen, el daño causado se manifiesta en la elaboración de unas perforaciones más profundas que posiblemente equivalen a pruebas alimenticias. Al aceptar un tejido como alimento, pueden iniciar una galería en la yagua o vaina de las hojas, que se detecta por la acumulación de excrementos entre el tallo y la epidermis de la cara interna de la yagua. En la etapa siguiente, tratan de barrenar el tallo, ya bien sea en una porción recubierta por la yagua o bien en una completamente expuesta. Después de penetrar en el tallo, las larvas forman galerías que aumentan de longitud y terminan por matar la yema terminal del tallo y causan el síntoma comúnmente denominado "corazón muerto". Es de notar que bajo las condiciones del ensayo, para *D. saccharalis* y *D. indigenella* la recuperación fue aproximadamente del 10%, cuatro semanas después de la infestación, de 2% a la sexta semana y se mantuvo semejante hasta la décima.

Al considerar el estado de desarrollo de los individuos recuperados, se vio una amplia variación y una falta de uniformidad en el desarrollo, hasta el punto de que a partir de la octava semana después de la infestación, se hallaron individuos desde el tercer instar hasta crisálidas, en su mayoría de *D. saccharalis*, que tiene un ciclo de vida más corto ([Figura 1-11](#)). A las diez semanas después de la infestación, cuando finalizaron las observaciones, el 56% de las plantas infestadas con *D. indigenella* mostraban corazones muertos y 85% de las infestadas con *D. saccharalis* ([Cenicaña, 1993](#)).

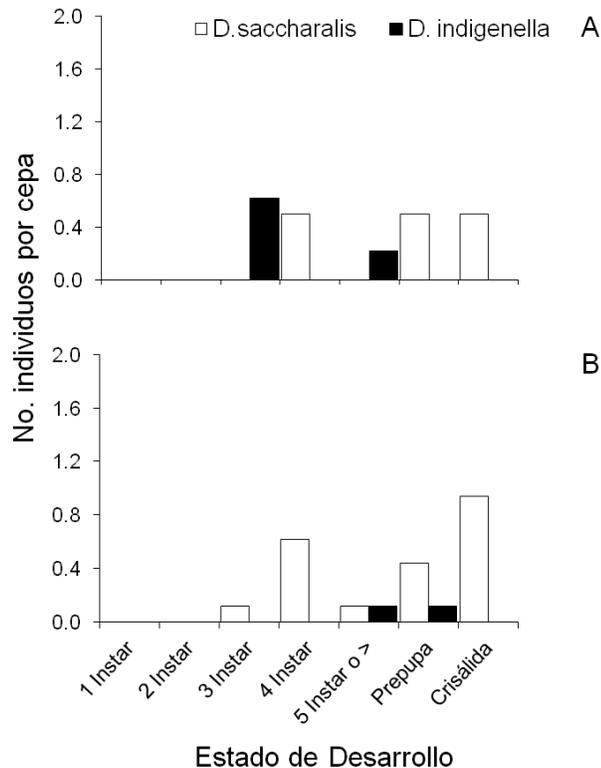


Figura 1-11 Recolección de estados de *D. saccharalis* y *D. indigenella* en cepas infestadas artificialmente. A) 8 semanas después de la infestación y B) 10 semanas después de la infestación.

Otra serie de ensayos que se realizaron, en relación con el comportamiento de infestación, fue el de la distribución de las larvas y de su daño. Para esto se infestaron artificialmente cepas de caña de diferentes edades de desarrollo, es decir, 3, 5, 7, 9 y 11 meses con siete larvas de *D. saccharalis* de tercer instar por cepa, y se rajaron las cañas hasta 10 semanas después de cada infestación, cada dos semanas, para hacer un seguimiento de la ubicación del daño a lo largo de la infestación (Cenicaña, 1987, 1988). La Figura 1-12 registra la ubicación del daño 10 semanas después de la infestación, en plantas infestadas a los 3 y los 11 meses de edad. No se incluyó la información de las infestaciones en edades intermedias puesto que mostraron tendencias semejantes. Las larvas mostraron la preferencia por penetrar en el tallo en los entrenudos más basales. Esto se notó en la primera lectura realizada a las dos semanas de infestadas y se ratificó, cada vez más acentuadamente, en los conteos quincenales subsiguientes. A las 10 semanas de haber infestado plantas de 3 y 11 meses de edad, el daño de *D. saccharalis* se concentró en los 10 primeros entrenudos. Desafortunadamente, no se realizó este tipo de investigación con *D. indigenella*, pero se puede considerar que podría mostrar la misma tendencia de acuerdo con la experiencia de campo en donde se ha observado una predominancia del daño en entrenudos

basales. Al respecto, en un ensayo sobre muestreo en la hacienda Chamorras del ingenio Riopaila-Castilla, planta Castilla, se registró que tanto en tallos primarios, secundarios, terciarios como en chulquines, los cinco primeros entrenudos son los que muestran el mayor grado de ataque. De un total de 907 tallos observados, el 87.2% mostraban daño en los 10 primeros entrenudos ([Cenicaña, 1985](#)).

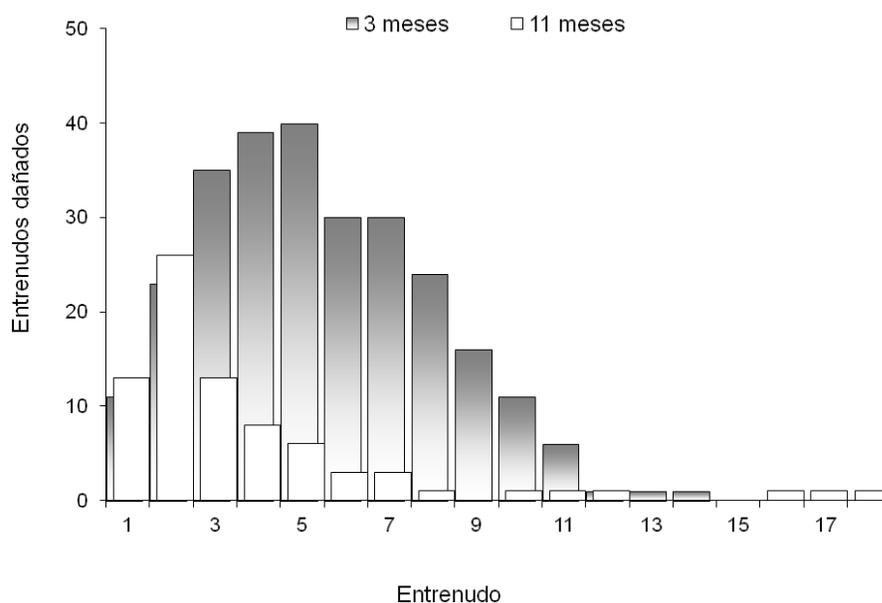


Figura 1-12 Ubicación del daño causado por *D. saccharalis* en cañas infestadas artificialmente a los 3 y los 11 meses de edad.

Para analizar la presencia de las especies en función del desarrollo del cultivo se hizo un seguimiento de las poblaciones de *D. indigenella* y *D. saccharalis* en el ingenio Pichichí, considerando que éste se encuentra en el límite de las zonas centro, donde predomina *D. indigenella*, y norte, donde predomina *D. saccharalis* ([Prieto y Muñoz, 1995](#)). Se estableció que esta última especie es más abundante en las primeras etapas de desarrollo de la caña, y a medida que el cultivo crece, se hace cada vez menos frecuente ([Figura 1-13](#)). Lo contrario ocurrió con *D. indigenella*, que comienza siendo escasa en las etapas jóvenes, pero se hace más abundante en edades cercanas a la madurez. Bajo estas condiciones, si bien ambas especies comparten el mismo espacio, no parecen compartir el mismo nicho y, por lo tanto, pareciera que tienden a excluirse. Tal como se había anotado anteriormente, *B. graminea* sigue un patrón de evolución poblacional semejante a *D. indigenella*. Vale la pena anotar que bajo altos niveles de infestación de *D.*

saccharalis el ataque puede darse en cañas próximas a cosecha, tal como se determinó en el brote que se presentó en la zona centro del valle del río Cauca en el año 2005 ([Obando, 2007](#)).

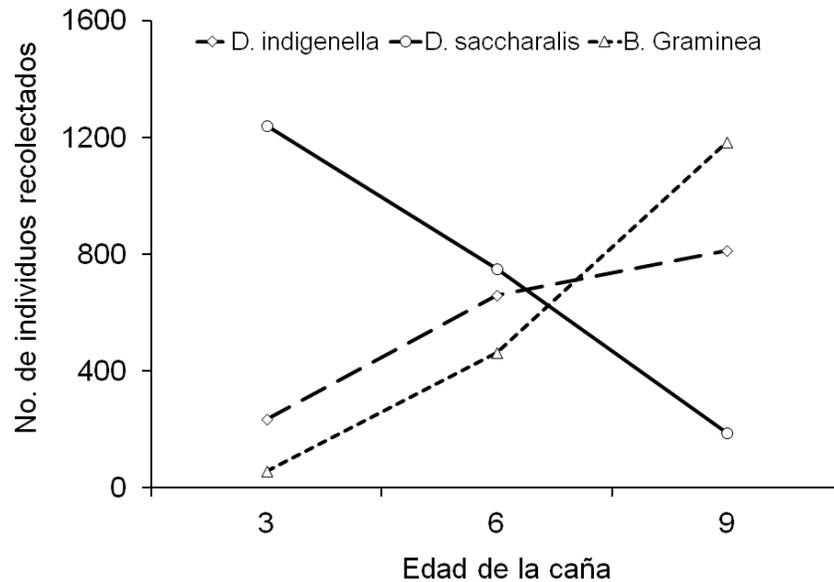


Figura 1-13 Cambios en la composición de especies de barrenadores en función de la edad de la caña en el ingenio Pichichí.

Estudios moleculares acerca de las especies de *Diatraea* en el valle del río Cauca

En el año 2008 Cenicaña realizó trabajos de caracterización morfológica y molecular de las especies de *Diatraea* con el fin de estudiar las posibles causas del brote causado por la plaga en el año 2005 ([Vargas et al. 2005](#); [Cadena, 2008](#)). Mediante la amplificación de una región del gen II de la citocromo oxidasa (COII) y posterior digestión con la enzima *Dra* I se pudo diferenciar a las siguientes especies: *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella*, *D. crambidoides* y *Blastobasis graminea* ([Figura 1-14](#)). Sin embargo, luego de haber examinado un total de 32 puntos de muestreo a lo largo del valle del río Cauca y contando con muestras de *D. busckella* del Cesar, y de *D. crambidoides* de Guatemala; en el valle del río Cauca sólo se detectó a *D. saccharalis* y *D. indigenella*, que además presentaban una homogeneidad genética dentro de sus respectivas poblaciones lo que sugirió que el brote causado por la plaga en el año 2005 no era debido al desarrollo de una raza o la intrusión de una nueva especie más agresiva, y obedecía mejor a factores relacionados con la oportuna realización de las labores de evaluación del daño y liberación de los enemigos naturales en la zona más atacada entre Cerrito y Palmira. Adicionalmente, los

hallazgos de [Cadena \(2008\)](#) hacen pensar que el brote causado por *D. tabernella* en la parte norte en el año 2012 obedece a la llegada de esta especie y su incremento poblacional luego del muestreo realizado en el 2008.

Es de anotar que en la actualidad existe un vacío en el reconocimiento de las especies de *Diatraea* presentes no sólo en el valle del río Cauca sino a nivel de Colombia, que se ve acentuado por las dificultades en el reconocimiento de las especies a nivel de larva, esto debido a las variaciones en coloración de las placas setales y tubérculos que se pueden dar entre individuos de la misma especie recolectados de campo. Lo anterior obliga a dedicar esfuerzos hacia el inventario de las especies de barrenadores presentes en el país no sólo a nivel de morfología, haciendo uso de la genitalia del macho, sino trabajando adicionalmente en la caracterización a nivel molecular. Conocer la distribución de las diferentes especies del género *Diatraea* en Colombia permitirá actualizar el conocimiento de las especies presentes en el país y tener a disposición una descripción que servirá de referencia para los proyectos presentes y futuros del cultivo de la caña en el país.

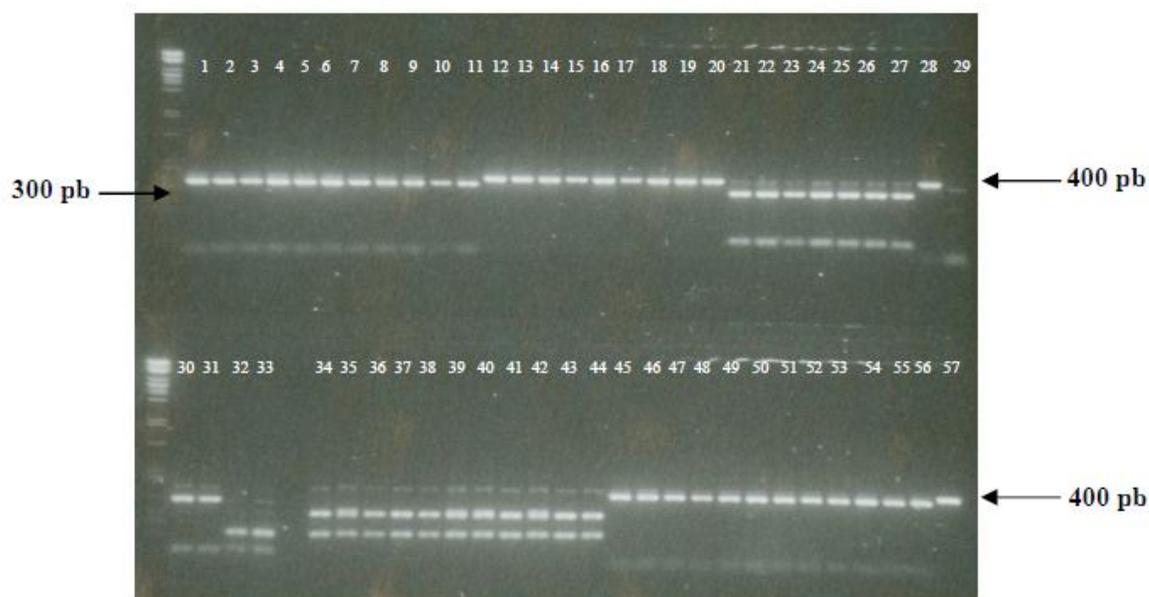


Figura 1-14 Digestión con *Dra* I de la amplificación generada por los iniciadores A-298 y B-Tyls, que amplifican un fragmento del gen de la Citocromo Oxidasa. 1-11: *Diatraea saccharalis*, 12-20: *D. busckella*, 21-26 y 30-31: *Blastobasis graminea*, 30-32: *D. crambidoides*, 34-44: *D. indigenella*, 45-56: *D. saccharalis*. Solo *D. saccharalis*, *D. indigenella* y *B. graminea* fueron encontradas en el valle del río Cauca (Tomado de [Cadena, 2008](#)).

Daño causado por *Diatraea*

Los barrenadores del genero *Diatraea* son insectos que pueden atacar la caña en todas sus etapas de desarrollo. Dependiendo de cuál es la etapa en que ataca, el daño y las pérdidas pueden manifestarse de diferente manera. A continuación, se hace una descripción del ataque de la plaga, la forma de diferenciarlo de otras especies de barrenadores y las implicaciones económicas.

Daño en la semilla

Altos niveles de daño en semilleros pueden ser la causa de reducciones en el tonelaje y, por ende, en la producción de azúcar de los lotes sembrados con la semilla atacada. Para determinar el efecto del daño de *Diatraea* en semilla vegetativa se utilizó un semillero de variedades mejicanas sembradas en la Hda. Tabanero del ingenio Pichichí, que mostraba una alta incidencia del barrenador ([Cenicaña, 1988 y 1989](#)). Se escogieron las variedades Mex 68-200, Mex 64-1487 y Mex 68-808, que presentaron niveles de daño cercanos al 30% de los entrenudos barrenados. Se cortaron trozos de semilla comercial, se descartaron aquellos que tuvieran daño directo en las yemas y se establecieron dos tratamientos: uno seleccionando semilla de apariencia sana y otro buscando semillas que tuvieran por lo menos dos entrenudos con huellas externas de barrenado.

Después de sembrar la semilla en parcelas correspondientes a cada una de las variedades bajo los dos tratamientos mencionados, se inició el registro de su desarrollo en el campo. La germinación de la semilla afectada se redujo como consecuencia directa del barrenado de los entrenudos. Aún cuando el porcentaje de germinación fue bajo para la semilla sana (46% en promedio), se detectó que solo el 23% de las yemas de la semilla dañada germinó, lo que equivale a una reducción del 50% en relación con la semilla sana.

Al considerar la población de tallos ([Figura 1-15](#)), se constató que si se comparan las parcelas sembradas con la semilla dañada con aquellas sembradas con semilla sana, la reducción de la población fue marcada al medirla 1.5 meses después de sembrada, y gradualmente disminuyó con el tiempo. Se detectó que hubo un efecto varietal por cuanto Mex 68-200 mostró ser la más susceptible, en tanto que al momento de la cosecha, la disminución de tallos de Mex 68-808 y Mex 64-1487 fue semejante e inferior a 5%.

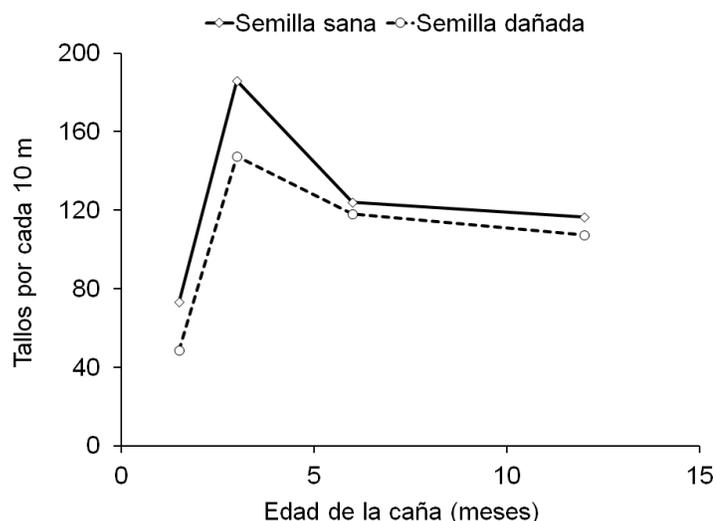


Figura 1-15 Efecto del daño de *Diatraea* sp. en la semilla vegetativa sobre la población de tallos a lo largo de un corte.

La determinación del tonelaje producido mostro la disminución de la población de tallos en las parcelas de semilla dañada, pues en las tres variedades el peso de estas fue inferior al de las sanas, siendo este más marcado en Mex 68-200. Sin embargo, el contenido de azúcar no se vio afectado como consecuencia del daño de las semillas por el barrenador. En consecuencia, se demostró el efecto deprimente que tiene el barrenado de las larvas de *Diatraea*, que tiene que ser mayor si se consideran las yemas dañadas por la plaga. Esto muestra la conveniencia de usar semilla sana para el establecimiento de los campos (Cuadro 1-4).

Cuadro 1-4 Efecto del daño causado por *Diatraea* spp. en semilla vegetativa, sobre algunas variables de producción.

Variedad	Entrenudos barrenados en cosecha (%)		Peso de la parcela (kg)		ARE ²	
	Sana	Dañada	Sana	Dañada	Sana	Dañada
Mex 68-200	5.2 Ba ¹	6.4 Aa	1858 Aa	1594 Ba	11.4 Aa	11.6 Aa
Mex 68-808	0.7 Bb	1.1 Ab	1787 Aa	1743 Ba	11.1 Aa	11.7 Aa
Mex 64-1487	0.6 Bb	1.1 Ab	1945 Aa	1784 Ba	12.8 Aa	12.5 Aa

¹ Promedios de una fila seguidos por la misma letra mayúscula no difieren significativamente ($p < 0.05$). Promedios de una columna seguidos por la misma letra minúscula no difieren significativamente ($p < 0.05$).

² Azúcar Recuperable Estimado (%).

En promedio, las pérdidas en el peso de la parcela debido al daño por *Diatraea* en la semilla fueron de 14.2, 2.5 y de 8.3% para las variedades Mex 68-200 Mex 68-808 y Mex 64-1487 respectivamente. Promediando las tres variedades, el impacto en la producción sería del 8.3%, lo que con una producción promedio de 120 ton/ha representaría una reducción en tonelaje de 9 ton/ha si se ha sembrado caña con daño por *Diatraea* entre 1 y 6% de entrenudos barrenados. Es de anotar que si se hubieran incluido semillas con daño en las yemas, las pérdidas causadas serían mayores.

Conviene mencionar que otra plaga que afecta la germinación son los picudos de la caña, *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus*. Las hembras de estos insectos ovipositan en la semilla vegetativa que se corta y, por algún motivo, queda expuesta en el campo por algún tiempo. En un ensayo realizado en el Ingenio Riopaila-Castilla, planta Castilla, se estableció que las yemas de las semillas atacadas germinan en forma aparentemente normal, pero el detrimento resultante de la alimentación de las larvas se notó en una evaluación realizada a los cuatro meses después de sembrada la semilla. La población de tallos de una parcela resultante de una semilla expuesta en el campo durante 7 días, disminuyó en un 30% en relación con una parcela sembrada con semilla sana. Sin embargo, tres meses más tarde, el macollamiento de las cepas fue tal que las diferencias desaparecieron y en el momento de la cosecha no se detectaron disminuciones ni en el tonelaje ni en la producción de azúcar ([Lastra y Gómez, 1984](#)) (**Cuadro 1-5**).

Cuadro 1-5 Población de tallos en 10 m de surco de las variedades POJ 28-78 y CP 57-603 a los 4 y 7 meses de haber sembrado semilla, que fue expuesta a las poblaciones naturales de *R. palmarum* y *M. hemipterus* entre 0 y 7 días.

Exposición de la semilla (días)	Variedad			
	CP 57-603		POJ 28-78	
	4 meses	7 meses	4 meses	7 meses
0	229.1 a ¹	125.2 a	211.9 a	156.8 a
1	213.2 ab	120.5 a	194.5 a	154.9 a
3	192.6 bc	121.5 a	188.5 a	154.8 a
5	187.1 bc	119.8 a	179.3 a	155.3 a
7	166.5 c	117.1 a	157.5 a	157.2 a

¹ Promedios de una columna seguidos por la misma letra mayúscula no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Es de anotar que semilla afectada por *Diatraea* muestre efectos que se manifiestan en la cosecha y no suceda lo mismo con los picudos. La explicación puede residir en el hecho de que la semilla infestada por *Diatraea* se siembra con un daño en buena parte realizado, mientras que la

afectada por los picudos va infestada por huevos y larvas muy jóvenes que causan un daño más tarde como consecuencia de su desarrollo cuando las yemas han brotado y comenzado a emitir raíces, lo que da posibilidad de un mejor establecimiento de las plantas y una posterior recuperación.

Efecto en la germinación de la caña

El ataque efectuado por barrenadores del tallo de la caña de azúcar sobre brotes hasta de tres meses de edad en los cuales no se han alcanzado a formar entrenudos, se manifiesta mediante el síntoma denominado "corazón muerto". Además de *Diatraea* spp. son varias las especies que pueden causar este tipo de daño. Generalmente dicho síntoma se asocia con la destrucción del meristemo apical y por consiguiente, con la muerte del brote cuyo síntoma se le denomina "corazón muerto".. Sin embargo, cuando se presenta un corazón muerto, la aparición del síntoma no siempre es indicadora de que el meristemo apical haya sido destruido. Revisiones periódicas llevadas a cabo sobre brotes con síntoma de "corazón muerto" permitieron establecer que el daño directo de la larva sobre el meristemo apical y genera la muerte del brote. Sin embargo, cuando el daño se da por encima del meristemo apical sin afectarlo, a pesar de que se da la aparición de la sintomatología característica, el meristemo continúa produciendo tejido sano superando la pudrición, y el brote tiene la posibilidad de recuperarse ([Pantoja, 1993](#)).

En algunos casos, el brote presentó síntomas de recuperación, pero al cabo de cierto tiempo terminó siendo destruido por efecto de microorganismos. Algunos brotes que alcanzaron a recuperarse, fueron también eliminados posteriormente por efecto de la competencia que le ofrecieron otros brotes con mayor desarrollo. La época de aparición de los "corazones muertos" hizo posible identificar el tipo de insecto que lo producía. El daño ocasionado por *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) se manifestó desde la emergencia de plántulas hasta 1.5 meses de edad aproximadamente. El daño ocasionado por *Diatraea* spp. sobre brotes de caña de azúcar, se observó principalmente a partir de 25-30 días de ocurrida la emergencia. El síntoma ocasionado por *Diatraea* spp fue más característico que el de *E. lignosellus* debido al marchitamiento de todo el conjunto de hojas nuevas adheridas aún al meristemo. En la mayoría de los casos el ataque se efectuó 5-10 centímetros por encima del meristemo apical. Sin embargo, su capacidad de daño y consumo produjeron inevitablemente la muerte del brote, pues aunque muchas veces no afectó directamente el meristemo apical, finalmente la invasión de los microorganismos progresó hacia esa zona. En algunos casos, cuando el meristemo apical no fue afectado, el brote trató de recuperarse y seguir creciendo, sin embargo, la cantidad de residuos en descomposición y el efecto de pudrición, impidieron que esto ocurriera. Cuando el daño se produjo directamente sobre el meristemo apical, el brote fue eliminado totalmente.

El hecho de que bajo cualquiera de las circunstancias anteriores, el resultado fuera siempre la destrucción del brote, pone de manifiesto la gran capacidad de daño de *Diatraea* spp. cuando ataca en estados tempranos de desarrollo. En "corazones muertos" ocasionados por *Diatraea* spp. fue posible encontrar la larva sin ningún inconveniente en la mayoría de los casos. En tallos afectados por *E. lignosellus*, fue difícil encontrar larvas, debido al hecho de que no presentan el hábito de permanecer dentro del brote después de alimentarse y para ubicarlas es necesario buscarlas en la tierra próxima al brote atacado.

Por otro lado, el efecto visual producido por larvas de *Rynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Dryophthoridae²) cuando ataca brotes de caña de azúcar fue aún más drástico y a diferencia de las dos especies anteriormente enunciadas, su ataque no permitió más alternativa que la muerte de los brotes. La larva de este insecto barrena totalmente la parte del brote ubicada por debajo del punto de crecimiento por lo que el marchitamiento alcanzó rápidamente todo el brote. El daño ocasionado por *R. palmarum* se observó a partir de 1.5 meses de ocurrida la emergencia.

El cuadro 1-6 muestra la incidencia de ataque de los barrenadores a medida que aumenta la edad del cultivo y permite reafirmar los conceptos enunciados respecto a sus hábitos de ataque, pues se observó cómo en edades muy tempranas de desarrollo, sólo se detectaron ataques de *E. lignosellus* y su presencia se manifestó afectando el meristemo apical en 50% de los brotes con "corazón muerto". Cuando los brotes presentaron un mayor desarrollo se empezaron a observar ataques de *Diatraea* spp. y *R. palmarum*. Su efecto fue más drástico sobre los brotes y el porcentaje de estos con el meristemo apical afectado se atribuye más a estas dos especies, que a *E. lignosellus*.

Cuadro 1-6 Evaluación del daño al meristemo apical en brotes con síntoma de "corazón muerto" producido por tres barrenadores del tallo.

Edad (meses)	Meristemo apical sano (n)	Meristemo apical afectado (n)		
		<i>E. lignosellus</i>	<i>Diatraea</i> spp.	<i>R. palmarum</i>
1.1	49	51	0	0
1.3	45	55	0	0
1.5	34	63	2	1
1.8	47	48	4	1
2.2	47	10	36	7

² Anteriormente Curculionidae

El **cuadro 1-7** resume la mortalidad a los tres meses de edad de brotes afectados como "corazones muertos" registrados desde los 0.5 meses y que fueron ocasionados por *E. lignosellus*. Esta información permite comprobar que no todos los brotes que presentaron este síntoma, necesariamente fueron eliminados y algunos lograron recuperarse y continuar su desarrollo.

Cuadro 1-7 Evaluación del porcentaje de mortalidad de brotes con síntoma de "corazón muerto" ocasionados por *E. lignosellus*.

No. de brotes afectados	No. de brotes eliminados	% acumulado de mortalidad
250	206	82.4
250	196	78.4
250	202	80.8
250	201	80.4
248	207	83.4

Cuando se evaluaron brotes con síntoma de "corazón muerto" ocasionados por *E. lignosellus* y *Diatraea spp.*, se incrementó el porcentaje de mortalidad, poniéndose de manifiesto la capacidad combinada de daño de ambas plagas cuando atacan brotes de caña de azúcar. En otra evaluación, de 811 brotes afectados como "corazones muertos", registrados hasta los tres meses de edad fueron eliminados 755, elevándose el porcentaje acumulado de mortalidad hasta 93.1%.

Al considerar el efecto de la disminución de la población de tallos resultantes de los corazones muertos, hay que tener en cuenta dos parámetros: la intensidad del ataque, expresada por el porcentaje de tallos con corazón muerto, y la duración del ataque, considerando que este síntoma ocurre en cañas que no han formado entrenudos, es decir, hasta la edad de tres meses. Teniendo en cuenta esto, se llevó a cabo un ensayo en el Ingenio Mayagüez (Hda. Venecia), destinado a determinar mediante daño inducido de corazón muerto, el efecto que estos tienen sobre la producción de azúcar ([Pantoja et al., 1994](#)). En este ensayo se consideraron dos duraciones de daño mantenido: 15 días y 30 días y dentro de cada duración se indujeron tres niveles de daño: 30%, 67 y 100% de tallos afectados; se incluyó también un testigo sin ningún daño.

Dos meses después del corte y 15 días después de finalizados los tratamientos de mayor duración, se iniciaron los conteos de población y rápidamente se notó un macollamiento de las cepas y un retraso en el crecimiento de los tallos. Este efecto se manifestó en forma muy marcada hasta los cuatro meses de edad del cultivo y a partir de este momento las diferencias comenzaron a disminuir. El peso de la caña en el momento de la cosecha se vio muy afectado únicamente en el tratamiento de mayor severidad de daño (intensidad y duración) (**Cuadro 1-8**). No se observaron

diferencias significativas en el rendimiento, pero se notó el mayor rendimiento en el testigo y el menor en el tratamiento de daño más drástico mantenido por 30 días. Al combinar estas dos variables, en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) se confirmó una menor recuperación de azúcar en este tratamiento de mayor duración e intensidad de daño. El efecto puede ser más notorio cuando el ataque persiste durante veranos prolongados, y la aplicación de un riego favorecería el macollamiento de la cepa. No se logró detectar un efecto significativo del daño sobre el contenido de azúcar (rendimiento) pero si se notó la tendencia de que éste disminuyera a medida que aumentó la severidad del daño.

Cuadro 1-8 Efecto de los corazones muertos sobre la producción de caña y azúcar.

Tratamiento	Peso de la parcela (ton)	Rendimiento (%)	TAH
Testigo	1.04 a ¹	12.7 a	14.7 a ²
33% - 15 días	1.09 a	12.3 a	15.0 a
67% - 15 días	1.01 a	12.4 a	13.8 a
100% - 15 días	1.03 a	12.2 a	13.9 a
33% - 30 días	1.11 a	12.1 a	14.8 a
67% - 30 días	1.12 a	11.9 a	14.8 a
100% - 30 días	0.84 b	11.2 a	10.4 b

¹ Promedios seguidos por letras iguales no difieren estadísticamente ($p = 0.05$).

² Promedios seguidos por letras iguales no difieren estadísticamente ($p = 0.10$).

Daño en los tallos por otros insectos

Además de *Diatraea*, existen otras especies de insecto que barrenan la caña de azúcar. En Colombia, se han registrado los picudos de la caña, el gusano tornillo, el barrenador menor y el cucarrón de invierno. A continuación, se hace una descripción del daño que causan estos barrenadores de tal forma de no confundirlos con el que causa *Diatraea*.

El gusano tornillo

También conocido como barrenador gigante, *Telchin (=Castnia) licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae) es una especie que en Colombia se encuentra únicamente en caña panelera, pero ha sido registrada como causante de pérdidas importantes en caña azucarera en Brasil y Panamá. Las larvas atacan las cepas y los tallos de la planta. Debido a su gran tamaño, son capaces de destruir gran parte del tejido interno de la cepa y de la porción basal de los tallos, dejando la porción atacada en gran parte hueca. Estas características permiten reconocer fácilmente su daño ([Gómez y Gaviria, 1984](#)).

Los picudos de la semilla

R. palmarum y *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Dryophthoridae) afectan la germinación y normalmente no atacan los tallos a menos de que hayan sido perforados por plagas primarias como *Diatraea*, o de que se hayan quebrado por causas mecánicas o por volcamiento. Cuando esto ocurre, las fermentaciones resultantes atraen a las hembras para su oviposición. El daño se identifica principalmente por la presencia de trozos de fibra dentro de las galerías formadas como resultado de la alimentación de sus larvas.

Cucarrón de invierno

Podishnus agenor (Oliver) (Coleoptera: Scarabeidae) es el único de los barrenadores cuyo adulto hace túneles en los tallos de la caña. Puede hacerlos en caña joven sin entrenudos, secando aquel tallo en donde los construye. El macho hace estas galerías para atraer a la hembra mediante una feromona emitida desde allí. La hembra pone sus huevos en el suelo donde se crían las larvas alimentándose de materia orgánica en descomposición mezclada con tierra. En campos menores de 4 meses, los tallos atacados mueren y son fácilmente reemplazados por macollamiento. En cañas mayores, los tallos mueren más lentamente, favoreciendo la emisión primero de lalas (brotes de la yema) y luego de chulquines (tallos jóvenes adicionales). Se han detectado en el Valle del Cauca niveles de ataque hasta de 17% de los tallos. Estas observaciones permiten pronosticar disminuciones en el tonelaje y en el rendimiento de los lotes afectados.

Barrenador menor de la caña

Blastobasis graminea (Adamski) (Lepidoptera: Blastobasidae) anteriormente estaba incluido dentro del género *Valentinia*. Si bien es una especie no muy relacionada con *Diatraea*, además de caracterizarse por su tamaño muy inferior, la experiencia ha mostrado que tienen hábitos muy semejantes y por lo tanto su daño es difícil de identificar.

En un practica de campo, realizado en el ingenio Providencia ([Cenicaña, 1995](#)), se seleccionaron 30 cañas tratando de incluir daños típicos tanto de *Diatraea* spp. como de *B. graminea* que fueron examinadas cuidadosamente por evaluadores de los diferentes ingenios. En esta evaluación se anotó la localización del daño y a que especie se le atribuía. Los resultados se encuentran incluidos en el [cuadro 1-9](#).

Cuadro 1-9 Evaluación del daño causado por *Diatraea* y *B. graminea* en 30 tallos seleccionados

Grupo	Entrenudos evaluados	% de entrenudos barrenados			Discrepancias ⁽¹⁾	
		<i>Diatraea</i>	<i>B. graminea</i>	Total	<i>Diatraea</i>	<i>B. graminea</i>
Cenicaña	480	23	3	26	34	0
Providencia		15.3 ⁽²⁾	13.8 ⁽²⁾	29.1	2	6
Incauca		12.4 ⁽²⁾	13.3 ⁽²⁾	24.7	0	5
Mayagüez	424	7.5	22.4	29.9	0	22
Risaralda						
Ríopaila	459	25.3	2.2	27.5	39	0
Cabaña						
Tumaco	444	11.5	13.8	25.3	0	7
Pichichí	427	13.1	14.6	27.7	3	6
Castilla	416	16.9	10.7	27.6	12	8
Manuelita	455	9.9	13.6	23.5	1	7
Oriente						

(1) Con respecto a la mayoría de los diagnósticos

(2) Calculadas a partir del promedio del total de nudos determinado con los datos de los otros ingenios

Si bien todos los grupos evaluaron los mismos tallos, desde la variable entrenudos evaluados se vio una gran variabilidad de los datos. Los evaluadores de Cenicaña fueron los que contaron el mayor número de entrenudos en tanto que los de Castilla fueron los que menos contaron; esta divergencia puede ser parcialmente explicada por el hecho de incluir o no, los entrenudos de los extremos, los cuales no siempre están completos.

A pesar de que la totalidad del daño causado por los barrenadores fue igual para todos los grupos evaluadores, se puede resaltar la gran discrepancia de los criterios para atribuirle el daño observado a las especies de barrenadores. Se vieron situaciones extremas de atribuirle a *Diatraea* 25.3% de los entrenudos dañados y 2.2% a *B. graminea* para el caso del grupo Risaralda-Ríopaila-Cabaña, en comparación con el ingenio Mayagüez quien le atribuyó a *Diatraea* 7.5% de los entrenudos barrenados y a *B. graminea* 22.4%. Al analizar las discrepancias (con respecto a la mayoría de los diagnósticos), se vio que el grupo Risaralda-Riopaila-Cabaña en primer lugar y Cenicaña en segundo, fueron los que más discreparon y en ambos casos por atribuírselos a *Diatraea*. Mayagüez fue quien ocupó el tercer lugar discrepando 22 veces atribuidas en su totalidad a *B. graminea*. En realidad, esta falta de uniformidad del criterio acerca de la caracterización del daño, está relacionada con la similitud en el ataque de estas dos especies de barrenadores.

Con el propósito de caracterizar el daño del barrenador menor y determinar si esta especie actúa como plaga secundario, se llevaron a cabo tres tipos de evaluaciones en condiciones de invernadero realizadas gracias al suministro de individuos por parte de Incauca, durante el tiempo que duraron estas evaluaciones.

La primera evaluación hizo uso de tallos acodados de la variedad V 71-51, con una edad que varió entre los 6 y 8 meses de edad. Después del período de enraizamiento de 20 a 30 días se trasplantaron a bolsas plásticas que se mantuvieron en un invernadero donde fueron infestadas con larvas del barrenador menor del tercer instar ([Cenicaña, 1994](#)). Usando esta metodología se comprobó que el proceso de infestación es muy semejante al de *Diatraea* descrito anteriormente, es decir, comenzar por causar un raspado o roedura de los tejidos externos, seguida por unas perforaciones de prueba, luego comienza a realizar galerías, ya bien sea en la yagua (galería superficial) o bien en el tallo (galería interna). Debido a la baja recuperación de individuos usando este procedimiento, se ensayó una infestación utilizando trozos de caña, sin yagua, que se mantuvieron dentro de porrones de vidrio. Al utilizar esta metodología, se anotó que a los 25 días después de la infestación, hubo una recuperación de 44 y 42% de las larvas del barrenador menor y de *D. indigenella* respectivamente. De la primera especie el 31% del material original había empupado, en tanto que en el caso de *D. indigenella*, ningún individuo había alcanzado el estado de crisálida. De acuerdo con esto, se notó que el ciclo del barrenador menor en relación con *D. indigenella* es más corto, lo cual fue comprobado por [Gutiérrez \(1996\)](#).

Bajo estas condiciones, el 25% de las yemas ofrecidas estaban dañadas por el barrenador menor y en el 14% se hallaron individuos. En el caso de *D. indigenella*, el 19% de las yemas ofrecidas se vieron afectadas y no se encontraron larvas dentro de estas. Si se considera la cantidad de daño interno, se registró que en cada trozo hubo alrededor de una galería de *B. graminea* en el nudo y no hubo en el entrenudo; de *Diatraea* hubo en promedio por trozo 1.4 galerías en el nudo y 0.4 en el entrenudo.

La tercera y última metodología fue la de emplear pedazos de tallo con 5 yemas. La yagua de las hojas se quitó previamente y en su reemplazo se colocó un cartucho de papel bond adherido al nudo con cinta adhesiva. Los trozos de tallo se colocaron dentro de tubos de PVC. Al emplear este tipo de variante, la recuperación de individuos a los 20 días de infestación mejoró: 55% para el barrenador menor y 70% para *Diatraea*. En el primer caso, 35% de los individuos se hallaban en estado de crisálida mientras que en el segundo ninguno y se comprueba nuevamente la corta duración del ciclo de *B. graminea*. Bajo las condiciones de esta metodología el número de yemas dañadas por *D. indigenella* fue mayor (35% de las yemas) que las del barrenador menor (25%); tampoco se hallaron larvas de la primera especie dentro de las yemas, pero si del barrenador menor. En cuanto al daño interno, en esta metodología se vio que larvas de *B. graminea* alcanzaron a barrenar al entrenudo aún cuando en una frecuencia menor que la de *D. indigenella*. Sin embargo, cabe anotar que es posible que el daño de *D. indigenella* tuviera la tendencia a aumentar en atención a que las larvas no habían llegado al estado de crisálida y seguían alimentándose.

Con estos tres ensayos realizados en condiciones de invernadero, se concluyó la parte correspondiente a caracterización del daño causado por *B. graminea* y como muestran los resultados, este barrenador tiende a concentrar su daño en el sitio del nudo con galerías irregulares y de corta longitud. También fue frecuente encontrar individuos perforando y dañando las yemas y al ser su estado larval de menor duración al de *Diatraea* se puede considerar que es muy poco el tiempo que permanece el barrenador menor haciendo daño en el interior del tallo. *Diatraea*, al madurar su estado larval, busca alimentarse en los tejidos del entrenudo, formando galerías más rectas, en forma de túnel circular y de mayor longitud.

No se halló una característica que identifique claramente el daño que causa cada una de las dos especies, y existen situaciones donde no se le puede atribuir el daño a una especie en particular.

Con base en la caracterización parcial del daño de *Diatraea* y *B. graminea*, se hizo un segundo ejercicio de evaluación en el que participaron nuevamente personal entrenado de los ingenios ([Cenicaña, 1996](#)). Para esta, se consiguieron en el campo cañas maduras lo más limpias posibles para infestarlas, bien fuera con *Diatraea* o bien con *B. graminea*. Aproximadamente 20 días después, se escogieron cañas que tuvieran daño característico de cada especie y casos especiales de daño atípico en los cuales no se le pudiera atribuir el daño una especie en particular. Se presentó un total de 30 daños, 18 causados por *D. saccharalis* (60%) y 12 por *B. Graminea* (40%). En la [figura 1-16](#) se presentan los errores en la evaluación en cada grupo, discriminando si el daño era causado por *Diatraea* y era atribuido a *B. graminea* o al contrario. Sólo los grupos 1 y 11 cometieron más errores en que se le atribuyó el daño a *Diatraea* cuando era lo contrario. El resto de grupos cometió más errores en los cuales se sobrestimó el daño por el barrenador menor. El grupo 7 se caracterizó por equivocarse sin sesgo. Es claro que exista la tendencia a sobreestimar el daño causado por *B. graminea* considerando que es lógico que se le atribuyan daños de poco tamaño causados por larvas pequeñas de *Diatraea*.

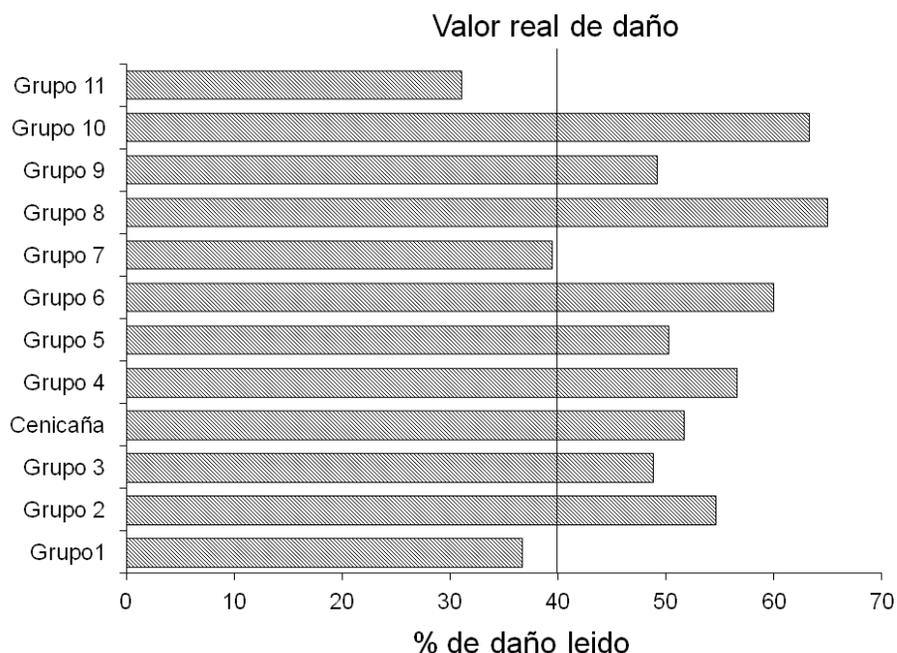


Figura 1-16 Valores de daño atribuidos a *B. graminea* por diferentes grupos de evaluadores de diferentes ingenios azucareros y por parte de Cenicafía. Valores por encima del 40% indican sobrestimación del daño y por debajo, subestimación del daño.

En conclusión, el grupo con mayor número de aciertos erró en el 27% de los casos y el de menor número de aciertos erró en el 45%. Los resultados de esta evaluación demostraron que hay dificultad en hacer una diferenciación clara entre el daño que causa cada una de estas dos especies, y que existe un sesgo que tiende a atribuirle a *B. graminea* algunos daños causados por larvas pequeñas de *Diatraea*. Sin embargo, se puede considerar que en general el daño por *B. graminea* se localiza alrededor de la yema en donde además de consumir el tejido de la misma puede penetrar algo en el entrenudo, mientras que el daño por *Diatraea* spp. no se localiza particularmente en la yema y se caracteriza por galerías rectas ya sea a lo largo o a través del tallo.

Capítulo 2

Pérdidas causadas por los barrenadores

Calidad de los jugos

A pesar de que existe un gran número de trabajos en el mundo cañero, en donde se evalúan las pérdidas causadas por *Diatraea* y en especial disminuciones en el rendimiento de azúcar, en Colombia, son pocos los trabajos hechos con éste propósito. Por un lado, [Naranjo y Camacho \(1965\)](#) midieron el porcentaje de entrenudos barrenados y calcularon el rendimiento de azúcar con base en mediciones polarimétricas para calcular el porcentaje del contenido de sacarosa en los jugos de la caña. Con estos datos establecieron que por cada unidad de porcentaje de entrenudos barrenados, el porcentaje de recuperación disminuye entre 0.024 y 0.11% de acuerdo con la variedad y al ingenio. Casi 20 años más tarde se hizo un nuevo estimativo usando una metodología semejante a la que emplearon Naranjo y Camacho y encontró en promedio una reducción del porcentaje de sacarosa de 0.04% por cada unidad de porcentaje de entrenudos barrenados que se incrementa ([Escobar y Raigosa, 1982](#); [Raigosa, 1981](#)).

En 1984, Cenicaña inició una nueva serie de ensayos con el mismo fin, utilizando variedades comerciales en una primera aproximación y empleando el método de Clerget para estimar el contenido de azúcar. No se detectaron diferencias entre tallos altamente infestados (35% de los entrenudos barrenadores) y tallos completamente sanos ([Cenicaña, 1985](#)). Se notó de todas formas que las cañas con un valor alto del porcentaje de entrenudos barrenados, eran menos pesadas y tenían menor número de entrenudos que las cañas sanas.

En 1985, al medir Pol % caña (contenido aparente de sacarosa), en forma individual, en 10 tallos sanos y 10 tallos afectados de la variedad CP 57-603, se detectaron diferencias, pero al ampliar el número de variedades Mex 52-29, ICA 69-11, MZC 74-275, PR 61-632 y CP 57-603 y utilizando datos individuales de 20 tallos/variedad, se encontraron coeficientes de correlación entre el porcentaje de entrenudos barrenadores y Pol % caña de -0.3608 , $+0.3663$, -0.1233 , -0.1647 y -0.3958 , que no expresaron ninguna asociación entre las variables. Este análisis se repitió con Mex 52-29, utilizando una muestra de 180 tallos a los que se les midió el porcentaje de entrenudos barrenados y rendimiento individualmente. La ecuación hallada para rendimiento fue la siguiente: $Rendimiento = 12.4 - 0.0362 (\% \text{ de entrenudos barrenados})$ con un coeficiente de determinación de 0.0595. Se hizo un análisis de la variabilidad de dicho parámetro, se muestrearon 180 tallos agrupados aleatoriamente en muestras de 1, 2, 5, 10 12 tallos y se llegó a la conclusión de que no se reduce el coeficiente de variación al aumentar el tamaño de la muestra y que para estimar el

valor de Pol % caña, no se requiere un número alto de tallos y que la variación del contenido de azúcar entre tallos no es un factor que contribuya a la variación observada cuando se relaciona este factor con el porcentaje de entrenudos barrenados por *Diatraea* (Cenicaña, 1985).

En 2009, se utilizó a la variedad CC 93-3826 para comparar el porcentaje de sacarosa obtenido de tallos sanos en comparación con tallos con niveles de 40% de entrenudos barrenados y algunos con hasta el 80% de daño. La ecuación hallada para rendimiento fue la siguiente: $Rendimiento = 14.4 - 0.04 (\% \text{ de entrenudos barrenados})$ con un coeficiente de determinación de 0.61. Este es uno de los pocos casos en donde ha sido posible detectar efecto del daño por *Diatraea* en la calidad de los jugos en el caso de las condiciones en el valle del río Cauca. De acuerdo con esta información cada unidad porcentual de daño produce una reducción de 0.264% en sacarosa% caña. Con una producción promedio de 13.2 ton de azúcar/ha (120 ton/ha y 11% de obtención de azúcar) se perderían 35 kg azúcar/ha por cada unidad porcentual (Gómez et al. 2009) (Figura 2-1).

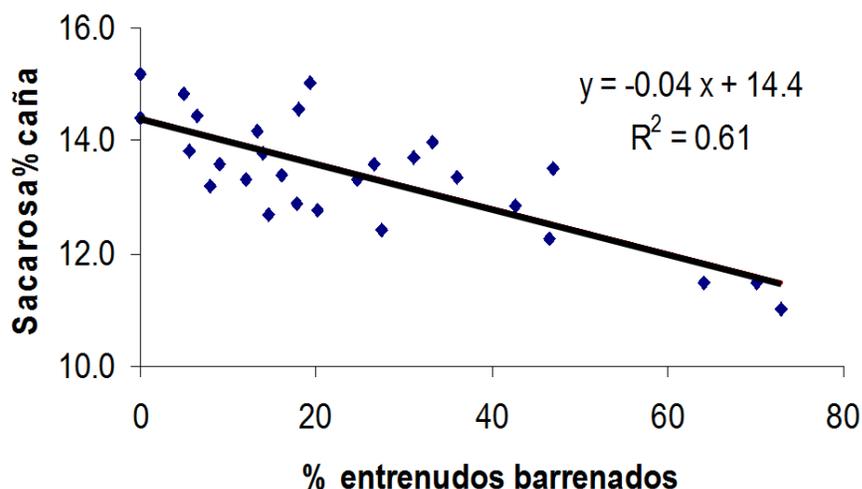


Figura 2-1 Efecto de daño (% entrenudos barrenados) causado por *Diatraea* spp. en el contenido de sacarosa (sacarosa% caña). Tomado de Gómez et al., (2009).

Peso de la caña

En 1987, se iniciaron una serie de experimentos basados en infestar artificialmente parcelas de caña. En un primer ensayo, se sembraron seis parcelas con CP 57-603, de las cuales tres fueron infestadas semanalmente durante todo el cultivo con huevos de *D. saccharalis* y tres fueron

protegidas químicamente, desde la germinación hasta la cosecha. En el momento de la cosecha, se notó una diferencia marcada en el porcentaje de entrenudos barrenados, entre los dos tratamientos. Sin embargo, no se reflejó esta diferencia en el rendimiento (Gómez, 1990). Se notó que los tallos protegidos pesaron más que los infestados, pero la diferencia no fue significativa. Por otro lado, la población de tallos en 5 m y su correspondiente peso reflejó el efecto del daño y los valores para ambos parámetros fue mayor en las parcelas protegidas (Cuadro 2-1).

Cuadro 2-1 Efecto del daño de *D. saccharalis* sobre algunos parámetros de producción en la variedad CP 57-603 (plantilla y cosecha a los 12 meses de edad).

Tratamiento	Entrenudos barrenados (%)	Rendimiento (%)	Peso de un tallo (g)	Población de tallos / surco de 5 m	Peso(kg) / surco de 5 m
Control (protección química)	1.1 b ¹	11.9 a	1755 a	93 a	238 a
Parcelas infestadas	21.7 a	11.5 a	1694 a	88 b	202 b

¹ Promedios en la misma columna seguidos por letras iguales no difieren estadísticamente ($p = 0.05$).

Se llevaron a cabo otros dos ensayos consistentes en infestar artificialmente durante diferentes épocas las parcelas, esta vez de CP 72-356. Los períodos en que no hubo infestación la caña se protegió con insecticida. Para cada época de infestación se estableció un tratamiento recíproco complementario, que consistió en infestar durante los períodos correspondientes a control y aplicar insecticida en los períodos de infestación del tratamiento de base. Por ejemplo, si en un tratamiento se aplicó insecticida de 0 a 3 meses y se infestó de 4 a 12 meses, entonces el tratamiento recíproco complementario consistió en infestar de 0 a 3 meses y aplicar insecticida de 4 a 12 meses. En estos dos experimentos, hubo nuevamente diferencias en los niveles de daño, que parecieron estar más asociados con la duración de la infestación que con la época de infestación (Cuadro 2-2). De acuerdo con los resultados obtenidos no se puede afirmar que haya períodos del desarrollo de la caña más susceptibles al ataque del barrenador.

Cuadro 2-2 Efecto de infestaciones artificiales de *D. saccharalis* en varias épocas del desarrollo de la caña (Var. CP 72-356) sobre algunas variables de producción de azúcar

Período de infestación (meses)	Entrenudos barrenados (%)		Peso (kg) /surco de 5 m		Rendimiento (%)	
	2 ^{do} ensayo	3 ^{er} ensayo	2 ^{do} ensayo	3 ^{er} ensayo	2 ^{do} ensayo	3 ^{er} ensayo
0-3	6.4	2.9	273.5 a ¹	305.6ab	11.7 a	9.5 b
3-12	13.2	16.7	237.5 a	315.0ab	11.6 a	9.6 b
0-6	7.7	11.0	259.5 a	318.6ab	11.5 a	11.0 a
6-12	10.9	3.8	268.5 a	323.3 a	12.0 a	10.3 ab
0-9	15.0	14.3	259.5 a	290.0 bc	11.3 a	10.1 ab
9-12	7.1	1.9	281.0 a	337.3 a	11.2 a	9.5 b
0-12	13.8	14.6	232.5 a	269.2 c	11.4 a	10.8 ab
0	5.7	1.1	265.5 a	327.2 a	11.4 a	9.6 b

¹ Promedios en la misma columna seguidos por letras iguales no difieren estadísticamente ($p = 0.05$).

En el segundo ensayo, no hubo diferencias significativas en el peso de las cepas pero si se manifestó una tendencia a que estas redujeran su peso al aumentar el daño. En el tercer ensayo si hubo diferencias significativas en el peso por surco de 5 m que reflejaron el efecto del incremento del daño. Al considerar el rendimiento, en el segundo ensayo no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. En el tercer ensayo las hubo entre los tratamientos pero no pudieron asociarse al incremento del daño por *Diatraea*. Utilizando los datos de cada parcela, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal (Figura 2-2) para cada uno de los ensayos y se encontraron las tres relaciones siguientes:

$$\text{Peso 5 m de surco} = 238.4 - 1.6 (\% \text{ de entrenudos barrenados}) \quad (r = 0.431, p = 0.01)$$

$$\text{Peso 5 m de surco} = 290.5 - 3.0 (\% \text{ de entrenudos barrenados}) \quad (r = 0.648, p = 0.06)$$

$$\text{Peso 5 m de surco} = 323.6 - 1.5 (\% \text{ de entrenudos barrenados}) \quad (r = 0.240, p = 0.02)$$

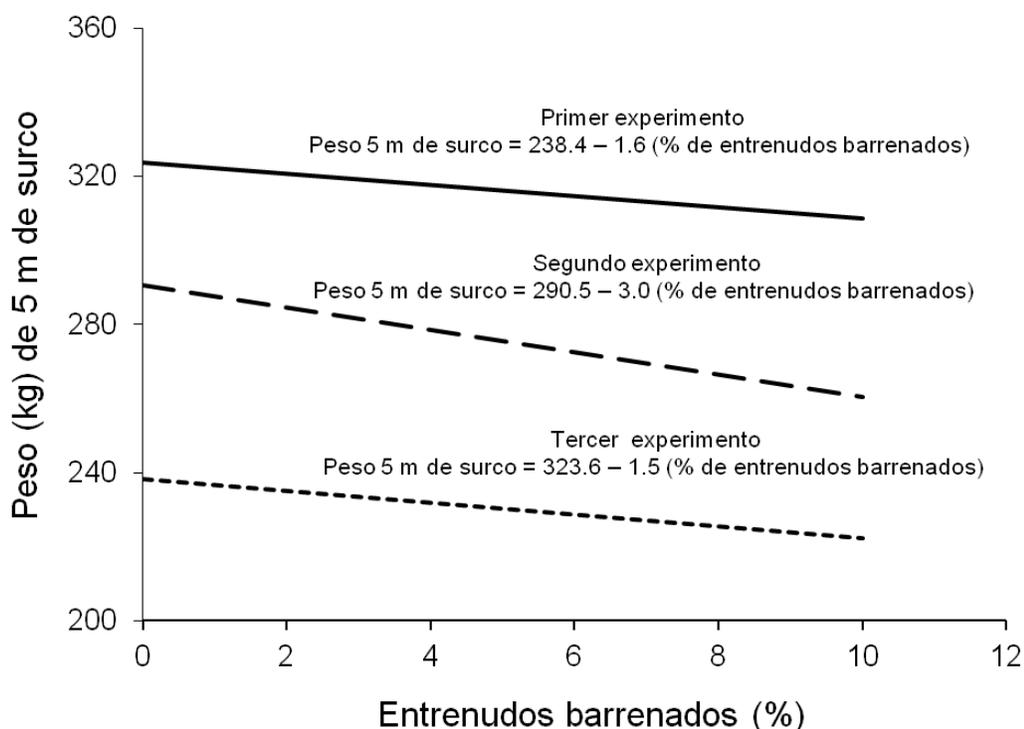


Figura 2-2 Efecto del porcentaje de entrenudos barrenados por *D. saccharalis* sobre el peso de parcelas de 5 metros de surco de CP 72-356.

Para obviar el efecto experimental y del tamaño de la parcela, se calculó la disminución del peso en términos porcentuales y se estudió de esta forma la disminución del tonelaje, que fue de 0.67% para el primer caso, 1,03% para el segundo y 0.46% para el tercero. Asumiendo el promedio de estos tres valores como 0.72, representativo de las pérdidas causadas por *Diatraea*, y una producción promedio para el Valle del Cauca de 120 ton/ha, se perderán por cada unidad de daño 0.864 ton de caña, y si se acepta un rendimiento promedio de 11%, las pérdidas de azúcar serán de 95 kg.

En el año se 2003, se planificó la experimentación con el propósito de actualizar el estimativo de las pérdidas que ocasiona esta plaga. Para esto, se conto con la colaboración del ingenio Mayagüez en la siembra de tres variedades de caña: CC 85-92 (resistente), CC 84-75 (intermedia) y MZC 84-04 (susceptible). Mediante aplicaciones periódicas de insecticida, se indujeron diferentes niveles de daño, que fueron contrastantes de acuerdo con el nivel de resistencia propuesto. En un segundo ensayo sembrado en la estación experimental de Cenicaña se infestaron artificialmente tallos de las variedades CC 85-92 (resistente) y CC 93-3826 (susceptible) con larvas del barrenador. En el momento de la cosecha, se determinó el tonelaje y el contenido de sacarosa en el

primer ensayo y, para el segundo, varias variables relacionadas con la acumulación de azúcar. La disminución en el tonelaje fue de 0.826% del tonelaje cosechado. Comercialmente, se puede esperar una pérdida de 109 kg de azúcar por cada unidad porcentual de daño debido al efecto de la plaga en el potencial de producción de biomasa en el campo. Si se considera que el efecto de la plaga en el campo es una pérdida independiente de la calidad de la materia prima que llega a la fábrica, se puede decir que el daño ocurrido en campo y aquel ocurrido en fábrica son aditivos. Sumando el efecto de daño en el peso de la caña y de la acumulación de sacarosa se puede esperar una pérdida de 143 kg de azúcar por cada unidad de porcentaje de entrenudos barrenados, de los cuales 109 kg se deben a la reducción del tonelaje y 34 kg, a la disminución del contenido de azúcar ([Gómez et al., 2009](#)).

Capítulo 3

Muestreo de los barrenadores

Si se considera que el manejo integral del *Diatraea* y de los otros barrenadores es el enfoque más adecuado para lograr el uso más racional de los recursos con el menor impacto ambiental posible, entonces se hace evidente que el sistema de muestreo es una herramienta indispensable para este fin. Sin embargo, además de reconocer su importancia, es necesario implementar una metodología de muestreo basada en la biología del insecto. Fuera de esto, el sistema de muestreo debe ser confiable al proporcionar información veraz y a su vez, debe ser lo suficientemente práctico para que pueda ser empleado bajo unos costos racionales.

El muestreo del barrenador a través de su daño fue una práctica que causó mucha controversia. En Colombia, el enfoque predominante ha sido el de determinar el porcentaje de entrenudos barrenados, también llamado Intensidad de Infestación (I.I.), bien sea en algún momento del desarrollo vegetativo del cultivo, o bien en el momento de la cosecha. En el primer caso, cuando la caña está en pie, se hace énfasis en la posibilidad de tomar medidas de control correctivas, mientras que en el segundo, se busca aumentar la precisión del muestreo, al facilitarse la toma de una muestra más grande en el momento de la cosecha. Además, este método asume que el estado de daño por *Diatraea* en el lote cosechado, refleja la situación de la zona (finca).

A pesar de la controversia que se mantuvo por la diferencia de conceptos de estos métodos, dos hechos pueden anotarse: en primer lugar, ambos sistemas han sido igualmente efectivos y en los ingenios líderes en donde se han utilizado, los resultados han sido satisfactorios y la plaga ha sido mantenida por debajo del 5% de los entrenudos perforados. El éxito logrado puede deberse simultáneamente a tres factores: 1) A la forma ordenada y constante en que se han evaluado los campos y liberado los parasitoides, 2) Al uso de seres vivos como el elemento de control de la plaga y 3) Al carácter cuasi-permanente de la caña como cultivo. Desde el punto de vista biológico, vale la pena resaltar el efecto de algunas de las características propias de los seres vivos usados como elementos de control, es decir, la capacidad del parasitoide para buscar y localizar a su hospedero (*Diatraea*) y de perpetuar su efecto mediante su propia progenie, por un tiempo prolongado dependiente de las condiciones ambientales locales determinadas en gran parte por la caña de azúcar.

En segundo lugar, ambos sistemas de evaluación están igualmente afectados por los problemas inherentes a la determinación del parámetro de porcentaje entrenudos barrenados, y entre éstos sobresale el hecho de este es una medida que consume tiempo, teniendo en cuenta el

trabajo involucrado en recorrer el campo, en contar el número de entrenudos y en localizar el daño en las cañas a través de los orificios de entrada o de salida de las larvas del barrenador o, más comúnmente, rajándolas. La situación se vuelve más complicada cuando el muestreo se hace en caña en pie.

Con estas observaciones, el área de Entomología inició una serie de trabajos encaminados a unificar la metodología de muestreo y en hacer más eficiente el uso de recursos en el manejo integral del barrenador.

Conteo de los tallos y los entrenudos

Los primeros trabajos desarrollados sobre este aspecto estuvieron relacionados con los cambios a través del tiempo y del espacio, del daño causado por el barrenador, al igual que al análisis de algunas características estadísticas propias de la medición del daño. En 1983, a partir de la información del daño causado por *Diatraea* en un lote del Ingenio Central Tumaco (hacienda Cantarrana), se estableció que: 1) El daño tiende a aumentar desde que se iniciaron las evaluaciones a los 6 meses hasta la última realizada a los 11 meses; 2) El coeficiente de variación $[(s/X) \times 100]$ tiende a disminuir a medida que se desarrolla el cultivo, como resultado de un ataque inicial localizado que tiende a uniformizarse con el tiempo; y 3) En todos los muestreos, el valor del daño derivado de muestrear 1cepa / 4 ha, fue superior al obtenido a partir de tallos tomados aisladamente (**Cuadro 3-1**) ([Cenicafña, 1983](#)).

Cuadro 3-1 Valores de intensidad de infestación calculados a partir de 320 tallos, de los tallos de una cepa / 4 ha y de 20 tallos / ha en la hacienda Cantarrana del ingenio Central Tumaco.

Edad (Meses)	Tallos al azar		Cepa / 4 ha			20 Tallos / ha		
	I.I. (%)	Coef.de variación (%)	I.I. n	Coef. de variación %	Coef. de variación (%)	I.I. n	Coef. de variación %	Coef. de variación (%)
5	4.15	193.5	-	-	-	-	-	-
6	4.56	193.0	-	-	-	-	-	-
7	4.92	170.5	10	6.92	139.9	-	-	-
8	4.37	150.1	8	5.76	126.6	-	-	-
9	4.90	162.4	7	7.23	127.1	-	-	-
10	4.91	131.0	8	6.78	95.4	-	-	-
11	6.19	107.7	8	8.17	85.6	80	6.56	87.5

Estas observaciones fueron analizadas más detalladamente en una serie de evaluaciones realizadas en un lote de la hacienda Chamorras del Ingenio Central Castilla (Suerte 34), con un área de 5 ha, que fue dividida uniformemente en 157 parcelas de 330 m² (Cenicaña, 1984), y de las cuales se tomó una muestra mensual de 10 tallos / parcela, desde los 6 meses de edad hasta los 14 meses de edad, cuando ocurrió la cosecha, para calcular dos variables:

Porcentaje de entrenudos barrenados (I.I.) = (Entrenudos barrenados/ Total entrenudos) x 100

Porcentaje de infestación (I) = (Tallos barrenados/Tallos totales) x 100

De nuevo, se vieron niveles de daño bajos a los 6 meses de edad del cultivo, se incrementaron marcadamente a los 7 meses y fueron máximos en el momento de la cosecha (Figura 3-1). Inversamente, el coeficiente de variación de los promedios de daño disminuyó paulatinamente con el tiempo reflejando la tendencia a que el daño pase de ser localizado en parches a ser uniforme en el lote. Una consecuencia directa de esto es el hecho de que para obtener estimativos del daño con un nivel de confianza de 95%, dentro de un intervalo comprendido entre +/- 20% del valor del promedio, el número de tallos requeridos disminuye a medida que se reduce la variación. Esto es cierto tanto para el daño expresado como el porcentaje de entrenudos barrenados o bien como el porcentaje de tallos atacados. Visto de otra forma, para obtener estimadores de daño confiables con un número fijo de tallos a muestrear, entre más tarde se haga la estimación más confiable será.

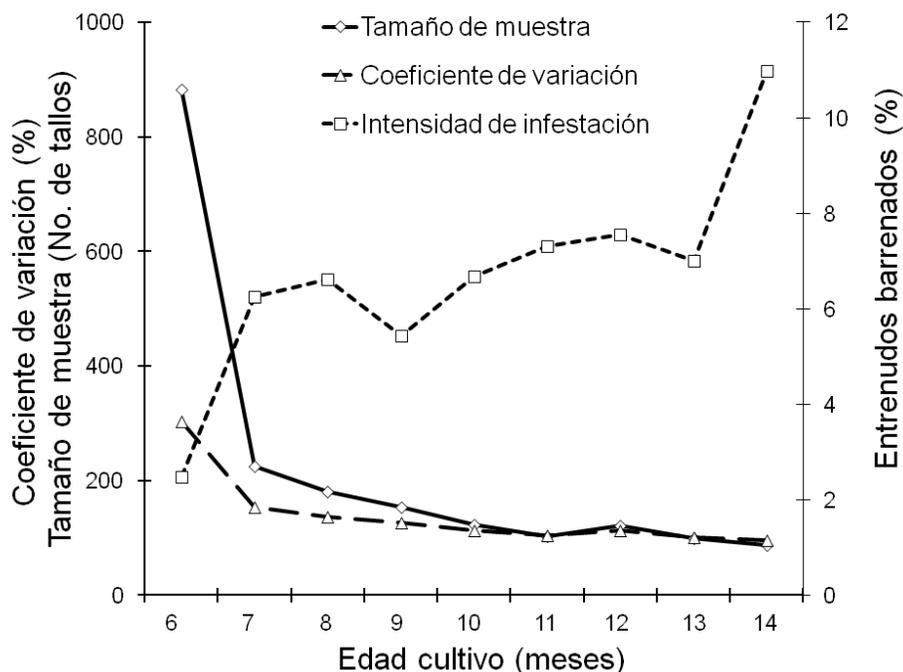


Figura 3-1 Cambios del daño causado por *Diatraea* spp., en el coeficiente de variación (%) y en el tamaño de la muestra para su estimación (ambas variables ilustradas en el mismo eje Y), en función de la edad de la caña.

Si se acepta que el porcentaje de entrenudos barrenados ha sido la medida más utilizada para expresar el daño que causan los barrenadores, vale la pena considerar el hecho de que existen factores que pueden afectar el valor de esta variable. Para analizar estos factores [Vinasco \(1991\)](#) calculó el porcentaje de entrenudos barrenados de cinco lotes, cuatro del Ingenio Manuelita y uno del Ingenio Mayagüez, utilizando: 1) una muestra de 5 cepas / lote; 2) una muestra de 120 tallos al azar de caña en pié; y 3) una muestra de 120 tallos/lote, tomados de la chorra una vez la caña se hallaba cosechada. Dentro de cada uno de los enfoques se consideraron dos modalidades: a) rajando la caña, es decir, retirando con un machete la corteza en dos franjas longitudinales a lo largo del tallo; y b) sin rajarse la caña, o sea, a partir de los orificios de entrada y salida de las larvas del barrenador. En los dos enfoques de muestreo antes de la cosecha y en las dos modalidades descritas, se consideraron dos variantes: i) incluyendo los entrenudos del cogollo (porción del tallo delimitado por el punto de quiebre natural) y ii) sin incluir los entrenudos del cogollo. Para establecer relaciones entre los valores del porcentaje de entrenudos barrenados, de acuerdo con las diferentes modalidades, se utilizaron métodos de regresión lineal simple, en tanto que se hicieron algunas observaciones acerca del coeficiente de variación, como medida de la precisión y confiabilidad de las diferentes modalidades de muestreo.

Al utilizar cepas al azar, el trabajo de muestreo es mucho más rápido, gracias al reducido número de cañas y a la agrupación de las mismas. Los puntos desfavorables de esta modalidad son el menor tamaño de la muestra, la inclusión de mayor número de tallos preferidos por la plaga como son los chulquines (tallos tiernos de la caña) y la posibilidad de sobrevalorar la I.I. promedio, cuando por azar por lo menos una de las cepas se localiza en un foco de infestación.

Al evaluar 120 tallos de caña en pié se obtiene mayor precisión en el valor de I.I. *Diatraea* debido a que el tamaño de la muestra es mayor; por lo tanto hay más uniformidad en edad y tamaño, y ofrece la posibilidad de aplicar eventualmente medidas de control durante el cultivo. Las desventajas al evaluar 120 tallos de caña en pié radican en que consumen más tiempo, requieren una supervisión más cuidadosa, el desplazamiento de los evaluadores dentro de los campos tiene dificultades, el manipuleo de los tallos dentro de la suerte es incómodo, y es necesario determinar la inclusión o exclusión del cogollo.

Al determinar la I.I. por *Diatraea* con 120 tallos al momento de la cosecha, se conocen los valores de daño con los tallos una vez han sido quemados, cortados y apilados en chorras, lo que facilita el muestreo, gracias a que permite un ágil y rápido desplazamiento, mejor manipuleo de los tallos y adecuada supervisión. Además, valora el daño de las cañas que van a ir al molino, por lo cual esta metodología favorece la estimación de las pérdidas por los barrenadores. Los inconvenientes de esta modalidad son la coordinación logística que debe hacerse teniendo en cuenta que toca evaluar el campo antes que la caña sea llevada a la fábrica y la variabilidad del punto de corte del cogollo por los corteros de los diferentes ingenios.

Los cinco campos utilizados para realizar este trabajo mostraron diferencias apreciables en los valores de la I.I. por *Diatraea*; en el sitio cuatro el valor promedio fue mínimo y varió de 2.7% a 10.6% dependiendo del método utilizado. El quinto sitio fue el que presentó los valores más altos con un rango entre 17.0% a 22.7%.

Las tres modalidades de muestreo, es decir en cinco cepas/lote, en 120 tallos de caña en pié y en 120 tallos tomados de las chorras, también presentaron diferencias en los valores de la I.I. por *Diatraea*; la evaluación con cinco cepas al azar por lote presentó los valores más altos con 16.8% y 14.9%. Si se considera que poco antes de la cosecha las cepas presentaron 15 tallos en promedio, es importante saber que con esta modalidad se muestreo un menor número de tallos en comparación con otras dos modalidades. En promedio, al comparar el muestreo a partir de cepas con el muestreo con tallos individuales, se notó que, con el primer método, el valor obtenido de porcentaje de entrenudos barrenados fue superior. Este tipo de observación tendió a sobrestimarlo; vale la pena recordar que el número de tallos rajados con esta metodología siempre fue inferior a 120. Al hacer el análisis de regresión correspondiente, se vio que la sobrestimación es del orden de 1.5 unidades porcentuales de daño (**Cuadro 3-2**). Los valores obtenidos de 120 tallos de caña en pie o bien de la chorra aparentemente fueron semejantes. Sin embargo, la relación entre la forma

de evaluación no es tan directa y se da en forma lineal. Esta relación se expresa matemáticamente en el Cuadro 3-2. Cuando se analizó el efecto debido a incluir los entrenudos del cogollo, en general se notó que al hacerlo se obtienen valores de porcentaje de entrenudos barrenados, 0.7 unidades porcentuales menos que al no hacerlo. Por lo tanto, al haber estimado la diferencia entre las dos metodologías, se pueden hacer comparaciones de los datos de campo obtenidos de las dos formas.

Cuadro 3-2 Relación práctica entre las metodologías para determinar el daño por *Diatraea* spp. en términos del porcentaje de entrenudos barrenados.

I.I. Caña en pie	=	I.I. Cepa - 1.5*
I.I. Caña en pie	=	0.8 (I.I. Chorra) + 3.0
I.I. Caña con cogollo	=	I.I. Sin cogollo - 0.7
I.I. Caña rajada	=	I.I. Caña sin rajar + 2.5

* La intensidad de infestación para caña en pie sería la intensidad de infestación estimada con la modalidad de cinco cepas por lote menos 1.5 unidades de daño.

Finalmente, se estableció que al no rajarse o pelarse la caña, no se detectan entrenudos barrenados que subestiman el daño en 2.5 unidades porcentuales. De nuevo, queda establecido un factor de corrección que permite establecer comparaciones entre datos obtenidos rajando la caña con datos derivados de caña sin rajarse. Al hacer el análisis de los coeficientes de variación calculados a partir de los datos utilizando las diferentes metodologías (Cuadro 3-3), se pudo apreciar la alta variabilidad de este parámetro que estuvo alrededor de 100%. Fue superior para el enfoque de muestrear cepas, al obtenido de 120 cañas en pie o bien de la chorra; el coeficiente de variación para estos dos últimos enfoques fue semejante.

Cuadro 3-3 Coeficiente de variación para cada una de las metodologías de muestreo.

Metodología	Coeficiente de Variación
5 cepas al azar	115.5
120 cañas en pie	100.6
120 cañas en la chorra	95.3
Cañas con el cogollo	108.9
Cañas sin el cogollo	107.2
Sin rajarse los tallos	115.8
Rajando los tallos	95.2

Si se hace la determinación de la I.I. incluyendo o excluyendo el cogollo no hubo diferencias en cuanto a la variabilidad se refiere, pero sí se nota un aumento de ésta al calcularlo sin rajarse los tallos, en comparación con caña rajada. Conviene resaltar este hecho por cuanto se puede lograr una disminución del trabajo sin rajarse los tallos, pero lo que se gana en tiempo se puede disminuir en precisión. En el cuadro 3-4 se presentan los tamaños de muestra para cada uno de los métodos, esperando una confiabilidad de 0.9 y una precisión de ± 1.0 unidades del porcentaje de entrenudos barrenados. Queda manifiesto que el alto número de tallos requerido para los métodos que involucran cepas de caña, está asociado a la variabilidad antes mencionada. Al muestrear 120 tallos ya bien sea en pie o en la chorra, el número de tallos requerido fue semejante; cuando se evalúan los tallos de campos en pie el número de tallos requeridos cuando no se raja fue mayor a la situación en donde se rajan. Sin embargo, cuando se evalúan los tallos de la chorra, el número de tallos requerido es de 120 aproximadamente, ya bien sea rajando los tallos o sin rajarlos.

Cuadro 3-4 Tamaños de muestra requeridos para lograr una confianza del 90% y un margen de error de ± 1.0 unidades del porcentaje de entrenudos barrenados en la evaluación de *Diatraea* spp. en el campo.

Método	Tamaño de muestra (tallos/lote)
Cepas sin rajarse	540
Cepas rajando	370
120 tallos en pie sin rajarse	130
120 tallos en pie rajando	110
120 tallos de la chorra sin rajarse	115
120 tallos de la chorra rajando	125

Se ha llegado a una situación en la cual las poblaciones del *Diatraea* en general no son altas y no existe una necesidad imperiosa de reducir la población del insecto. Esta situación conduce y facilita a la vez el refinamiento de los métodos de muestreo. Existen dos hechos anteriormente observados que vale la pena resaltar: el primero de ellos es la buena correlación que existe entre el porcentaje de entrenudos barrenados y el porcentaje de tallos dañados, y el segundo hace referencia a la localización del daño causado por el barrenador.

Asociación entre el porcentaje de entrenudos barrenados y el porcentaje de tallos dañados: el grado de asociación entre estos dos parámetros es bastante alto y de tipo lineal, siempre y cuando el valor de tallos perforados no sobrepase un nivel del 70%. Para valores superiores, la relación es de

tipo curvilíneo. Este tipo de asociación fue confirmada usando la información recolectada en la hacienda Chamorras, suerte 34 (Cenicafña, 1985). En el cuadro 3-5 se encuentra incluida la información sobre el porcentaje de tallos barrenados, el porcentaje de entrenudos barrenados a lo largo del cultivo (datos mensuales) y los valores de R^2 correspondientes a los modelos lineal y exponencial ajustados. Ambos modelos sirven en forma semejante para expresar la asociación entre las dos variables en cualquier momento de desarrollo del cultivo. El nivel de significancia fue en todos los casos del orden del 1%.

Cuadro 3-5 Grado de asociación entre las variables porcentaje de tallos perforados (porcentaje de infestación, % I) y porcentaje de entrenudos perforados (Intensidad de infestación, I.I).

Edad (Meses)	% I	I.I.	Valores de R^2 para los Modelos	
			I.I. = a+b (% I)	Log I.I. = a+b log (% I)
6	16.2	2.5	0.88 ¹	0.87 ¹
7	38.8	6.2	0.97	0.86
8	45.8	6.6	0.92	0.92
9	52.0	5.4	0.91	0.85
10	58.8	6.7	0.91	0.94
11	70.8	7.3	0.94	0.89
12	69.1	7.6	0.94	0.91
13	79.4	7.0	0.90	0.83
14	76.9	11.0	0.88	0.93

¹ Para todos los casos analizados $P < 0.01$

Teniendo en cuenta que la variación del daño tiende a disminuir a medida que aumenta la edad del cultivo, es importante conocer más en detalle la relación entre la I.I. (porcentaje de entrenudos barrenados) y el % I (porcentaje de tallos afectados) en el momento del corte. Esta relación queda expresada gráficamente en la figura 3-2. El rango de variación de los valores del % I estuvo comprendido entre 40 y 95% aproximadamente, pero hubo mayor cantidad de información concentrada en el rango comprendido entre 50 y 70%. La ausencia de valores por debajo de 40% de % I posiblemente hace que la línea ajustada tenga una pendiente ligeramente superior a lo esperado. A partir de las ecuaciones ajustadas, se puede establecer un valor de I.I. correspondiente al 5% de los entrenudos barrenados. Si se calcula a partir de la ecuación del primer grado, se obtiene un valor del 50.3% y usando la función exponencial el correspondiente valor es de 41.9%.

La conveniencia del uso de esta medida radicaría en el menor tiempo requerido para su determinación.

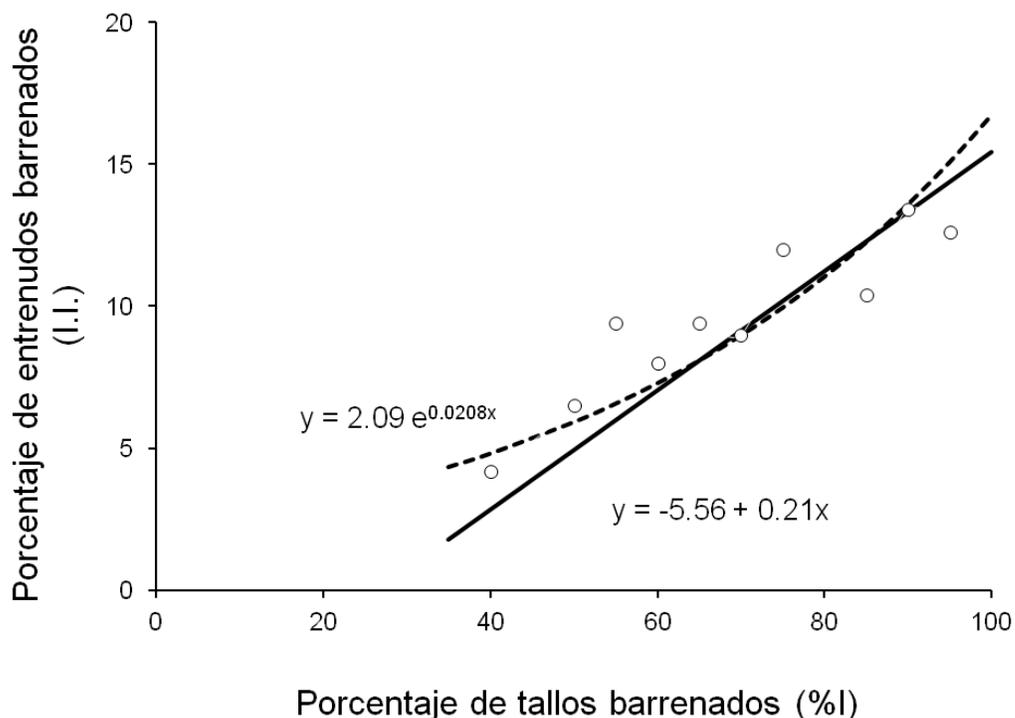


Figura 3-2 Relación entre el porcentaje de entrenudos barrenados (I.I.) y el porcentaje de tallos barrenados (%I) en el momento de la cosecha.

Localización del daño de *Diatraea*: el segundo hecho observado, es la localización del daño del *Diatraea* estudiado en la suerte 34 de la hacienda Chamorras del Ingenio Central Castilla. La información correspondiente se halla registrada en el [cuadro 3-6](#), en donde se puede apreciar que los 5 primeros entrenudos son los que muestran mayor grado de ataque. De los 907 tallos observados, 87.2% mostraban el daño en los 10 primeros entrenudos. Esto permite suponer que para determinar el porcentaje de infestación de un lote dado, puede ser suficiente con revisar el estado de los 10 primeros entrenudos de las cañas que componen la muestra.

Cuadro 3-6 Número de tallos con daños de *Diatraea* spp. en diferentes entrenudos de CP 57603 a la edad de 12 meses y contados desde la base hacia el ápice.

No. de Entrenudo	Tallos Primarios	Tallos Secundarios	Tallos Terciarios	Tallos Cuaternarios
1 - 5	294	150	85	14
6 - 10	134	107	7	0
11 - 15	59	39	1	-
16 - 20	13	3	-	-
21 - 25	1	-	-	-
26	0	-	-	-
Total de tallos	501	299	93	14

La ventaja básica de estas dos observaciones es que su uso combinado puede representar una reducción significativa en el muestreo del daño del *Diatraea*. El hecho de conocer la parte del tallo más frecuentemente atacada permite reducir aún más las labores de evaluación, puesto que para determinar si un tallo ha sido barrenado tan solo vale la pena considerar los 10 primeros entrenudos. Es de anotar que la literatura sobre el barrenador informa que en el caso de querer estimar pérdidas de azúcar, el parámetro que mejor está asociado con estas es la intensidad de infestación y para esta situación sí se recomendaría el uso de esta medida.

A pesar de que el manejo integrado de las poblaciones de la plaga en el valle del río Cauca han permitido que la mayoría de los campos no se encuentren afectados y que las pérdidas de azúcar sean por lo tanto despreciables, existe un porcentaje reducido pero relativamente constante de suertes que por diversas causas de localización principalmente (áreas nuevas, proximidad a cultivos semestrales en donde se usan insecticidas, etc.), se ven infestadas por el barrenador. Un nuevo enfoque para el manejo de esta plaga sería el de un reconocimiento periódico y ordenado del área de cada ingenio para saber en dónde puede ser necesario liberar a los parasitoides y segundo, determinar cualquier incremento significativo en el porcentaje de los campos afectados y así programar de antemano los incrementos de las necesidades de liberaciones.

Conviene anotar un hecho característico de la forma en que se cultiva la caña en el valle del río Cauca y es la siembra y la cosecha continua a lo largo del año. Esta forma de producción conduce a la presencia de una población constante de *Diatraea* compuesta por individuos en todos los estados de desarrollo. Esta situación puede haber servido al éxito del muestreo al momento de la cosecha. Este es un indicador de la población de la plaga presente en la zona donde se encuentra el lote evaluado. Esta población puede concentrarse en suertes más atractivas que otras debido a

características varietales, estados de desarrollo del cultivo o bien a estados nutricionales dependientes de las características del suelo, etc. Además, una población de la plaga compuesta en términos generales por todos los estados de desarrollo, facilita el establecimiento de los parásitos liberados, puesto que constantemente se encuentra el huésped en el estado más adecuado para el desarrollo del parásito. Por lo tanto, al usar este método de evaluación se tiene que pensar que la evaluación de un lote a la cosecha, mide la población de la plaga en un área y en el caso de optar por una liberación de parasitoides, ésta va a estar orientada al control del *Diatraea* en la zona afectada. Debido a los mecanismos biológicos característicos de los parasitoides, éstos pueden buscar orientarse y hallar a sus hospederos donde se encuentren y de esta manera perpetuar su acción dependiendo del nivel de adaptación que éstos logren.

La inversión de esfuerzos en el muestreo para llevar a cabo un reconocimiento puede reducirse aún más, refinando la metodología con base en consideraciones estadísticas teóricas, como puede ser el desarrollo de un sistema de muestreo secuencial, que a continuación va a ser descrito.

Muestreo secuencial

Este tipo de muestreo consiste en determinar si más del 50% de los tallos de un campo están barrenados para concluir que el campo está afectado y amerita la liberación de parásitos para disminuir la población de la plaga, o si menos del 50% de los tallos están dañados para concluir que el campo está sano. De acuerdo con la relación del porcentaje de tallos afectados y el porcentaje de entrenudos barrenados, el 50% de tallos afectados corresponde al 5% de entrenudos barrenados (Figura 3-2). Se propuso que un campo se considerara como sano si su nivel de daño estaba por debajo del 5% de entrenudos barrenado y como afectado si estaba por encima de este límite. Es de notar que el criterio de la mitad de los tallos más uno o la mitad menos uno no conlleva a tomar ese tipo de decisión, y esta se hace, más bien, con base en unos elementos estadísticos para establecer cuál es el número de tallos barrenados que por lo menos debe tener la muestra, para afirmar, con un grado establecido de seguridad, que el campo está afectado, o en el casos contrario, el número de tallos dañados que a lo sumo se encuentran en la muestra, para concluir que el campo está sano.

El papel de la estadística es determinar para cualquier tamaño de muestra, estos dos valores límite. Gráficamente, esta idea se representa por dos líneas, el número que por lo menos o que a lo sumo (eje de las Y) debe tener la muestra (eje de las X), para concluir si el campo está afectado o sano (Figura 3-3).

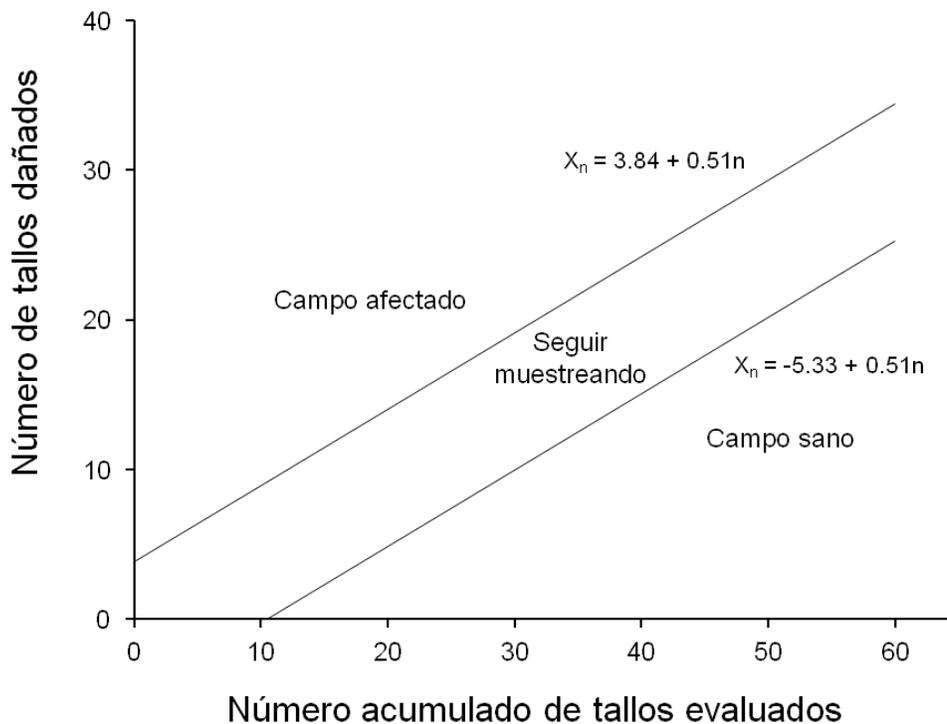


Figura 3-3 Límites para la toma de decisión sobre el nivel de daño causado por *Diatraea* (muestreo secuencial).

Si un campo está muy dañado o muy sano, con una muestra de muy pocos tallos se cumplen las condiciones requeridas y se llega a una conclusión rápidamente. Sin embargo, cuando el nivel de daño de un campo está cercano al punto crítico, o sea 50 % de los tallos afectados, y el número de tallos barrenados hallados dentro de la muestra va a estar comprendido entre los dos límites de sano o afectado; se está ante una situación de incertidumbre estadística y por lo tanto, se toma la decisión de aumentar, uno por uno, el número de tallos evaluados hasta que se cumpla alguno de los dos requerimientos establecidos. El término secuencial describe este proceso repetido a través de una muestra incrementada en una unidad hasta el momento en que se llegue a alguna conclusión. [Gómez y Moreno \(1987\)](#) describieron la teoría y la base estadística necesaria para entender en forma estricta el desarrollo de este sistema de muestreo para el caso de *Diatraea* en caña de azúcar. Las ecuaciones de las líneas de los valores límites para catalogar los campos muestreados en sanos o afectados son las siguientes:

$$Tb = 3.84 + 0.51N, \text{ y}$$

$$Tb = -5.33 + 0.51N$$

En donde Tb equivale al número acumulado de tallos barrenados y N, al número acumulado de tallos muestreados. Usando estos datos, se evaluaron 29 campos comerciales para determinar su estado en relación con los barrenadores, usando el método tradicional en ese momento (20 tallos /ha) y el método secuencial. En forma práctica, al realizar el muestreo secuencial, el evaluador lleva al campo una tabla con los valores límites de tallos afectados correspondientes a muestra de tallos acumulados y derivados de las ecuaciones calculadas para las líneas de los valores límites (Cuadro 3-7). En aquellas situaciones en que con el muestreo secuencial no se llegó a una decisión después de haber muestreado un número de cañas equivalente al propuesto por el método tradicional, se aceptó el criterio de la mitad más o menos uno para catalogar el campo. Los resultados de estas evaluaciones se encuentran registrados en el cuadro 3-8.

Cuadro 3-7 Límites críticos para decidir acerca del estado de un campo de caña (sano: < 5% I.I, afectado: > < 5% I.I), a través del muestreo secuencial.

No. de cañas muestreadas	No. de cañas dañadas	
	Límite inferior ¹	Límite superior ²
8	-	8
9	-	8
10	0	9
11	0	9
12	1	10
13	1	10
14	1	11
15	2	11
16	3	12
17	3	13
18	4	13
19	4	14
20	5	14

¹ Número igual o menor de cañas afectadas de la muestra para concluir que el campo está sano.

² Número igual o menor de cañas afectadas de la muestra para concluir que el campo está afectado.

Cuadro 3-8 Evaluación del daño por *Diatraea* spp. en haciendas de los Ingenios Riopaila-Castilla (planta Castilla), Incauca y La Cabaña, de acuerdo con dos métodos de muestreo.

Hacienda	Método tradicional		Muestreo secuencial	
	No. cañas evaluadas	Valor I.I.	No. cañas evaluadas para catalogar en el campo	Estado del campo
Lloreda	120	1.50	25	Sano
Villa hermosa	160	3.10	52	Sano
Carmen	80	2.10	13	Sano
La Cabaña	160	0.80	11	Sano
Canarias Blum	100	3.10	15	Sano
San Jorge	100	3.70	21	Sano
San Jorge	200	10.20	63	Afectado
Nilo	257	1.40	15	Sano
San Fernando	150	8.96	114	Afectado
La Argentina	80	1.79	33	Sano
La Cabaña	60	0.76	15	Sano
Avelina	200	11.55	48	Afectado
La Cabaña	40	3.08	23	Sano
La Cabaña	47	2.81	23	Sano
Potrero Verde	140	1.24	23	Sano
Providencia	57	0.80	21	Sano
Providencia	48	0.40	38	Sano
La Merced	88	4.20	25	Afectado
La Merced	111	5.70	29	Afectado
Casablanca	116	2.50	40	Sano
Providencia	70	0.90	25	Sano
La María	115	0.30	26	Sano
Turín	60	3.10	30	Sano
Galicia	82	3.32	39	Sano
Zainera	63	5.83	63	Sano
S. Isidro	52	5.79	52	Afectado
S. Luis	41	4.10	26	Sano
Zainera	121	3.37	36	Sano
La Fortuna	70	1.80	70	Sano

De los 29 campos evaluados, en 26 se logró catalogar el campo como sano o dañado de acuerdo al método secuencial. Sólo en tres campos (primera evaluación en Zainera, San Isidro y La Fortuna), no se llegó a una conclusión con el muestreo secuencial con un número de tallos equivalentes al sugerido por el método tradicional de aquel entonces, es decir, 20 tallos/ha (Cuadro 3-8). En dos de estos tres campos (primera evaluación de Zainera y San Isidro), el nivel de daño estaba muy cercano al valor crítico, 5% de los entrenudos afectados que equivale a 50% de los tallos afectados, razón por la cual fue difícil catalogar al campo.

En dos campos, el muestreo secuencial llegó a una conclusión diferente al método tradicional (primeras evaluaciones de La Merced y Zainera) y en ambos casos ocurrió en situaciones cercanas al valor límite de 5% de los entrenudos afectados o 50% de los tallos. En el primer caso, se concluyó que estaba dañado estando sano, que no es tan grave puesto que una liberación no va a incidir sobre un incremento de pérdidas, pero en el segundo caso sí, por cuanto se concluyó que el campo estaba sano, estando dañado. La presencia de estas equivocaciones está dentro del margen de confianza previsto que fue de 20% para el caso menos importante y de 10% para el más importante, o sea concluir que está sano cuando en realidad estaba dañado.

En cuanto a eficacia y economía de trabajo y tiempo, si comparamos el número de tallos evaluados según el método convencional (2,988) con el número de tallos utilizados para el muestreo secuencial (1,014), se ve que para tener los mismos resultados, se emplearon con el último método tan sólo 34% de los tallos empleados con el método tradicional. La ganancia es aún mayor si se considera que hay economía de tiempo al catalogar un tallo como afectado con al menos un entrenudo dañado, que puede ser determinado en algunos casos sin necesidad de rajarse el tallo, en comparación con la evaluación en donde se rajan por lo menos 120 tallos / lote, se cuentan tanto entrenudos barrenados como total de entrenudos evaluados y adicionalmente requieren de un trabajo de oficina de un operario calificado.

Si bien con el método tradicional se obtuvo información que permitió decir que el promedio de daño de los lotes evaluados es de 3.4% de los entrenudos barrenados y cuáles fueron los campos afectados, el uso del muestreo secuencial también permitió decir que el 10.3% de los campos estuvieron afectados por el barrenador y cuáles son los campos con problemas.

La manera práctica para llevar a cabo el muestreo secuencial se describe a continuación. El evaluador debe llevar al campo una copia del cuadro 3-7 e iniciar el muestreo rajando 8 cañas tomadas al azar. Se cuentan cuantas están dañadas, y si de las ocho cañas muestreadas, todas están dañadas (límite superior del cuadro), se concluye que el campo está dañado. Este es el valor mínimo de cañas muestreadas con que se puede llegar a una conclusión. Si el número de cañas afectadas es inferior a ocho, se raja una caña más y se confronta el resultado con el cuadro 3-7. A partir de 10 cañas muestreadas (Columna izquierda de la tabla) se pueden dar tres situaciones: 1) Se alcanza el límite superior, o sea que de 10 cañas muestreadas 9 están dañadas y se concluye

que el campo está afectado, 2) Se alcanza el límite inferior, es decir que de 10 cañas muestreadas, ninguna está dañada y se concluye que el campo está sano, y 3) el número de cañas barrenadas está entre cero y nueve y la conclusión es que no hay suficiente evidencia para llegar a una conclusión con un nivel aceptable de confianza y, por lo tanto, se decide tomar una caña más para entonces examinar en el cuadro que pasa cuando se muestrean 11 cañas. Este proceso se continúa hasta que en un momento dado se alcance el límite inferior o superior, la condición suficiente para concluir con confianza acerca del campo. Cuando el campo está muy sano y se concluye rápidamente acerca de su estado, es recomendable repetir la evaluación en otro sector del lote para confirmar la decisión tomada.

Uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en el seguimiento al daño por *Diatraea*

En el año 2005 se registró un incremento del nivel de daño por *Diatraea* por lo que se realizó un trabajo de diagnóstico a nivel de todo el valle del río Cauca. En coordinación con los ingenios azucareros se evaluaron un total de 414 campos a lo largo del valle del río Cauca, en donde se midió la intensidad de infestación en el momento de la cosecha. Los niveles de daño encontrados se clasificaron en cuatro categorías de daño en los entrenudos: Campos sanos (0% a 4%), alerta (4% a 6%), dañados (6% a 10%) y muy dañados (> 10%). Del total de los campos evaluados el 29% presentó niveles de daño iguales o superiores al 4% de los entrenudos barrenados. Adicionalmente, se utilizó el sistema de información geográfica para identificar la distribución de los sitios de evaluación y, con el fin de localizar geográficamente los niveles de daño, se generó un mapa de isolíneas de daño aplicando el método de interpolación de Kriging o de extensión de geoestadística del programa ArcGIS® ([Vargas et al., 2005](#)). Dicho análisis permitió observar que existía una zona de mayor afección por la plaga entre los municipios de Florida y Vijes, principalmente entre El Cerrito y Palmira, y un sector menos afectado entre Cartago y Obando ([Figura 3-4](#)). Esta información fue compartida con los ingenios a través del Comité de Sanidad Vegetal y se coordinaron esfuerzos para la atención del brote por la plaga en las zonas de mayor nivel de ataque de la plaga. Este tipo de diagnóstico se sigue realizando de forma anual, pero contando con la información suministrada por los diferentes ingenios, en este caso no sólo a nivel del daño, pero adicionalmente de los sitios donde se hayan realizado las liberaciones de los enemigos naturales.

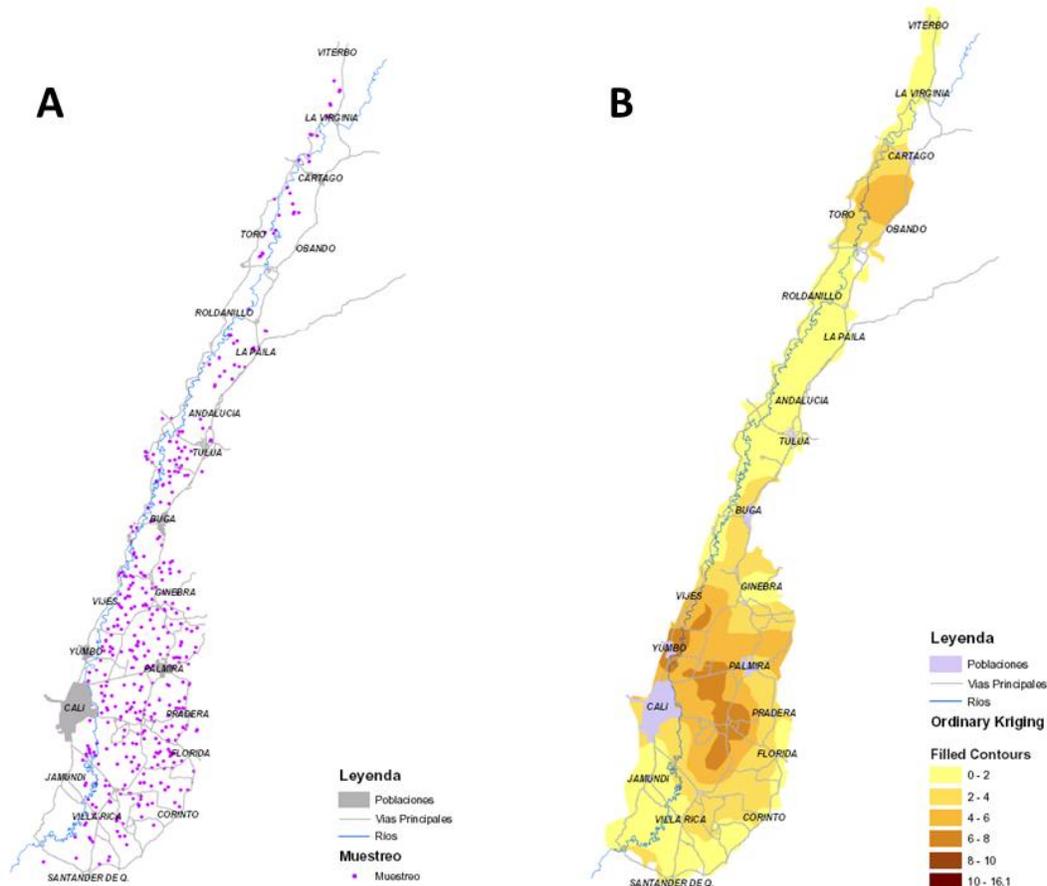


Figura 3-4 Diagnóstico del daño por *Diatraea* spp. mediante la evaluación del porcentaje de entrenudos barrenados en 414 suertes distribuidas en el valle del río Cauca. A) Sitios de muestreo, B) Mapa de isólineas con sectores de daño similar. Los tonos más pardos indican niveles superiores de daño por la plaga (Tomado de [Vargas et al., 2005](#)).

Además del estudio de las posibles causas del brote de *Diatraea* del año 2005, se trabajó en la actualización de factores como el muestreo y las pérdidas causadas por los barrenadores en variedades modernas ([Gómez et al., 2009](#)). Debido a este brote se tomaron diferentes medidas de manejo que buscaron reducir el impacto por la plaga mediante el estudio de los enemigos naturales utilizados ([Obando, 2007](#)), la actualización del efecto de la plaga en la producción de caña y el rendimiento en azúcar ([Gómez et al., 2009](#)) y la revisión de los métodos de muestreo utilizados ([García et al., 2006](#)). En este último caso, el ingenio Mayagüez comparó la metodología de evaluación de daño en los patios con el procedimiento de hacer la evaluación de daño en los patios con el procedimiento tradicional de hacer evaluación en el momento de la cosecha, tomando las cañas de las chorras. El muestreo de patios implementado por el ingenio Mayagüez consiste en realizar el muestreo de los barrenadores en la estación de muestreo de materia extraña, aquí se

evalúa el porcentaje de entrenudos barrenados en 15 tallos por cada 110 toneladas de caña que entra a la fábrica. La **figura 3-5** muestra los diferentes modelos probados para ajustar una relación entre los valores obtenidos en ambas metodologías y el modelo lineal con intercepto sería el que mayor poder de predicción tiene para estimar el porcentaje de entrenudos barrenados utilizando en campo a partir del uso del muestreo de patios. Es decir que el muestreo de los barrenadores en los patios de caña es una alternativa que puede ser considerada por algunos ingenios con el fin de minimizar los costos relativos a la realización de la evaluación en el campo, sin embargo, para esto es indispensable realizar esta labor con la misma rigurosidad y supervisión con la que se hace en el campo.

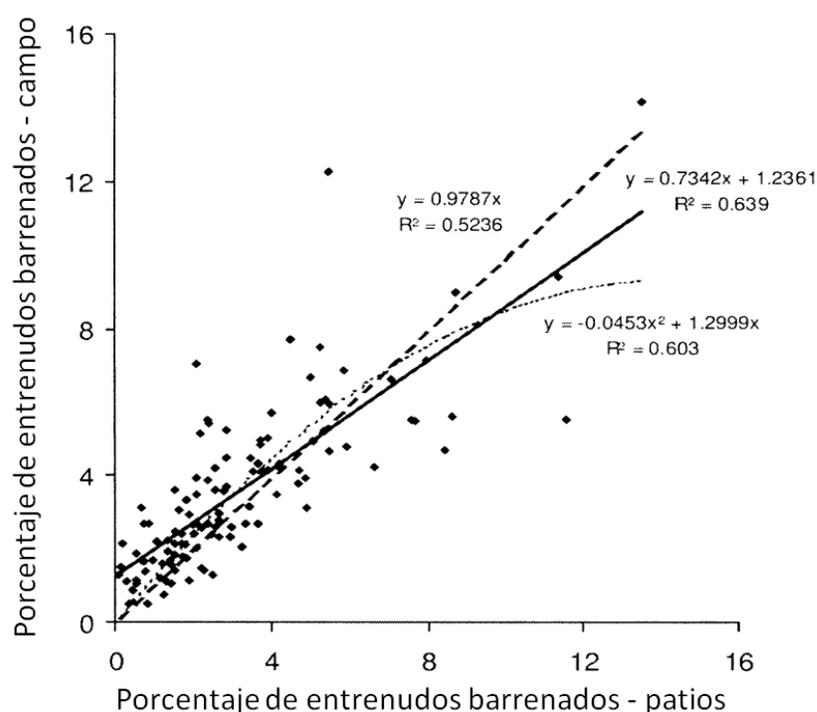


Figura 3-5 Relación entre el porcentaje de entrenudos barrenados medido en los patios del ingenio Mayagüez y el nivel de daño estimado en el campo.

Adicionalmente, [García et al. \(2006\)](#) aprovecharon la información recolectada para hacer análisis complementarios acerca de la relación entre el porcentaje de tallos afectados y el porcentaje de entrenudos barrenados, la distribución espacial del insecto y el tamaño de muestra para estimar su daño. Se corrobora que existe una muy buena relación entre el porcentaje de tallos afectados ($I\%$) y el porcentaje de entrenudos barrenados ($I\%$) lo que permitiría estimar esta última variable con la siguiente ecuación:

$$I.I. (\%) = 0.034(I) + 0.0011(I^2), R^2 = 0.932.$$

Sin embargo, se notó que dicha asociación pierde resolución luego de que el nivel de daño en entrenudos barrenados supera el límite del 16%. Por otra parte, la caracterización espacial del daño por la plaga indica que tanto a nivel de lote como a nivel de ingenio el ataque por *Diatraea* ocurre en forma agregada y presenta parches de mayor o menor daño. Con respecto al tamaño de la muestra para evaluar el daño por *Diatraea* en el campo, en la década de los ochenta se había estimado la muestra de 120 tallos por lote con un total de 14 campos, que presentaron un rango de nivel de daño entre 0.5 y 8.2% de entrenudos barrenados. [García et al. \(2006\)](#) evaluaron 118 campos, que presentaron un rango de nivel de daño entre 0.5 y 14.1% de entrenudos barrenados, con este mayor volumen de información se recalculó el tamaño de la muestra para una confianza del 90% y un margen de error de $\pm 1\%$ y se encontró que el tamaño de la muestra puede ser de 100 tallos por lote, que representa un menor esfuerzo (20 tallos menos por lote) en la estimación del daño por *Diatraea* spp.

Control biológico

El uso de los enemigos naturales como una forma de controlar a los insectos plaga implica toda una cadena de pasos necesarios para aspirar a que el proceso se lleve a cabo con éxito. Puede ocurrir que se encuentre el entomólogo ante un caso de control biológico clásico, en el cual después de unas pocas liberaciones de carácter inoculativo, el insecto benéfico se adapta rápidamente e inicia en forma exitosa su labor controladora de la plaga. Pero más frecuentemente se presenta la situación en que el uso dirigido del insecto requiere de la producción masiva del insecto hospedero (plaga) para su producción comercial, y, por lo tanto, es requisito para propagar al insecto benéfico, disponer de una cría abundante, estable y que produzca individuos aptos. En el caso específico de la producción de las moscas parasitoides de los barrenadores fue indispensable producir masivamente a *D. saccharalis* con las características ya mencionadas. Tal como se describió por [Lastra y Gómez \(2006\)](#), primero fue necesario establecer la importancia del protozoario *Nosema* sp., como patógeno de alta agresividad bajo condiciones de cría masiva. Posteriormente, se hizo un seguimiento de la calidad de los individuos criados sucesivamente por varias generaciones bajo las condiciones de laboratorio, demostrándose que el efecto de la endocría después de 3.5 años de cría sucesiva del barrenador, no tuvo ningún efecto sobre la calidad requerida de las larvas para la reproducción de las moscas, en comparación con larvas recién recolectadas en el campo ([Cenicafía, 1992](#)). La cría de *Diatraea* se mantuvo sin renovación por lo menos durante 12 años sin detectar ningún efecto que influyera negativamente sobre la producción masiva de las moscas parásitas ([Lastra y Gómez, 2000](#)).

Uso de moscas taquínidas para el control de *Diatraea*

En el valle del río Cauca, dos especies de moscas han sido criadas comercialmente para el control del barrenador de la caña de azúcar. Para medir la calidad de las moscas producidas en el laboratorio, se hicieron mediciones acerca de la progenie de hembras disectadas, en términos de desarrollo, maduración y cantidad. El [Cuadro 4-1](#) registra la información resumida acerca de la descendencia tanto de *Billaea claripalpis* como de *Lydella minense* (Diptera: Tachinidae) en diferentes días después de emergidas de los puparios. Para el caso de la primera, al emerger las hembras todavía no tienen progenie formada y sólo cuatro días después comienzan a aparecer los huevos. En el caso de *L. minense*, en el momento de la emergencia, muestra ya algunos huevos formados; a los seis días de emergidas, posee progenie ya formada pero casi el 70% se encuentra

en estado de huevo. Dos días más tarde, el 85% se encuentra en estado de cresa y por lo tanto, este es un buen momento para disectar las hembras para disponer de la mayor cantidad de cresas para inocular las larvas del barrenador. Se pueden utilizar hembras recién muertas pero no se puede esperar mucho tiempo pues las crías rápidamente pueden salir de la hembra y difícilmente se recuperan. En el caso de *B. claripalpis*, a los nueve días de su emergencia predomina el estado de huevo en el 77% de su descendencia y a los 14 días, el 80% pasa al estado de cresa. Al igual que *L. minense*, la progenie sale de la hembra apenas muere y se recuperan, por lo tanto, pocos individuos dentro de ella ([Cenicaña, 1989](#)).

Cuadro 4-1 Estado de desarrollo de la progenie después de disectar hembras de *Billaea claripalpis* y *Lydella minense* a lo largo de la su maduración.

Capítulo 2 - Días después de la emergencia	<i>B. claripalpis</i>			<i>L. minense</i>		
	Huevos (%)	Cresas (%)	Total Progenie	Huevos (%)	Cresas (%)	Total Progenie
0	0	0	0	100	0	275
4	-	-	-	89.6	10.4	308
6	-	-	-	72.5	27.5	546
7	97.3	27	317	-	-	-
8 (viva)	-	-	-	15.2	15.2	506
8 (muerta)	-	-	-	10.3	89.7	291
9	77	23	317	-	-	-
14 (viva)	19.4	80.6	522	-	-	-
14 (muerta)	27.6	72.4	177	-	-	-

Inoculación de las larvas

Pensando en maximizar la producción de las moscas taquínidas mediante el uso eficiente de las larvas de *Diatraea*, se llevaron a cabo ensayos relacionados con dos aspectos: el mejor tamaño y el número óptimo de cresas empleado en la inoculación.

Tamaño óptimo de las larvas para inocular

Se tomaron larvas de frascos de dieta a los 25 días después de ser infestados, se dividieron por tamaño en cinco grupos y para describir el tamaño de cada grupo se pesaron las larvas.

Finalmente, el tamaño predominante de cada grupo quedó descrito de la siguiente manera: larvas muy grandes (> 120 mg), grandes (90-120 mg), medianas (60-90 mg), pequeñas (40-60 mg) y

muy pequeñas (< 40 mg). Los resultados de dichas inoculaciones quedan registrados en el **Cuadro 4-2**. Tanto en *L. minense* como en *B. claripalpis*, los resultados fueron similares, e indican que entre más grande sean las larvas, se logra una mayor eficiencia de inoculación y un mayor peso de los puparios resultantes. La eficiencia de inoculación hace referencia a la relación en porcentaje del número de puparios obtenidos y el número de larvas inoculadas. Hay que tener en cuenta que eficiencias de inoculación superiores a 100% indicaron que se logró, en promedio, más de un pupario por larva inoculada, que es frecuente, especialmente con *L. minense*. Es claro que entre más grandes sean las larvas de *Diatraea*, mejores resultados se tienen con la producción de las moscas parasitoides (Trujillo y Urbano, 1989). Sin embargo, desde el punto de vista práctico y para no descartar en forma masiva las larvas de *Diatraea* obtenidas, se piensa que se pueden inocular inmediatamente después del traslado aquellas larvas de tamaño grande y se ponen en alimentación las larvas medianas y pequeñas por un tiempo, en condiciones de menor hacinamiento.

Cuadro 4-2 Efecto del tamaño (peso) de las larvas de *Diatraea saccharalis* (hospedero) sobre la producción de los parasitoides *L. minense* y *B. claripalpis*.

Peso larvas (mg)	<i>L. minense</i>		<i>B. claripalpis</i>	
	Eficiencia de inoculación (%)	Peso pupario (mg)	Eficiencia de inoculación (%)	Peso pupario (mg)
< 40	64 d ⁽¹⁾	19.9 b	43 c	19.7 c
40-60	84 cd	20.9 b	62 b	22.7 bc
60-90	103 bc	21.1 b	74 b	24.6 b
90-120	111 b	22.3 b	108 a	30.4 a
>120	149 a	25.6 a	115 a	34.6 a

⁽¹⁾ Promedios en una columna seguidos por una misma letra, no muestran diferencias estadísticas ($\alpha = 0.05$).

Número óptimo de cresas inoculadas

Al analizar el efecto del número de cresas inoculadas por larva sobre la producción de parasitoides se constató que la eficiencia de inoculación aumentó al incrementar el número de cresas, siendo más marcado este hecho con *L. minense* que con *B. claripalpis* (**Cuadro 4-3**). Sin embargo, el tamaño del pupario de la mosca disminuyó a medida que aumentó el número de cresas inoculadas y por consiguiente el número de parásitos obtenidos/larva inoculada. Para encontrar un equilibrio entre la eficiencia de inoculación y el tamaño del parásito producido, se adoptó un término

intermedio de 3 cresas/larva para lograr una buena eficiencia de inoculación y una buena calidad de los parásitos producidos ([Trujillo y Urbano, 1989](#)). Vale la pena mencionar que hasta el momento, no existen estudios que indiquen cual es el significado y si hay ventajas de una progenie de mayor peso en comparación con una más abundante pero de individuos más pequeños.

Cuadro 4-3 Efecto del número de cresas inoculadas/larva de *Diatraea saccharalis* sobre la producción de los parasitoides *L. minense* y *B. claripalpis*.

Nº de cresas inoculadas	<i>L. minense</i>		<i>B. claripalpis</i>	
	Eficiencia de inoculación (%)	Peso pupario (mg)	Eficiencia de inoculación (%)	Peso pupario (mg)
1	49 c ⁽¹⁾	34.7 a	48 b	36.4 a
2	78 b	27.9 ab	84 a	26.7 ab
3	106 b	23.5 bc	85 a	25.4 ab
4	138 a	18.8 c	96 a	26.8 ab
5	141 a	23.5 c	85 a	17.8 b

(1) Promedios en una columna seguidos por una misma letra, no muestran diferencias estadísticas ($\alpha = 0.05$).

Uso de *Diatraea indigenella* como hospedero para criar las moscas taquínidas

Con la ayuda del ingenio Manuelita, se hizo una comparación entre larvas de *D. indigenella*, recolectadas en el campo, teniendo en cuenta que no existía su cría masiva, y larvas de *D. saccharalis*, obtenidas en el laboratorio, como hospederos para criar a *B. claripalpis* ([Cenicaña, 1992](#)). Se estableció que la primera especie, debido a su mayor tamaño, es mejor hospedero para este propósito, siempre y cuando se sigan algunas medidas de asepsia. La eficiencia de inoculación con *D. saccharalis* fue de 81% en tanto que con *D. indigenella* fue del 95%.

Este tipo de resultado dio pie para pensar que si se lograba criar *D. indigenella* en condiciones de laboratorio, se mejoraría notoriamente la eficiencia en la cría de las moscas parásitas, tanto en número como en calidad de las moscas, al tener en cuenta que se criarían sobre individuos de la plaga que se quiere controlar, en el caso de los ingenios del centro y del sur del valle del río Cauca. Para este fin se contó con la colaboración de Incauca, al proporcionar semanalmente, el número de individuos de campo (cerca del 90%) requeridos para este ensayo. Debido a una alta mortalidad de las larvas recolectadas en campo se cambió de la dieta artificial al choclo tierno ([Cenicaña, 1992](#)).

Los adultos obtenidos bajo estas condiciones no copulaban, hecho que fue determinado a través de la ausencia del espermatóforo (especie de cápsula que contiene los espermatozoides), como un indicador de la cópula. Al probar un ambiente más natural y ventilado como el de una casa de malla, se logró la cópula. Se hicieron ensayos para encontrar, inmediatamente después de la emergencia de los adultos, la mejor proporción hembra:macho y el tamaño del recipiente de apareamiento para obtener el mayor número de hembras copuladas. Como resultado, se alcanzaron niveles de copulación de hasta el 90% de las hembras en tubos de PVC ($\phi = 10$ cm y altura = 22 cm) poniendo 3 machos por cada hembra. Se observó que las hembras copuladas pueden ovipositar tanto posturas fértiles como posturas infértiles, y que entre la segunda y la tercera noche después de la emergencia, ocurre la mayoría de la oviposición ([Cenicaña, 1992](#)). Sin embargo, el hecho de aumentar el número de hembras copuladas no fue garantía de obtener un buen porcentaje de huevos fecundados. Ni la alimentación con agua azucarada (5%) ni la miel mejoró el número de hembras copuladas.

Al considerar el efecto de diferentes ambientes cerrados, se encontró que en la casa de malla ($T^{\circ} =$ entre 24 y 34°C) la cantidad de hembras copuladas fue el 80% pero los huevos mostraron una fertilidad de 15%. Por otro lado, en el laboratorio de entomología y con temperaturas inferiores a 26°C, 22% de las hembras copularon y las posturas fértiles estuvieron alrededor de 80%. Buscando mejorar las posturas, se ensayó otro diseño de cámara de oviposición en que se tomó una bandeja con espuma humedecida sobre la cual se colocó el tubo de PVC conteniendo los adultos, con este método se logró que 56% de las hembras copularan y que el 75% de las posturas fueran fértiles. Usando esta metodología se logró una mejora sustancial del número de huevos pero aún así la eficiencia era inferior a la de *D. saccharalis* y se decidió suspender los ensayos sobre la cría de *D. indigenella* bajo condiciones de laboratorio por ser menos económica que la de *D. saccharalis* ([Cenicaña, 1993](#)).

Producción masiva de *Genea (=Jaynesleskia) jaynesi* (Diptera: Tachinidae) en condiciones de laboratorio

Las evaluaciones de parasitismo en el valle del río Cauca han indicado que en algunos ingenios, a pesar de las liberaciones continuas de las moscas criadas comercialmente, el mayor grado de parasitismo se alcanza de manera natural con la mosca nativa de esta zona, *Genea jaynesi*, especialmente en *D. indigenella*. Por lo tanto, su cría masiva se mostraba prometedora para lograr un avance sustancioso en el control biológico de los barrenadores.

Comportamiento en el campo

Uno de los aspectos con que se inició su investigación fue el de determinar su comportamiento en el campo, y, para esto se contemplaron dos aspectos: 1) de que plantas se alimenta y 2) las horas de mayor actividad a lo largo del día. En lo que se refiere al primer punto, se sabía que las flores de la maleza llamada papunga o pega-pega (*Bidens pilosa*, Asteraceae) atraen un buen número de adultos para ofrecerles alimento de sus flores. Según el ingeniero Jaime Gaviria, en el ingenio Riopaila, la planta *Lippia nudiflora* (Verbenaceae) ofrece igualmente sus flores como receptáculo de néctares que alimentan a los adultos ([Cenicaña, 1994](#)). Por su parte, Luis Evelio Barco, comprobó (comunicación personal³) que esta mosca se puede alimentar de varias flores, entre ellas, dos especies, *Acmella oppositifoli* (Asteraceae) e *Hyptis lantanaefolia* (Lamiaceae), que se encuentran en los bordes de los lotes de caña. Vale la pena hacer énfasis en que el Sr. Barco igualmente registró que las flores del mango (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) son visitadas frecuentemente por los adultos para alimentarse ([Cenicaña, 1995](#)).

Al hacer recolecciones en el ingenio Mayagüez, en un parche de papunga, se detectaron dos picos de captura de adultos: uno, entre 9 y 11 a.m., y otro, hacia las 5 p.m. La mayor o menor captura en un sitio en particular puede estar asociada con ciertas condiciones ambientales. Las mejores capturas se dieron en sitios de alta luminosidad pero libres de sol directo, ausencia de vientos y una temperatura del ambiente superior a los 20°C. El tiempo extremadamente seco parece disminuir la actividad de los adultos.

Reproducción en el laboratorio

Después de haber notado una adaptación escasa de los adultos al ambiente del laboratorio, se hicieron algunos ensayos relacionados con el sustrato alimenticio. De cuatro alimentos ofrecidos simultáneamente, los adultos, mantenidos en cautiverio junto con el alimento, permanecieron más tiempo sobre el azúcar puro (53% de las observaciones), luego sobre las flores de papunga (28%), en tercer lugar sobre una solución de miel y jalea real (16%) y por último sobre las flores de *L. nudiflora*. Sin embargo, es posible que dejen de acudir a las flores mantenidas en agua, por agotamiento de las secreciones azucaradas. No se detectó que hubiera cópula y la mortalidad fue continua a lo largo del período de observación de 10 días. La evidencia de la cópula es que al hacer una disección del abdomen de una hembra, la masa de huevos, en un principio localizada en los ovarios, baja al útero después de que esta ocurre. En términos generales, los adultos se caracterizaron por tener un comportamiento muy nervioso en cautiverio. Para ver las características de la cría artificial, se inocularon ocho lotes de larvas de *D. saccharalis* (612 en total), con cresas obtenidas de hembras de campo disectadas. Bajo esas condiciones, se presentó una mortalidad del 40% de los individuos inoculados, 13.6% de las inoculaciones fallaron, 44.8% de las larvas dieron

³ Luis Evelio Barco, Marzo 2013, Gerente Bioagro, Cartago.

origen a un parásito y la emergencia de los adultos fue del 92%. Al disectar hembras capturadas en el campo, en ninguna de ellas fue encontrada con toda la carga de su progenie en estado de inmadurez o bien lista para ser descargada. Se concluyó, finalmente, que se pueden capturar adultos en el campo con relativa facilidad. Pero disectar las hembras allí capturadas con el propósito de utilizar las cresas para inocular larvas de *Diatraea*, no se justificaría si se tiene en cuenta que la maduración de los huevos que se encuentran dentro de la hembra es muy lenta y, en realidad, se sacrificaría un individuo que bajo condiciones naturales llevaría a cabo una labor muy eficiente.

Uso de *Trichogramma* para el control de *Diatraea*

En Colombia, existen varias referencias que han demostrado el uso exitoso de especies pertenecientes al género *Trichogramma* para controlar plagas en diferentes cultivos tales como algodón, soya, tomate y yuca. Sin embargo, en caña de azúcar no habían sido así hasta mediados de los años noventa y su empleo, tanto en Colombia como en otros países cañeros, había sido controvertido.

Con el objeto de aclarar el problema de la eficiencia de *Trichogramma* en caña, entre 1990 y 1996, Cenicaña hizo una serie de evaluaciones acerca del efecto de liberaciones comerciales de este parásito, posiblemente *T. pretiosum*, en tres fincas de Incauca. En ninguno de los tres ensayos se detectó un efecto de las liberaciones ni en las poblaciones de *D. indigenella*, ni en el parasitismo de sus huevos ([Gómez, 1990a](#)). Aún con liberaciones mensuales hasta de 100 pulgadas/ha (aproximadamente 250,000 individuos) no se logró una reducción del daño por *D. indigenella*, medido a través del porcentaje de entrenudos barrenados, en comparación con lotes testigo aislados en donde no hubo ninguna liberación ([Figura 4-1](#)). Se demostró, además, que las poblaciones naturales de *Trichogramma* ejercen altos niveles de parasitismo y que, bajo las condiciones de infestación en las fincas trabajadas, las liberaciones antes de los 6-7 meses de edad de la caña eran innecesarias, debido a que hasta ese momento, no existen poblaciones de huevos de la plaga que den origen a una población de larvas que cause daño ([Cuadro 4-4](#)). Allí se detectó la presencia de *Telenomus* sp., pero en porcentajes inferiores al 15% de los huevos parasitados.

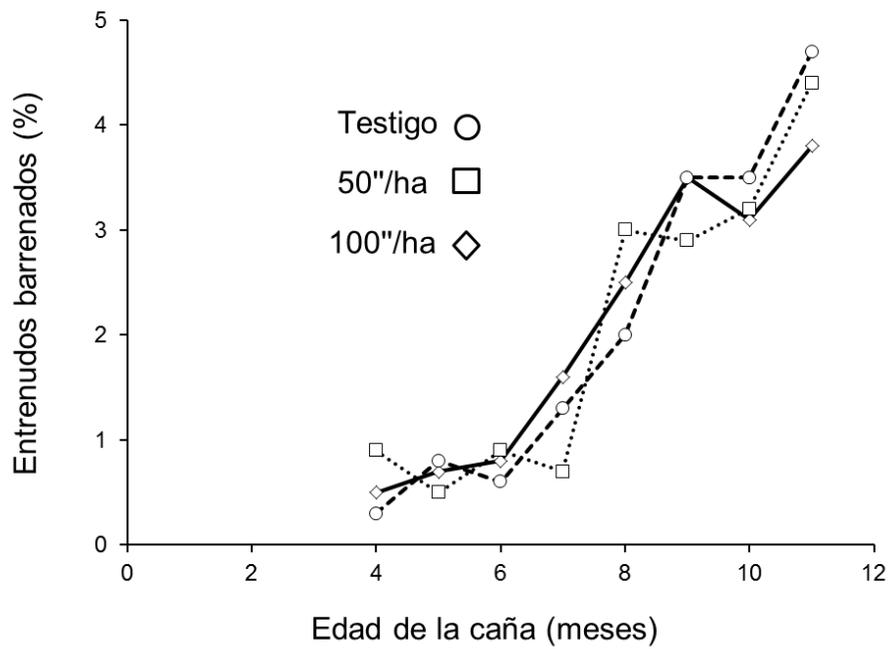


Figura 4-1 Variación en el daño (% de entrenudos barrenados) bajo dos niveles de liberación de *Trichogramma* sp. y un testigo sin liberación, desde los cuatro meses de edad de la caña hasta cosecha.

Cuadro 4-4 Población de huevos de *Diatraea* y parasitismo por *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp., en la Hda. La Gruta (Incauca)

Edad de la caña (meses)	Huevos recolectados				Huevos/ha		Parasitismo (%)				
	Lotes sin liberaciones		Lotes tratados		Lotes sin liberaciones	Lotes tratados	Lotes sin liberaciones		Lotes tratados		
	Masas	Huevos	Masas	Huevos			Trichogr. ⁽²⁾	Telenom. ⁽³⁾	Trichogr. ⁽²⁾	Telenom. ⁽³⁾	
2		1	15	1	6	670	270	0	0	0	0
3	Liberación	0	0	3	49	0	2180			0	0
4		0	0	0	0	0	0				
5		0	0	8	108	0	4180			38	
	Antes⁽¹⁾	10	132	16	204	5900	9000	26.5	0	45.1	0
6	Liberación										
	Después	13	89	5	64	4000	2800	0	0	0	0
7		9	101	5	54	4500	2900	22.8	7.9	22.2	0
8		10	177	7	104	7900	4600	67.8	0	69.2	0
9		22	350	32	447	15900	19900	39.1	0	34.9	7.2
	Antes⁽¹⁾	31	436	19	281	12900	19000	39.9	9.2	39.2	7.3
10	Liberación										
	Después	38	578	26	457	25700	20300	56.1	8.3	41.8	3.3
11		142	1960	80	1256	87000	62000	56.8	12.7	73.2	4.8
12		103	1581	60	831	81000	42600	68.1	6.9	74.8	4.4
14		85	1265	63	902	76700	57300	78.7	9.7	78.2	6

(1) Antes de la liberación

(2) *Trichogramma* sp.

(3) *Telenomus* sp.

Estos resultados prácticamente habían descartado a este parásito como controlador de las poblaciones del barrenador de la caña en el valle del río Cauca, cuando se entró en contacto con el Dr. J.C. Monje, especialista en *Trichogramma*, que sugirió identificar más precisamente a las especies asociadas con la caña de azúcar en Colombia. Fue así como se hicieron recolecciones de huevos de varias especies de *Diatraea* en diferentes regiones con caña de azúcar de Colombia. Se determinó que *T. exiguum* fue la única especie que se recuperó de huevos de al menos tres especies de *Diatraea* halladas en los campos de caña recorridos. Complementariamente, se identificó a los individuos producidos en los laboratorios de los ingenios como *T. pretiosum* (Cuadro 4-5) (Gómez et al., 1996). Esta evidencia sugirió que se había venido liberando la especie equivocada ya que hasta la fecha no había la preparación taxonómica necesaria para distinguir a las diferentes especies involucradas, y que *T. pretiosum* se ha adaptado muy bien a las condiciones artificiales de la cría masiva, volviéndose agresiva con otras especies de *Trichogramma*, hasta el punto de desplazarlas de las crías artificiales, a no ser que se tengan las especies en un aislamiento total entre sí. Cabe anotar, además, que es una especie muy efectiva para controlar otras especies plagas de otros cultivos.

Cuadro 4-5 Registro de las especies de *Trichogramma* halladas en huevos de *Diatraea* spp. recolectados en varias zonas de Colombia.

Origen	Huésped	Parasitoide
Laboratorios		
Ing. Providencia	<i>S. cerealella</i>	<i>T. pretiosum</i>
Ing. Manuelita	<i>S. cerealella</i>	<i>T. pretiosum</i>
Incauca	<i>S. cerealella</i>	<i>T. pretiosum</i>
Magdalena		
3 recolecciones en Sevilla	<i>D. rosa</i>	<i>T. exiguum</i>
Cesar		
2 recolecciones en el Ing. Sicarare	<i>D. rosa</i> <i>D. saccharalis</i>	<i>T. exiguum</i> <i>T. exiguum</i>
Cauca		
5 recolecciones en Incauca	<i>D. indigenella</i>	<i>T. exiguum</i>
Valle		
3 recolecciones ing. Mayagüez y Providencia	<i>D. indigenella</i>	<i>T. exiguum</i>
Risaralda		
2 recolecciones en el Ing. Risaralda	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. exiguum</i>
Nariño		
4 veredas de Sandoná	<i>D. saccharalis</i> <i>D. indigenella</i>	<i>T. exiguum</i> <i>T. exiguum</i>
Tolima		
1 recolección en Ambalema	<i>D. saccharalis</i>	<i>T. exiguum</i>

Considerando que si se hace una selección de otra especie más efectiva para controlar los huevos de *Diatraea*, se pueden abrir nuevas puertas para el control de esta plaga. Pensando en esto, se hizo un ensayo bajo condiciones de laboratorio, en que se ofrecieron simultáneamente huevos de *D. saccharalis*, *D. indigenella* y *Sitotroga cerealella*, el hospedero más comúnmente utilizado para la producción masiva de *Trichogramma*, tanto a *T. exiguum* como a *T. pretiosum*. Los resultados de estas pruebas se encuentran condensados en la [Figura 4-2](#). Allí se puede ver claramente que *T. exiguum* mostró una marcada preferencia por *D. indigenella*, seguida por *S. cerealella* y en último lugar *D. saccharalis*. Si bien *D. indigenella* fue aceptado por *T. pretiosum* como hospedero, el hospedero de cría comercial fue el más preferido; muy poca aceptación tuvo *D. saccharalis*. Estos resultados obtenidos en el laboratorio, en realidad, corroboran lo observado en el campo acerca de que *T. exiguum* es un parásito con mejores características para controlar a *D. indigenella* que *T. pretiosum* y que se constituye como una alternativa adicional para el control de los barrenadores

Diatraea ([Gómez et al., 1996](#)). La siguiente etapa fue, por lo tanto, obtener información básica para su producción comercial.

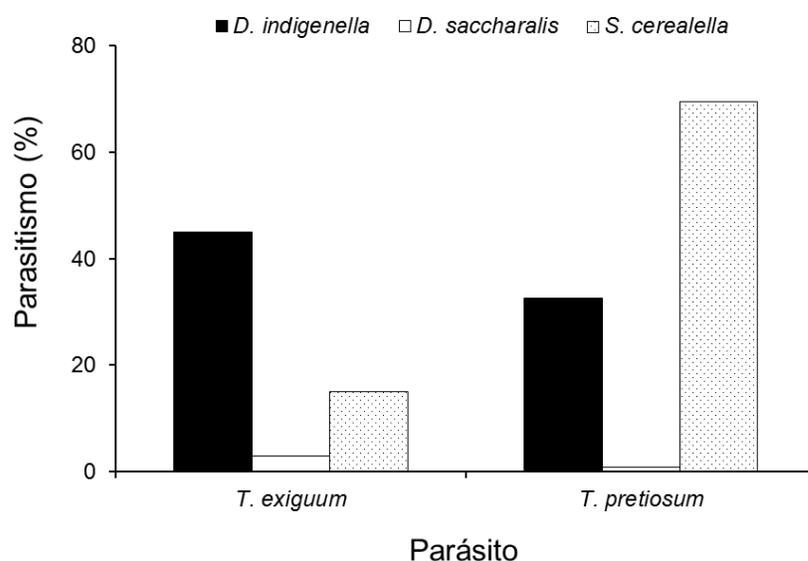


Figura 4-2 Preferencia de *T. exiguum* y *T. pretiosum* por dos especies de *Diatraea* y su hospedero de cría comercial, *Sitotroga cerealella*.

Duración del desarrollo de *Trichogramma*

En el [Cuadro 4-6](#) se resume la información acerca de la duración de los diferentes estados de desarrollo. Los datos que se presentan son aproximados si se tiene en cuenta que para hacer el seguimiento de su ontogenia no se pueden extraer los individuos del huevo hospedero sin matarlos y, por lo tanto, las observaciones se hicieron sobre individuos cubiertos por el corión del hospedero, acorde a signos indicadores de los cambios ([Díaz, 1996](#)), conocidos previamente. La duración total, desde la oviposición hasta la emergencia del adulto, fue de 211 horas, es decir 8.8 días, cuando se desarrolla en huevos de *D. indigenella*., pero de 187 horas, o sea 7.8 días, cuando el hospedero es *S. cerealella*, el hospedero de cría comercial. En términos generales, la duración de los estados de desarrollo de *T. exiguum* fue mayor en *D. indigenella*, excepto en el estado de larva, que fue más corta ([Díaz, 1996](#)). Se logró establecer que la longevidad de las hembras obtenidas de huevos de *D. indigenella* recolectados en el campo fue, en promedio, de 4.4 días con un máximo de 13; para las hembras de laboratorio, este promedio fue de 3.9 días con un máximo de 11 ([Díaz, 1996](#)). Cuando *T. exiguum* se desarrolla en huevos de *D. indigenella*, de un solo huevo pueden emerger 3.5

adultos en promedio, en tanto que de un huevo de *S. cerealella* tan sólo emergen 1.6. Esta diferencia se da como consecuencia del tamaño de los huevos ([Díaz, 1996](#)).

Cuadro 4-6. Duración (horas) de los estados inmaduros de *Trichogramma exiguum* sobre dos hospederos, *Diatraea indigenella* y *Sitotroga cerealella*.

Hospedero	Huevo	Larva	Prepupa	Pupa	Total
<i>D. indigenella</i>	26	74	44	67	211
<i>S. cerealella</i>	23	94	27	43	187

Efecto de la edad de los huevos del hospedero sobre su aceptación por *T. exiguum*

La edad de los huevos a utilizar en la cría comercial es importante ya que da pautas para programar y optimizar la producción de huevos. En el caso de *D. indigenella* como hospedero en campo, este aspecto no es tan importante, puesto que bajo condiciones naturales se encuentran huevos en todas las edades. Los datos de porcentaje de huevos parasitados agrupados según la edad (entre 0 y 4 días), ofrecidos simultáneamente con posibilidades de elección, mostraron que de los tres hospederos, los huevos más jóvenes fueron igualmente los más preferidos ([Figura 4-3](#)). Esta tendencia también había sido registrada con otras especies de *Trichogramma* y con otros hospederos, tanto plagas como de cría comercial. En consecuencia, para la producción masiva de *T. exiguum*, no se recomienda utilizar huevos de *S. cerealella* con edades superiores a los dos días, y esto obliga a su pronta utilización cuando en la producción comercial se tienen limitaciones para su almacenamiento en frío ([Díaz, 1996](#)).

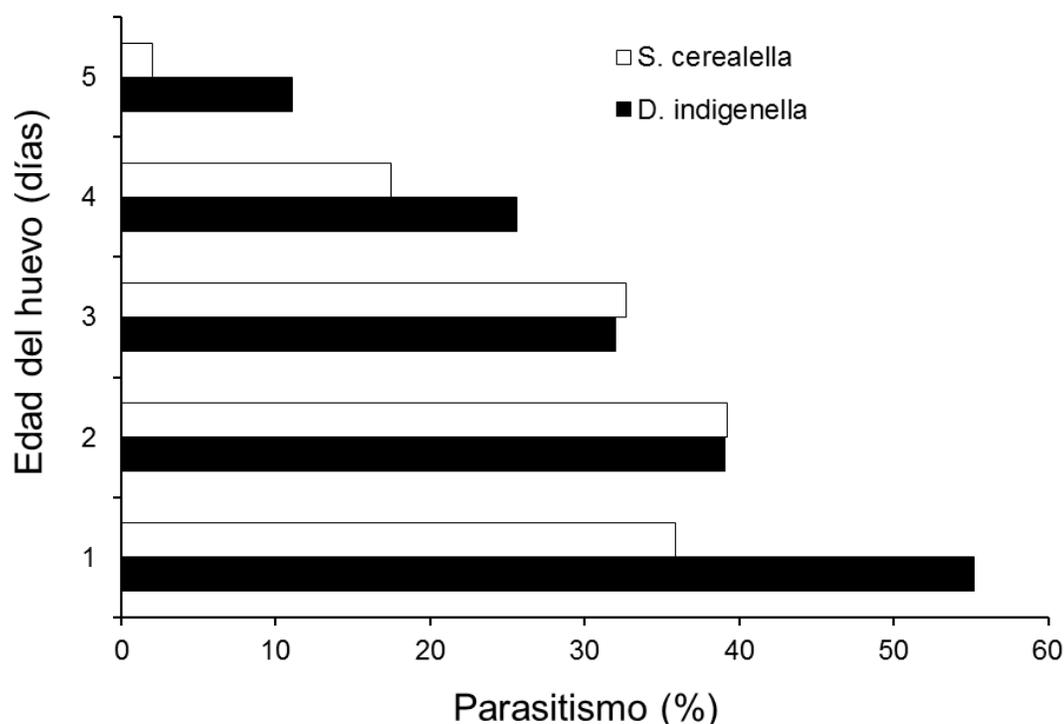


Figura 4-3 Efecto de la edad de los huevos (días) de dos hospederos de *T. exiguum*, *Diatraea indigenella* y *Sitotroga cerealella*.

Almacenamiento de huevos de *S. cerealella*

Considerando que una de las alternativas del manejo del material biológico en épocas de sobreproducción es su almacenamiento en frío, se desarrollaron experimentos en los que se estudió el efecto de diferentes tiempos de almacenamiento a una temperatura de 8°C. Se consideró primero, la situación en que se almacenan huevos sanos adheridos a las pulgadas de papel, hasta por sesenta días, y segundo, cuando los huevos se almacenan después de parasitarlos. En este último caso se consideraron dos situaciones: almacenamiento de huevos en que los parásitos se encuentran en el estado de larva y cuando ya han pasado al estado de pupa. En cuanto a los huevos sin parasitar, se encontró que, después, al ofrecérselos a *Trichogramma*, el número de huevos parasitados resultantes/pulgada² disminuyó significativamente a medida que se prolongó el tiempo de almacenamiento (Figura 4-4). Sin embargo, cuando el almacenamiento de los huevos se prolongó hasta 40 días, se obtuvieron 2,498 huevos parasitados/pulgada², valor que se ajusta a las normas de calidad reglamentadas por el ICA. En cuanto a otras medidas registradas, ni la

emergencia, ni la proporción de sexos ni la población de individuos atípicos se vio afectada por el almacenamiento de los huevos sin parasitar ([Díaz, 1996](#)).

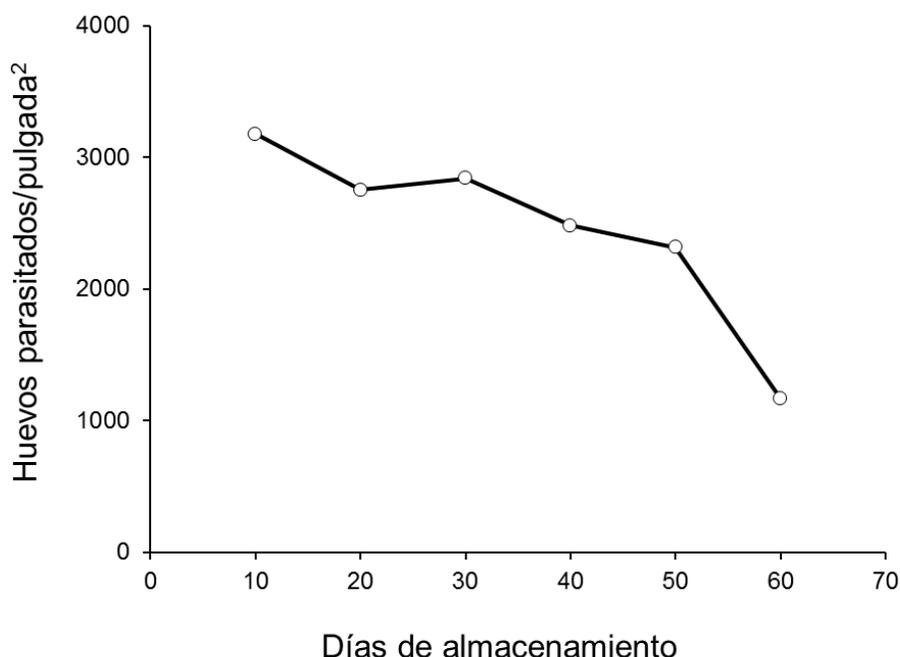


Figura 4-4 Parasitismo por *T. exiguum* sobre huevos sin parasitar de *S. cerealella* después de ser almacenados por diferentes períodos de tiempo a 8°C.

En lo referente al almacenamiento de los huevos parasitados, se notó que la emergencia de los adultos de *Trichogramma* disminuyó y la población de individuos atípicos aumentó, en función de la duración del almacenamiento, independientemente del estado de desarrollo en el momento del almacenamiento, pero se notó que la emergencia se vio más afectada cuando se almacenó en estado de larva ([Cuadro 4-7](#)). A pesar de que la proporción de sexos comenzó a invertirse favoreciendo la presencia de machos en los períodos más prolongados, en ninguno de los casos la proporción de sexos fue igual o menor a una hembra por cada macho, cumpliéndose así las normas de calidad del ICA. Sin embargo, para el caso de la proporción de individuos atípicos, esta superó significativamente la cantidad del 2%, valor límite exigido por la reglamentación del ICA. Por lo tanto, esta práctica no se considera recomendable, especialmente si se trata de individuos que van a ser destinados a liberaciones comerciales ([Díaz, 1996](#)).

Cuadro 4-7 Efecto del almacenamiento de huevos de *S. cerealella* parasitados por *T. exiguum* en estado de larva o de pupa.

Días de almacenamiento	Emergencia (%)	Proporción hembras:machos	Individuos atípicos (%)
Larva			
0	93.7 a ⁽¹⁾	1.8 ab	-
5	91.7 a	2.1 a	7.0 c
10	86.3 b	1.7 ab	10.2 c
15	82.2 b	2.1 a	16.0 b
20	54.9 c	1.9 a	18.1 b
30	13.6 d	1.6 b	23.4 a
Pupa			
5	92.7 a	2.4 a	6.0 c
10	92.3 a	2.1 a	11.0 c
15	82.4 b	1.2 b	24.0 b
20	75.5 c	1.4 b	26.0 ab
30	36.8 d	1.5 b	31.0 a

⁽¹⁾ Promedios en una columna seguidos por una misma letra no muestran diferencias estadísticas ($\alpha = 0.05$)

Alimentación de los adultos de *Trichogramma* en la fase de multiplicación comercial

Se buscó establecer que efecto tiene la alimentación de las hembras de *T. exiguum* durante la fase de incremento. Para esto, se desarrolló un experimento que consistió en evaluar la capacidad de parasitación de hembras mantenidas en ayuno, en comparación con hembras alimentadas permanentemente con 0.03 g de una solución de miel de abejas al 10% en agar como medio solidificante. Los resultados incluidos mostraron que cuando las hembras eran alimentadas un 75% de ellas parasitaron (hembras efectivas), mientras que cuando no se les brindó alimento sólo un 40% de ellas parasitaron los huevos ofrecidos (Cuadro 4-8). Sin embargo, el parasitismo en las hembras efectivas mostró un número similar de huevos por hembra, entre 16 y 17 huevos, entre las alimentadas y aquellas sin alimento respectivamente. Al analizar el número de huevos parasitados en función de la totalidad de las hembras incluidas en el experimento, se corroboró que la alimentación favorece la cantidad de huevos parasitados debido al hecho de que se incrementa la cantidad de hembras efectivas (Díaz, 1996).

Cuadro 4-8 Efecto del alimento sobre la capacidad parasítica de las hembras de *T. exiguum* en la fase de incremento comercial de las poblaciones.

Tratamiento	Hembras efectivas (%) ⁽¹⁾	Huevos parasitados / hembra	
		con hembras efectivas	con hembras totales
Con alimento	75 a ⁽²⁾	17 a	13 a
Sin alimento	40 b	16 a	6 b

⁽¹⁾ Hembras que en contacto con huevos de *S. cerealella* los parasitaron

⁽²⁾ Promedios en una columna seguidos por una misma letra no muestran diferencias estadísticas (Duncan, $\alpha = 0.05$).

Relación de incremento

La relación de incremento, también llamada multiplicación comercial, hace referencia al número de pulgadas con huevos de *S. cerealella* sin parasitar (pulgadas hijas) que serán expuestas a individuos de *Trichogramma* provenientes de una pulgada ya parasitada (pulgada madre). El ensayo buscó encontrar la relación de incremento o parasitación que, sin afectar la calidad del parasitoide producido, permita la forma más eficiente de incrementarlo bajo condiciones de cría comercial. Para esto se evaluaron tres relaciones (1 a 1, 1 a 3 y 1 a 6 de pulgadas madre por pulgadas hija) sin proporcionar alimento a los adultos de las pulgadas madre y cuatro relaciones de incremento: 1 a 1, 1 a 2, 1 a 3, y 1 a 4, en las que se suministró alimento a las hembras. Los resultados obtenidos mostraron que a medida que aumenta el número el número de pulgadas hijas por cada pulgada madre, disminuye la cantidad de huevos parasitados/ pulg² (Figura 4-5). En el caso de las hembras sin alimento, la cantidad de huevos parasitados fue muy baja en comparación con el caso en que las hembras se alimentaron.

Cuando se alimentaron las hembras, a partir de la relación 1 a 3 disminuyó la cantidad de huevos parasitados. A pesar de que los resultados con las dos últimas relaciones de multiplicación no fueron significativamente diferentes, la práctica ha mostrado que conviene utilizar la proporción 1 a 3 para satisfacer las normas requeridas por el ICA de 2200 huevos parasitados / pulg². De esta forma se corrobora que la alimentación de los adultos en la etapa de incremento juega un papel importante en lograr altos niveles de parasitismo (Díaz, 1996). Para el caso de *T. pretiosum*, la relación de incremento empleada comercialmente es de 1 a 4.

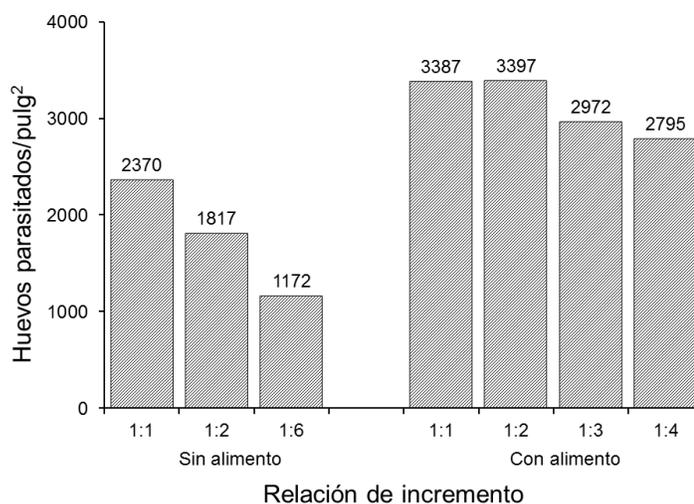


Figura 4-5 Relación de incremento para la producción comercial de *T. exiguum*.

Calidad de *T. exiguum* mantenido por varias generaciones en el laboratorio

Con el propósito de evaluar los posibles efectos de la endocría desarrollada tras generaciones sucesivas de cría en condiciones ambientales estables como son las del laboratorio, se hizo el análisis de la preferencia de oviposición por *D. indigenella* de individuos criados en el laboratorio continuamente, empleando *S. cerealella* como hospedero de cría comercial, y se comparó con la preferencia de individuos recién recolectados en el campo. La preferencia se estudió ofreciendo simultáneamente huevos de *D. indigenella* y de *S. cerealella*. La comparación se hizo mediante la propuesta de un índice de preferencia que consistió en el cálculo del cociente entre el porcentaje de huevos parasitados de *D. indigenella* sobre el porcentaje de huevos parasitados de *S. cerealella*. Las observaciones se hicieron cada 4 generaciones utilizando *Trichogramma* mantenido en laboratorio en comparación con *Trichogramma* traído de campo, hasta cumplir la generación cuarenta que se dio al año de iniciar el experimento. Los resultados expresados en la [Figura 4-6](#) mostraron un grado de preferencia variable, pero el mismo comportamiento preferencial hasta la generación número 12 (tres meses aproximadamente). Luego, entre las generaciones 16 (4 meses) y 36 (9 meses) las avispas de *Trichogramma* traídas de campo mostraron una mayor preferencia *D. indigenella* que por el hospedero de cría en comparación con los animales mantenidos en laboratorio. Sin embargo, en la generación número 40 el comportamiento preferencial se mostró semejante entre los dos tratamientos. A pesar de que no se puede asegurar que haya un deterioro de la preferencia como resultado de la cría sucesiva durante un año, de todas maneras se sugirió que cada seis meses se haga una renovación del pie de cría con material proveniente del campo ([Díaz, 1996](#)).

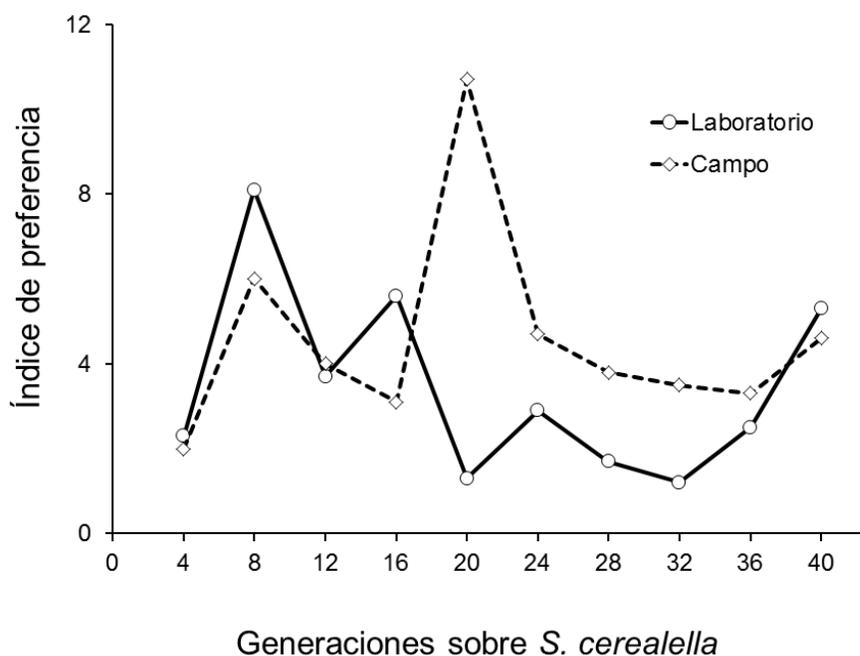


Figura 4-6 Índice de preferencia (% huevos parasitados de *D. indigenella* / % de huevos parasitados de *S. cerealella*) de individuos de *T. exiguum* mantenidos en laboratorio durante 40 generaciones en *S. cerealella*, en comparación con individuos de *T. exiguum* recolectados en campo de posturas de *D. indigenella*.

Efecto de las hormigas nativas sobre las liberaciones de *Trichogramma*

Considerando que el método más viable para liberar *Trichogramma* en el campo es el uso de la bolsa de papel perforada para colocar las pulgadas de papel con *S. cerealella* parasitadas, se hizo un reconocimiento de los problemas asociados con esta metodología (Gómez et al., 1998). Para esto se expusieron en el campo pulgadas parasitadas dentro de las bolsas y se hizo un seguimiento de su estado hasta 48 horas después. Uno de los problemas más evidentes fue la presencia de hormigas desprendiendo y acarreado los huevos parasitados hacia sus nidos. Se logró establecer que a las cuatro horas de distribuidas, cerca del 20% de las pulgadas expuestas estaban atacadas por las hormigas; un día más tarde, el 40% y dos días después, cerca del 80% (Figura 4-7). Este experimento indicó que los huevos parasitados tan como se distribuyen en el campo, se vuelven muy susceptibles a las hormigas.

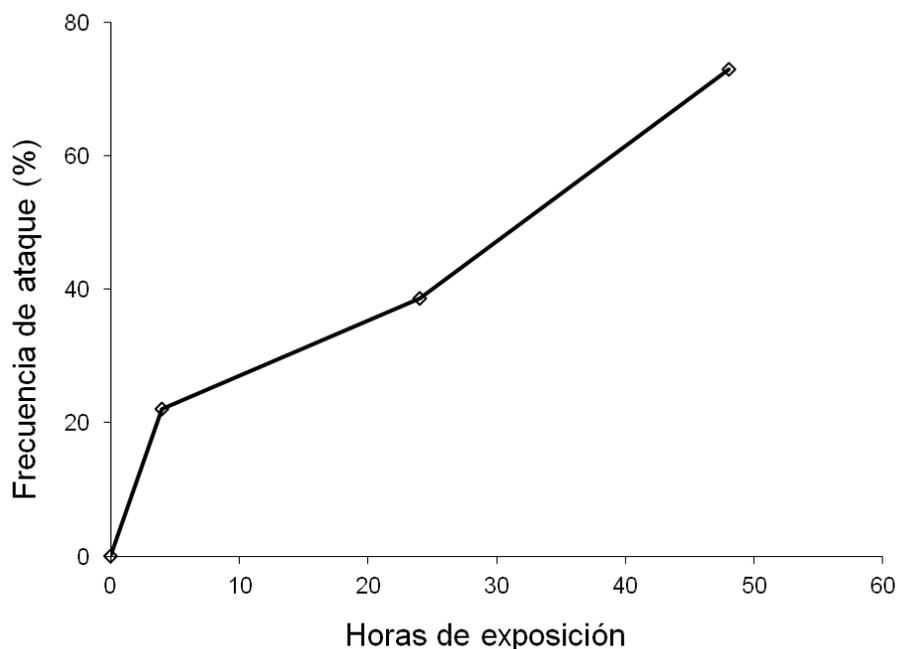


Figura 4-7 Frecuencia de ataque de las hormigas en campo a huevos de *S. cerealella* parasitados por *Trichogramma exiguum*.

Para hacer una evaluación más detallada del problema, se distribuyeron porciones de pulgada parasitadas en 31 sitios diferentes a lo largo del valle del río Cauca de la siguiente forma: 9 sitios en la zona norte, 12 sitios en el centro y 10 en la zona sur. Al identificar las hormigas capturadas, se determinó que dentro de la subfamilia Myrmicinae, tres géneros fueron los más comunes: *Wasmannia*, *Pheidole* y *Solenopsis*; y dentro de la subfamilia Formicinae, predominó el género *Nylanderia* (= *Paratrechina*). La cantidad de individuos pertenecientes a estos cuatro géneros, representó el 95% del total de la captura. Además, los cuatro géneros mencionados fueron los únicos que estuvieron en el norte, el centro y el sur del Valle del río Cauca.

Con el propósito de conocer el comportamiento de depredación de las hormigas, se empleó una caja plástica transparente con huecos laterales para contener y distribuir porciones de pulgada parasitadas. Una vez distribuidas, en forma periódica se comprobó que cajas habían sido detectadas, el número de hormigas presentes en cada caja y el porcentaje de huevos de *S. cerealella* acarreados. Tal como lo muestra el Cuadro 4-9, *Wasmannia auropunctata*, la única especie capturada, fue la que más rápido pudo detectar los huevos de *S. cerealella* parasitados: una hora después de haber distribuido las cajas, 85% de ellas habían sido detectadas. Las obreras de *Pheidole*, pudieron detectar los huevos parasitados con la misma rapidez que lo hicieron las de *Wasmannia* pero parece que al menos en un período de 8 horas, algunos no fueron detectados. Sin

embargo, una vez que lo hacen son muy activas y en algunos casos, tan sólo en 30 min. fueron capaces de llevarse la totalidad de los huevos. Por otro lado, las obreras de *Nylanderia longicornis*, la especie recolectada, son forrajeras activas pero no parecen ser particularmente atraídas por los huevos parasitados, al menos en un período de 8 horas de exposición. Sin embargo, una vez que los localizan, muchas obreras acuden para llevar a cabo el proceso de acarreo.

Cuadro 4-9 Comportamiento depredador de hormigas de los géneros *Wasmania*, *Pheidole* y *Nylanderia* (= *Paratrechina*) sobre huevos de *Sitotroga cerealella*.

Especies	Tiempo de exposición (horas)	No. de recipientes detectados(%)	No.de obreras por caja	Depredación %
<i>Wasmania</i>	1	85	22	0
	3	90	27	16.0
	8	100	22	82.0
<i>Pheidole</i>	1	60	34	64.0
	3	70	18	88.5
	8	70	0	97.1
<i>Nylanderia</i>	1	0	0	0
	3	20	40	-
	4	20	40	100.0

Para estudiar la agresividad de las hormigas, además de la caja plástica ya mencionada, se utilizaron otros dos recipientes: una bolsa de tela sintética y una copa plástica cubierta con tela sintética semejante. Después de dejar los recipientes en el campo, cada 30 minutos, se registró el número de obreras dentro y fuera de los recipientes. Cuatro horas después, todos los recipientes y su contenido fueron recogidos y almacenados en un congelador para así identificar cuidadosamente a los individuos capturados. Los resultados indicaron (Cuadro 4-10) que la agresividad de estas hormigas puede variar de acuerdo al tipo de recipiente.

Cuadro 4-10 Presencia de obreras de los géneros *Wasmannia*, *Pheidole* y *Nylanderia* (= *Paratrechina*) en dos tipos de recipientes conteniendo huevos de *Sitotroga cerealella*.

Género	Presencia de obreras ⁽¹⁾		
	Bolsas plásticas	Bolsa de tela	Cubeta plástica
<i>Wasmannia</i>	+++	++	+
<i>Pheidole</i>	+++	+	-
<i>Nylanderia</i>	+	-	-

⁽¹⁾ +++ : Abundante; ++ : Varias; + : Pocas; - : Ninguna.

Una vez que las obreras de *W. auropunctata* detectan los huevos parasitados, insisten en alcanzarlos aún bajo la presencia de una barrera tal como la tela sintética, ya bien sea si están cerca como en el caso de la bolsa de tela o bien lejos, como con la copa cubierta de tela. Siempre lograron romper la tela y penetrar el recipiente para llevarse los huevos. El comportamiento de *Pheidole* varió de acuerdo con la especie involucrada. Dos especies fueron distinguidas debido a diferencias en su tamaño. La más grande respondió a la presencia de los huevos, pero a pesar de su tamaño, no fue capaz de romper la tela en un período de 8 horas. La de menor tamaño, sí fue capaz de romper la tela y entrar en la bolsa, pero ninguna fue hallada sobre la tela o dentro de los recipientes plásticos con tapa de tela. Tal como se mencionó anteriormente, *Nylanderia* no es muy atraída por los huevos parasitados y en ningún caso se le encontró sobre o dentro de la bolsa o copa plástica.

Debido a su abundancia, comportamiento y capacidad para superar barreras como la tela sintética, *W. auropunctata* es la especie más agresiva para depredar a *T. exiguum* desarrollándose en huevos de *S. cerealella* y la sigue *Pheidole*, especialmente la especie más pequeña. Por lo tanto, cualquier metodología empleada para la liberación comercial de este parasitoide en caña de azúcar tiene que estar orientada a evitar su ataque.

Control de calidad del control biológico utilizado para *Diatraea* spp.

Dados los incrementos del daño por *Diatraea* spp. reportados en el año 2005, especialmente en la zona centro del valle del río Cauca ([Vargas et al., 2005](#)), se plantearon, entre otras acciones, el análisis de las posibles causas del brote, entre ellas el control de calidad de los enemigos naturales utilizados en el control de los barrenadores. [Obando \(2007\)](#) realizó una encuesta a nueve laboratorios productores de taquínidos en el valle del río Cauca, entre ingenios y laboratorios particulares, con el fin de caracterizar diferentes parámetros de producción de estos insectos, utilizando específicamente a *L. minense*, la especie más comercial para el manejo de *Diatraea* spp. Se encontró que existe variabilidad entre los laboratorios productores de *L. minense* con relación al peso de los puparios (rango entre 19 y 45 mg), el porcentaje de emergencia de adultos (rango entre 55 y 96%), el porcentaje de individuos atípicos (rango entre 1 y 12%), la mortalidad de las hembras durante el período de gestación (rango entre 3 y 50%) y el número de crasas por hembra (rango entre 289 y 546). Además, encontró una alta correlación entre el peso de los puparios, la progenie total producida y el grado de actividad de la progenie. Por lo tanto, el peso del pupario se podría considerar como un factor crítico en el aseguramiento de la actividad parasitaria de las moscas en el campo. De acuerdo con las conclusiones alcanzadas en este trabajo y teniendo en cuenta los valores de los parámetros que fueron cumplidos por la mayoría de los laboratorios consultados (al menos el 70%), se podría considerar que las siguientes recomendaciones se consideran deseables (mínimas) para el mantenimiento de una buena producción de *L. minense* a nivel de cría masiva, y asegurar su eficiencia en el campo:

- El peso del pupario debería de ser de al menos 30 mg.
- Un lote de moscas no debería presentar una emergencia de adultos inferior al 85%.
- Un lote de moscas no debería presentar un porcentaje de individuos atípicos superior al 4%.
- Un lote de moscas no puede presentar una mortalidad de hembras en gestación (10 primeros días después de la emergencia) superior al 12%.
- Un lote de moscas no debería presentar un número de crasas por hembra inferior a 390 crasas.

Con respecto al control de calidad de *Trichogramma exiguum*, hasta hace algún tiempo el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) realizaba la certificación para las especies de *Trichogramma* y en el caso específico de *Trichogramma exiguum* tiene los siguientes requerimientos:

- La especie debe estar debidamente identificada como *Trichogramma exiguum*.
- Se debe renovar la cría cada seis meses adquiriendo material parental o cepas puras de entidades certificadas como tal. En la actualidad este servicio es prestado por Cenicaña.
- Cada pulgada cuadrada deberá tener 2.200 huevos de *Sitotroga cerealella* parasitados por *T. exiguum*, en donde el porcentaje de huevos parasitados y eclosionados debe ser de al menos el 80% y la relación de sexos será de 1:1.5 hembras por machos, respectivamente.
- En caso de manejar especies diferentes en el mismo laboratorio, cada especie debe ser manejada en cuartos o sitios separados o aislados.
- El porcentaje de individuos atípicos debe ser inferior al 2%.
- La fecha de almacenamiento en frío no debe exceder los 10 días luego de la parasitación, tiempo durante el cual el material debe ser conservado a 10°C y 65% de humedad relativa.

Capítulo 5

Resistencia varietal

Los estudios relacionados sobre la resistencia varietal de la caña a los barrenadores pertenecientes al género *Diatraea* fueron enfocados por Cenicaña como una forma de caracterizar las variedades promisorias del programa de mejoramiento, en términos de su resistencia o susceptibilidad, y no como parte de un esquema de mejoramiento en el que se busque todo un proceso de incorporación de características de resistencia a través de cruzamientos y selección de progenies resistentes. Para llevar a cabo esta caracterización inicialmente se pensó en desarrollar una metodología que permitiera en poco tiempo y en una forma estandarizada infestar y evaluar el daño así obtenido, de tal forma de disponer de información de diferentes evaluaciones que fuese comparable a través del tiempo. Se hicieron infestaciones artificiales en plantas del campo con masas de huevos, pero la sobrevivencia fue muy baja y el daño resultante fue escaso. Más tarde, se ensayaron varias técnicas para infestar plantas de cuatro variedades comerciales (Ej., perforando los tallos para introducir larvas de *D. saccharalis*, realizando infestaciones semanales de cinco larvas/cepa e infestando plántulas con larvas jóvenes), pero nuevamente, los resultados no mostraron diferencias concluyentes ([Cenicaña, 1985](#)). Finalmente, se desarrolló una metodología en condiciones de casa de malla, que permitió caracterizar las variedades en cuanto a su reacción a infestaciones artificiales de larvas de *Diatraea*, evitando la acción de enemigos naturales, y la pérdida de individuos infestados por migración espontánea hacia otras plantas.

Efecto varietal

Para medir el efecto varietal al daño por *Diatraea* en un primer experimento se infestaron 24 tallos de cada una de dos variedades de caña, V 71-51 y MZC 74-275, con huevos de *D. saccharalis* y *D. indigenella*. Posteriormente se rajaron 3 tallos de cada variedad para ver el desarrollo de la infestación y de los individuos a los 20, 30, 40, 50 y 60 días después de la infestación (d.d.i.). La [Figura 5-1](#) condensa la información sobre el grado de desarrollo de las larvas de las dos especies en las dos variedades ([Naranjo, 1998](#)). En cuanto al efecto varietal, se constató que el ciclo de vida de *D. saccharalis* fue más corto en V 71-51 que en MZC 74-275. En V 71-51 se obtuvieron las primeras pupas a partir de los 30 d.d.i., mientras que en MZC 74-275, a los 40; los primeros adultos hallados en V 71-51 ocurrió a los 40 d.d.i., mientras que en MZC 74-275, a los 50. En el caso de *D. indigenella*, también se observó una mayor frecuencia de estados más avanzados en los individuos alimentados en V 71-51

que en los alimentados con MZC 74-275. Esto indica que la calidad nutricional de V 71-51 es mejor que la de MZC 74-275 puesto que permite un desarrollo más rápido de los individuos.

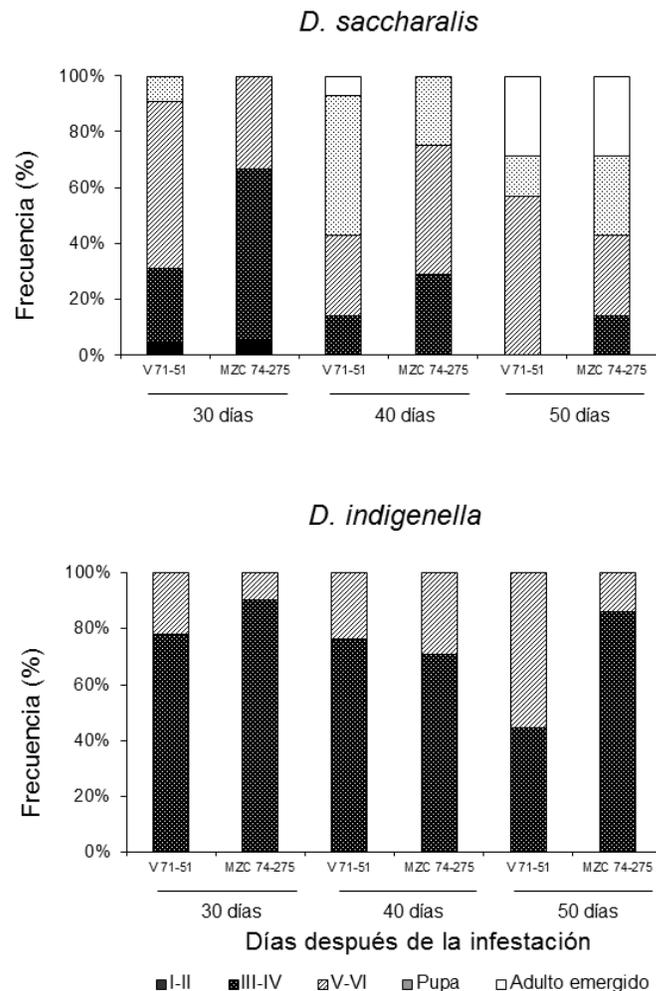


Figura 5-1 Frecuencia de los estados de desarrollo de dos especies de *Diatraea* halladas en las variedades V 71-51 y MZC 74-275 después de una infestación artificial.

Al comparar el desarrollo de *D. saccharalis* con el de *D. indigenella* se corroboró la mayor duración del desarrollo de la primera en relación con la segunda, tal como se había expresado en el capítulo sobre biología. En el momento de analizar el proceso de infestación, se comprobó la presencia de diferentes tipos de daño relacionados con el tamaño de las larvas y descritos en la sección correspondiente a comportamiento, como raspado de los tejidos externos, galerías externas (fuera del tallo) en las yaguas, perforaciones en el tallo, galerías internas y se identificó lo que se denominó

como galería de salida, hecha por la larva cuando está próxima a formar el estado de pupa y que se caracteriza por ser más ancha y por la presencia del orificio de salida (Naranjo, 1998). En relación con la frecuencia de cada tipo de daño a través del tiempo de cada especie en cada variedad (Figura 5-2) se verificó que en V 71-51 se presentan primero los daños asociados con un mayor desarrollo, tal como es el caso de las galerías de salida. Para el caso de *D. saccharalis* se presentaron en V 71-51 a los 30 días, en tanto que en MZC 74-275 se presentaron a los 40 días. Con *D. indigenella*, esta misma tendencia se reflejó pero más tarde, como consecuencia de su ciclo de desarrollo más largo.

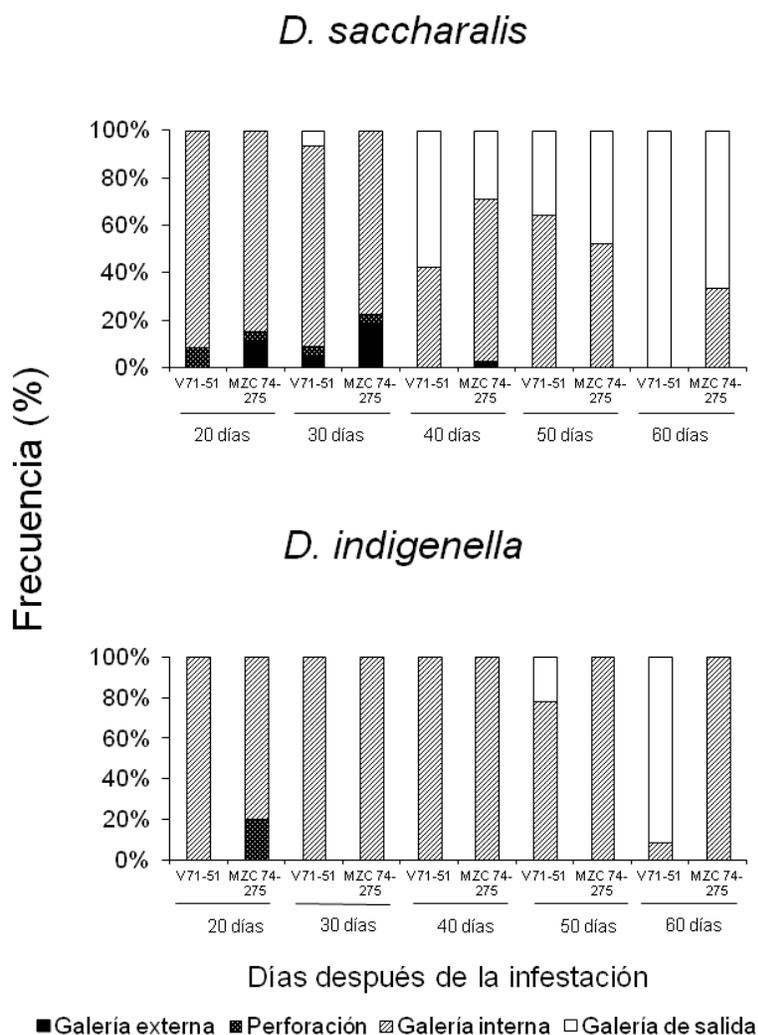


Figura 5-2 Frecuencia de la ubicación de las larvas de dos especies de *Diatraea* en los diferentes tipos de daño en V 71-51 y MZC 74-275 después de una infestación artificial.

Tipos de resistencia

El siguiente paso consistió en establecer si la resistencia que una variedad puede presentar al barrenador está asociada con mecanismos que inducen a un rechazo o no preferencia (antixenosis), o bien porque se asocia con características bioquímicas que hacen que las larvas retrasen su desarrollo o que se afecte negativamente su sobrevivencia (antibiosis).

Antixenosis

Preferencia para la oviposición. Se llevaron a cabo una serie de ensayos en que se confinaron adultos de *D. saccharalis* con tallos completos junto con sus hojas, de variedades catalogadas como poco atacadas y de variedades muy atacadas. Después de un cierto tiempo se registró el número de masas depositadas sobre las hojas en cada una de las variedades. Luego de repetir cuidadosamente estas pruebas, se concluyó que las hembras no muestran preferencia por alguna de las variedades para dejar sus huevos ([Naranjo, 1998](#)).

Preferencia alimenticia. Esta evaluación se realizó utilizando trozos de tallos de dos variedades poco atacadas (RB 72-373 y CC 87-231), de acuerdo con información derivada de la evaluación de daño por barrenadores que se le hace a las pruebas regionales, y de dos muy atacadas, CC 87-251 y CC 86-105, asegurándose que su longitud fuera suficiente para tener una yema entre dos porciones de entrenudo. Los extremos fueron tapados primero con una película de parafina derretida y luego con papel aluminio para evitar la deshidratación y un fácil acceso de las larvas al tejido del cual ellas se alimentan. Se colocaron cinco trozos de cada una de las variedades en una caja de plástico (32 x 23 x 10 cm) que contenía hasta la mitad arena, para mantenerlos verticalmente al enterrar uno de sus extremos. Finalmente se aseguraron con una capa de parafina. La infestación se realizó artificialmente con dos larvas de tercer instar por trozo, para un total de 40 larvas por repetición, que se dejaron descolgar y caer libremente en cualquier parte de la bandeja. Para evitar la migración y pérdida de las larvas se colocó cinta transparente adherida por sus dos caras alrededor de la caja, asegurando con esto que quedaran pegadas en caso de querer escapar. Se montaron de esta forma tres repeticiones. Se rajaron los trozos al décimo día después de la infestación, evaluando el número de larvas encontradas en cada uno de ellos y la longitud de las galerías realizadas por las larvas. Considerando que la preferencia es en realidad la interacción entre el efecto de las variedades ofrecidas, se consideró montar un ensayo con las mismas variedades pero sin la posibilidad de elección, es decir, forzando a las larvas a permanecer sobre las variedades consideradas a través de su confinamiento. Para esto, se evaluaron las cuatro variedades por separado, colocando 20 trozos de una sola variedad por bandeja, e infestando con dos larvas de cuarto instar por trozo. De esta forma se repitió el montaje tres veces para cada variedad. La evaluación se hizo en forma semejante al ensayo antes descrito. En la prueba de preferencia, los datos registrados en el [Cuadro 5-1](#) indicaron

que la variedad CC 86-105, catalogada como muy atacada, fue muy preferida, lo que se reflejó en la longitud total de las galerías y en el promedio de su longitud. Le siguió en preferencia la variedad CC 87-251, también catalogada como muy atacada, pero sin ser una variedad en donde se hallaran galerías largas y abundantes. Las otras dos variedades, ambas caracterizadas como poco atacadas, mostraron pocas galerías y de longitud reducida ([Naranjo, 1998](#)). El ensayo de aceptación corroboró los resultados logrados en el ensayo de preferencia, aun cuando en este último no se detectó una diferencia bien marcada entre CC 87-251 (muy atacada) y CC 87-231 (poco atacada). Ambos ensayos mostraron claramente que la variedad CC 86-105 es muy atacada por ser muy preferida y que la variedad RB 72-373 no es preferida y, además, es rechazada cuando no hay otras alternativas de alimento. [Naranjo \(1998\)](#) encontró que el tipo de daño causado por las dos especies, *D. saccharalis* y *D. indigenella*, era similar por lo que el uso de *D. saccharalis* en los estudios de antibiosis era más conveniente ya que se disponía de un método de cría artificial de esta especie, lo que no ocurría con *D. indigenella*.

Cuadro 5-1 Preferencia (libre elección) y aceptación (sin elección) de alimento expresada por larvas (IV instar) de *D. saccharalis* al ofrecerles dos variedades poco atacadas y dos variedades muy atacadas en el campo.

Variedad	Caracterización	Longitud de las galerías (cm)	
		Total	Promedio
<i>Preferencia</i>			
CC 86-105	Muy atacada	60 a ⁽¹⁾	8.5 a
CC 87-251	Muy atacada	8 b	2.1 b
CC 87-231	Poco atacada	3 b	0.9 b
RB 72-373	Poco atacada	1 b	0.6 b
<i>Aceptación</i>			
CC 86-105	Muy atacada	97 a	7.2 a
CC 87-251	Muy atacada	17 b	1.7 b
CC 87-231	Poco atacada	15 b	1.7 b
RB 72-373	Poco atacada	7 b	1.4 b

⁽¹⁾ Promedios en una columna seguidos por una misma letra no muestran diferencias estadísticas (Duncan, $\alpha = 0.05$).

Antibiosis

Para medir el efecto de antibiosis se utilizaron tallos completos de tres variedades consideradas como muy atacadas (Susceptibles: CC 86-105, CC 87-251 y CC 84-75) y tres consideradas como poco atacadas (Resistentes: CC 83-19, CC 87-231 y RB 72-373). Los tallos fueron colgados en casa de malla y se mantuvieron frescos mediante la metodología de inmersión de su extremo inferior en agua para garantizar que se mantuvieran en buen estado. Se utilizaron 15 tallos de cada variedad que fueron infestados artificialmente con cinco larvas de cuarto instar por tallo, colocándolas indistintamente a lo largo de este. La evaluación se realizó cuatro semanas después de la infestación y se midió la frecuencia relativa de los estados de desarrollo y la sobrevivencia de los individuos infestados. La **Figura 5-3** muestra la frecuencia de abundancia de los diferentes estados de desarrollo en el momento de la evaluación en las diferentes variedades. En las variedades muy atacadas el desarrollo de los individuos es rápido puesto que algunos de ellos se encuentran ya en el estado de adulto. En las variedades poco atacadas, sólo en la CC 87-231 se encontraron unos adultos. En la variedad RB 72-373 no se encontró ninguno aún cuando hubo un buen número de pupas. En CC 83-19, todos los individuos hallados se encontraban en estado larval ([Naranjo, 1998](#)).

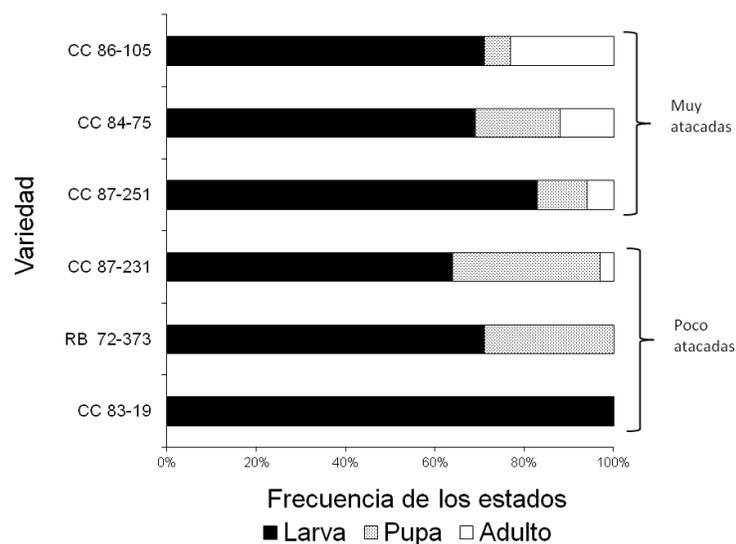


Figura 5-3 Frecuencia (%) de los estados de desarrollo luego de dos semanas de infestación en seis variedades de caña: tres caracterizadas como resistentes (poco atacadas) y tres, como susceptibles (muy atacadas).

Si se considera la sobrevivencia de los individuos infestados (**Cuadro 5-2**), CC 86-105, una variedad muy atacada, permitió una recuperación alta. En contraste, RB 72-373 y CC 83-19, dos variedades poco atacadas, permitieron baja sobrevivencia. Inesperadamente CC 87-231, poco atacada, permitió la segunda mayor sobrevivencia. Las dos variedades restantes, CC 84-75 y CC 87-

251, caracterizadas por ser muy atacadas permitieron una recuperación intermedia. En conclusión, los mecanismos de resistencia al barrenador presentes en la caña de azúcar involucran posiblemente más a la antibiosis que la antixenosis y se manifiestan en una baja sobrevivencia y en un desarrollo más lento de los individuos. La antixenosis no se manifestó bajo las condiciones del experimento en el proceso de oviposición llevado a cabo por las hembras adultas que, entre otras, son las que tienen la capacidad para desplazarse en condiciones naturales y seleccionar el mejor substrato para depositar sus huevos y asegurar una alimentación adecuada para su descendencia. En el estado larval, los individuos mostraron preferencia por algunas variedades que, en realidad, coinciden con aquellas donde se desarrollan mejor.

Cuadro 5-2 Porcentaje de sobrevivencia de larvas de *D. saccharalis* en seis variedades de caña, tres catalogadas como muy atacadas y tres como poco atacadas.

Variedad	Caracterización	Sobrevivencia (%)
CC 86-105	Muy atacada	52 a ⁽¹⁾
CC 84-75	Muy atacada	24 abc
CC 87-251	Muy atacada	20 bc
CC 87-231	Poco atacada	44 ab
RB 72-373	Poco atacada	12 c
CC 83-19	Poco atacada	16 c

⁽¹⁾ Promedios en una columna seguidos por una misma letra no muestran diferencias estadísticas (Duncan, $\alpha = 0.05$).

Metodología de evaluación de la resistencia

Sabiendo que la antibiosis es el tipo de resistencia operante en caña de azúcar para el barrenador del tallo, se prosiguió a establecer una metodología de evaluación que permitiera la caracterización de las variedades en términos de dicha resistencia. Se consideraron variantes como la utilización de tallos completos o trozos de tallo, el tamaño y la parte del tallo de donde sacar el trozo (basal, media o apical), la edad de las larvas empleadas en la infestación, el sitio donde realizar la evaluación, la presencia de la yagua o una simulación de esta y los días después de la infestación para realizar la evaluación. Para lograr una buena respuesta de daño se determinó hacer la evaluación utilizando los materiales y los métodos que a continuación se describen. La metodología propuesta para la evaluación de la resistencia al barrenador del tallo *Diatraea* spp. consiste en tomar quince trozos, de dos yemas cada uno, de la porción media de la longitud total de los tallos de la variedad a evaluar, los cuales deben estar entre los ocho y los 10 meses de edad. Los extremos de cada trozo son tratados con una solución desinfectante (Ej. Caboxin-Captan), en una concentración de ocho gramos por 10

litros de agua. Posteriormente los trozos son cubiertos con una capa de parafina derretida y con papel aluminio sujetado con bandas de caucho para disminuir la desecación del trozo y evitar un fácil acceso de la larva al tejido del cual ellas se alimentan.

Los trozos se colocan en una caja plástica (32 x 23 x 10 cm) con arena hasta la mitad, sosteniéndolos verticalmente al enterrar uno de sus extremos y al agregar en la superficie de la arena parafina derretida, la cual al enfriarse forma una capa dura que asegura firmemente los trozos. Las bandejas son colocadas en casa de malla para realizar la infestación y la evaluación en general. La infestación se realiza artificialmente con 30 larvas de IV instar por bandeja, a razón de dos larvas por trozo, las cuales se dejan descolgar y caer libremente en cualquier parte de la bandeja. Para evitar la pérdida de las larvas se coloca una cinta transparente adherida por sus dos caras alrededor de la caja, asegurando con esto que se queden pegadas en caso de escape. La evaluación se realiza a los quince días después de la infestación, para calcular el índice de evaluación que permitirá la caracterización de la variedad, como resistente, intermedia o susceptible. Para lograr una evaluación confiable de resistencia, se deben escoger parámetros que cumplan ciertos requisitos dentro de los cuales los más importantes son: 1. Una variabilidad reducida que permita una buena diferenciación entre variedades resistentes y variedades susceptibles, 2. Una estabilidad en los resultados, en el sentido que se mantengan las diferencias entre las variedades bajo diferentes condiciones de espacio y tiempo, 3. Facilidad en la medición, para poder realizar una evaluación rápida y confiable.

Para poder establecer cuáles de los parámetros utilizados en las diferentes evaluaciones cumplieran de mejor manera los requisitos para obtener una buena caracterización de las variedades según su resistencia, se hizo un ensayo utilizando la metodología de trozos propuesta para este tipo de evaluación, escogiendo diez variedades diferentes, dentro de las cuales se encontraban variedades catalogadas como resistentes y como susceptibles; se incluyeron dos variedades comerciales. Dentro de las catalogadas como resistentes se escogieron CC 83-19, RB 72-373, CC 87-231 y CC 87-473; como susceptibles CC 86-105, CC 87-251 y CC 84-66; y como variedades comerciales CC 85-92 y V 71-51.

Se evaluaron parámetros que medían el efecto varietal directo sobre la biología del insecto, tales como la sobrevivencia y el peso promedio de los individuos recuperados, y parámetros que evaluaban el daño que realizaban las larvas en cada una de las variedades, tales como el número de perforaciones y la longitud total y promedio de las galerías. De los datos registrados, se escogió uno que midiera efecto directo sobre la biología del insecto y otro que midiera daño en la variedad y se comparó con el comportamiento de la variedad en el campo con respecto a niveles de daño. Con estos dos parámetros se estableció un índice de evaluación de resistencia, el cual permitió la caracterización de las variedades según el grado de resistencia al barrenador del tallo, *Diatraea* spp. En el Cuadro 5-3 se registran los resultados de los parámetros más representativos, utilizados para evaluar las 10

variedades seleccionadas, junto con la caracterización realizada con base en los datos obtenidos en las pruebas regionales hechas en campo.

Cuadro 5-3 Evaluación de la respuesta de 10 variedades de caña a la infestación con larvas de *D. saccharalis*.

Variedad	Caracterización ¹	Recuperación de individuos (%)	Longitud promedio de la galería (cm)
CC 84-66	Muy atacada	16.7 bcd ²	4.1 abcd
CC 84-75	Muy atacada	8.3 bc	5.0 ab
CC 86-105	Muy atacada	33.3 a	6.6 a
CC 87-251	Muy atacada	13.3 bcd	2.2 bcd
CC 83-19	Poco atacada	0.0 e	1.1 d
CC 87-231	Poco atacada	6.7 cde	2.6 bcd
CC 87-473	Poco atacada	21.7 ab	4.2 abcd
RB 72-373	Poco atacada	3.3 de	1.7 cd
CC 85-92	Testigo comercial	11.7 bcde	5.1 ab
V 71-51	Testigo comercial	11.7 bcde	4.5 abc

¹ Según pruebas regionales.

² Valores en la misma columna identificados con igual letra no difieren significativamente al 5%, según la prueba de Duncan.

Los resultados generados con la metodología de evaluación propuesta son consecuentes con el comportamiento observado en campo, exceptuando el de dos variedades en las cuales se presentó un cambio con relación a la conducta de las larvas; estas variedades fueron CC 87-251, que en campo mostró una alta susceptibilidad y que bajo esta metodología presentó grado de resistencia, y CC 87-473 que mostró un comportamiento contrario al de la anterior. Se determinó que las variedades CC 86-105 y CC 83-19 presentaron un comportamiento contrastante, como se observó en ensayos anteriores, que se mantuvo constante en todos los parámetros de evaluación. Por lo anterior se escogieron como patrones extremos de comparación.

Adicionalmente a esto, se escogió como parámetro de evaluación del efecto sobre la biología del insecto a la sobrevivencia, y como parámetro de evaluación de su capacidad de daño a la longitud promedio, por ser esta menos variable que la longitud total aún cuando estas dos variables estuvieron muy relacionadas. Involucrando estos dos parámetros y utilizando los dos patrones de comparación escogidos, se elaboró el Índice de Resistencia al Barrenador (I.R.B.) y una escala de evaluación con cinco rangos diferentes, la cual se propone para la caracterización de las variedades en términos de

resistencia. El índice es definido como la relación en porcentaje entre la suma de la recuperación (%) y de la longitud promedio de la variedad, y la suma de la recuperación (%) y la longitud promedio (cm) máximas, obtenidas en la evaluación con la metodología y con los dos testigos propuestos.

$$\text{I.R.B.} = \frac{\text{Recuperación en la variedad (\%)} + \text{Longitud promedio en la variedad (cm)}}{\text{Recuperación máxima (\%)} + \text{Longitud promedio máxima (cm)}} \times 100$$

Por ejemplo, el índice de resistencia al barrenador (I.R.B.) de la variedad CC 83-19 se calcula así:

$$\text{I.R.B. (CC 83-19)} = (0 + 1.1) / (33.3 + 6.6) \times 100 = 2.8$$

La caracterización de las 10 variedades utilizadas para la elaboración de la escala de evaluación se puede apreciar en el [cuadro 5-4](#).

Cuadro 5-4 Caracterización de la respuesta de 10 variedades de caña al daño por larvas de *D. saccharalis*.

Variedad	I.R.B. (%)	Caracterización
CC 83-19	2.8	Muy resistente
RB 72-373	12.5	Muy resistente
CC 87-231	23.5	Moderadamente resistente
CC 87-251	38.8	Moderadamente resistente
V 71-51	40.6	Intermedia
CC 85-92	42.1	Intermedia
CC 84-66	52.1	Intermedia
CC 84-75	61.4	Moderadamente susceptible
CC 87-473	64.9	Moderadamente susceptible
CC 86-105	100.0	Muy susceptible

De acuerdo con el valor calculado del índice la variedad puede ser catalogada de la siguiente manera: para un valor del índice entre 0 y 20 se caracterizará como muy resistente; entre 21 y 40, como medianamente resistente; entre 41 y 60, como intermedia; entre 61 y 80, como medianamente susceptible y entre 81 y 100, como muy susceptible. Nuevamente se observó que las variedades

escogidas como testigo mantuvieron su comportamiento contrastante, es decir CC-86-105 como muy susceptible y CC 83-19 como muy resistente. Las variedades de la serie 87 mostraron una resistencia intermedia en general, con excepción de CC 87-505 y CC 87-473, que fueron catalogadas como medianamente resistentes. Esta metodología, en esta evaluación no mostró una amplia sensibilidad pero antes de descartarla, debe ser confrontada en otras pruebas, pues demostró en los ensayos preliminares que puede ahorrar notoriamente los costos de transporte y el tiempo que se utilizan evaluando las pruebas regionales ubicadas en los diferentes ingenios.

Evaluación de las pruebas regionales

Otro enfoque para caracterizar a las variedades promisorias es el de evaluar las pruebas regionales de las variedades promisorias del programa de mejoramiento, que son sembradas en los diferentes ingenios en donde se utiliza la metodología tradicional de determinar el porcentaje de entrenudos dañados por el barrenador en una muestra de 20 tallos/parcela. Esta metodología tiene el gran inconveniente de que no se puede prever cual será el grado de ataque en un sitio dado o en el año en que se hizo la evaluación, y por lo tanto, los resultados no son directamente comparables.

Con el propósito de hacer más comparables los resultados de las diferentes evaluaciones, las variedades se califican utilizando el promedio y la desviación estándar del porcentaje de entrenudos barrenados de la prueba regional considerada y se les da un valor en una escala entre 1 y 5, que se asignan de acuerdo con los siguientes criterios: se califican con 1 aquellas variedades cuyo promedio de entrenudos barrenados por *Diatraea* se encuentra por debajo de la diferencia entre la media y la desviación estándar ($\bar{x} - \sigma$), con 2 aquellas que se encuentran entre ($\bar{x} - \sigma$) y valores inferiores a la diferencia entre la media y la mitad de la desviación estándar: $<(\bar{x} - \sigma / 2)$, con 3 aquellas que se encuentran entre $(\bar{x} - \sigma / 2)$ y $<(\bar{x} + \sigma / 2)$, con 4 aquellas que se encuentran entre $(\bar{x} + \sigma / 2)$ y $<(\bar{x} + \sigma)$ y con 5 aquellas que se encuentran por encima de $(\bar{x} + \sigma)$. Para caracterizar las variedades en términos de resistencia o susceptibilidad, se calcula el promedio de todas las calificaciones obtenidas y se catalogan de acuerdo al siguiente criterio: Resistente (entre 1 y valores inferiores a 1.5: 1.0 - <1.5), Medianamente Resistente (1.5 - <2.5), Intermedia (2.5 - <3.5), Medianamente Susceptible (3.5 - <4.5) y Susceptible (4.5 - 5.0).

En el **cuadro 5-5**, se presenta la caracterización de variedades que han sido evaluadas en pruebas regionales e incluye información acerca de 231 variedades. Entre estas, 101 (43.7%) fueron catalogadas como de reacción intermedia, 59 (25.5%) como medianamente resistentes, 44 (19.0%) como medianamente susceptibles; resistentes, doce (5.2%) y susceptibles, quince (6.5%). Es de resaltar que CC 85-92 se catalogó como moderadamente resistente; mientras que CC 84-75 estuvo catalogada como intermedia. Dentro de las variedades promisorias, CC 93-4418 y CC 01-1940 estuvieron en el grupo de las intermedias, mientras que CC 93-3826 se catalogó como susceptible

En este capítulo se han presentado dos enfoques para caracterizar la resistencia varietal en caña de azúcar. Sin embargo, tal como los resultados de las evaluaciones realizadas lo indican, con ambos métodos se logran respuestas que manifiestan tendencias. Es muy posible que el ambiente juegue un papel muy importante en la expresión de la resistencia y, por lo tanto, se pueden obtener datos puntuales que se apartan marcadamente de la mayoría, y que afectan el promedio que se calcula. En consecuencia, para una caracterización más confiable, se debe hacer el mayor número de evaluaciones a nivel experimental y apoyarse posteriormente en los datos comerciales, teniendo en cuenta que no va a ser raro encontrar situaciones de campos comerciales en que la respuesta de una variedad se va apartar marcadamente de su respuesta promedio. A pesar de que la asignación de una calificación del daño con base en la media y la desviación permite atenuar la variabilidad proveniente de campo, ésta sigue siendo alta y no permite mayor precisión en la caracterización precisa del fenotipo, sin embargo representa un insumo básico para la formulación de la metodología ya que permite identificar los genotipos más contrastantes (Resistente-Susceptible), que pueden ser utilizados en el desarrollo del protocolo de laboratorio o invernadero. El área de entomología de Cenicaña debe trabajar en el desarrollo de un protocolo para la caracterización de la resistencia a los barrenadores del tallo *Diatraea* spp., que parta de la infestación artificial de los genotipos y que sea desarrollado bajo condiciones ambientales controladas de laboratorio o invernadero; lo anterior permitirá obviar la amplia variabilidad ambiental que se presenta bajo condiciones de campo y obtener información precisa acerca de la resistencia varietal a los barrenadores del tallo.

Cuadro 5-5 Caracterización de la respuesta de 231 variedades de caña al daño por *Diatraea* spp. en pruebas regionales. El promedio corresponde a la media de las calificaciones obtenidas en las diferentes evaluaciones y se cataloga de acuerdo al siguiente criterio: Resistente (valores entre 1 y 1.5: 1.0 – <1.5), Medianamente Resistente (1.5 – <2.5), Intermedia (2.5 – <3.5), Medianamente Susceptible (3.5 – <4.5) y Susceptible (4.5 – 5.0). La lista se organiza en orden alfanumérico de acuerdo con la variedad.

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
76F1553	5	2.8	Intermedia
B 76-113	1	3.0	Intermedia
CC 00-2639	12	3.6	Medianamente susceptible
CC 00-2924	12	2.4	Medianamente resistente
CC 00-3012	8	2.0	Medianamente resistente
CC 00-3068	12	3.2	Intermedia
CC 00-3079	20	3.8	Medianamente susceptible
CC 00-3191	12	1.7	Medianamente resistente
CC 00-3257	8	4.4	Medianamente susceptible
CC 00-3614	8	2.8	Intermedia
CC 00-3755	8	2.4	Medianamente resistente
CC 00-3771	8	4.6	Susceptible
CC 00-3885	8	2.5	Medianamente resistente
CC 01-1228	12	2.1	Medianamente resistente
CC 01-1305	12	2.4	Medianamente resistente
CC 01-1484	12	4.1	Medianamente susceptible
CC 01-1508	12	2.9	Intermedia
CC 01-1567	12	3.0	Intermedia
CC 01-174	8	3.8	Medianamente susceptible
CC 01-1789	12	2.7	Intermedia
CC 01-1817	11	3.4	Intermedia
CC 01-183	8	2.0	Medianamente resistente
CC 01-1866	5	2.4	Medianamente resistente
CC 01-1884	5	2.8	Intermedia
CC 01-1922	11	3.4	Intermedia
CC 01-1940	11	3.3	Intermedia
CC 01-385	8	3.1	Intermedia
CC 01-399	8	3.5	Intermedia
CC 01-678	7	2.1	Medianamente resistente
CC 01-746	12	2.5	Medianamente resistente
CC 01-86	8	3.9	Medianamente susceptible

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
CC 04-599	8	2.4	Medianamente resistente
CC 04-667	8	2.6	Intermedia
CC 04-707	8	3.8	Medianamente susceptible
CC 04-844	8	2.1	Medianamente resistente
CC 82-15	2	3.5	Intermedia
CC 82-26	4	3.3	Intermedia
CC 82-27	4	2.5	Intermedia
CC 82-28	4	2.3	Medianamente resistente
CC 83-04	1	2.0	Medianamente resistente
CC 83-07	1	4.0	Medianamente susceptible
CC 83-08	1	3.0	Intermedia
CC 83-17	1	5.0	Susceptible
CC 83-19	1	1.0	Resistente
CC 83-25	11	2.8	Intermedia
CC 83-29	1	3.0	Intermedia
CC 84-05	11	2.3	Medianamente resistente
CC 84-10	13	3.2	Intermedia
CC 84-22	3	2.3	Medianamente resistente
CC 84-43	7	3.3	Intermedia
CC 84-45	3	4.7	Susceptible
CC 84-49	3	2.7	Intermedia
CC 84-50	9	3.6	Medianamente susceptible
CC 84-52	4	2.3	Medianamente resistente
CC 84-56	20	2.2	Medianamente resistente
CC 84-57	10	2.3	Medianamente resistente
CC 84-58	5	2.0	Medianamente resistente
CC 84-59	1	3.0	Intermedia
CC 84-66	16	4.6	Susceptible
CC 84-75	23	3.4	Intermedia
CC 85-02	4	2.3	Medianamente resistente
CC 85-23	3	4.3	Medianamente susceptible
CC 85-27	19	3.3	Intermedia
CC 85-34	2	4.5	Medianamente susceptible
CC 85-43	3	2.3	Medianamente resistente
CC 85-47	20	2.6	Intermedia
CC 85-53	19	2.4	Medianamente resistente
CC 85-63	32	2.6	Intermedia

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
CC 85-68	32	3.3	Intermedia
CC 85-71	10	3.0	Intermedia
CC 85-74	9	3.0	Intermedia
CC 85-91	7	2.9	Intermedia
CC 85-92	57	2.2	Medianamente resistente
CC 85-96	19	3.3	Intermedia
CC 85-98	1	4.0	Medianamente susceptible
CC 86-02	18	4.7	Susceptible
CC 86-105	18	4.2	Medianamente susceptible
CC 86-24	18	1.9	Medianamente resistente
CC 86-29	18	4.2	Medianamente susceptible
CC 86-33	18	3.6	Medianamente susceptible
CC 86-37	18	2.9	Intermedia
CC 86-43	18	3.6	Medianamente susceptible
CC 86-45	15	4.2	Medianamente susceptible
CC 87-117	8	4.1	Medianamente susceptible
CC 87-205	4	5.0	Susceptible
CC 87-229	4	4.3	Medianamente susceptible
CC 87-231	8	1.3	Resistente
CC 87-251	8	4.8	Susceptible
CC 87-409	8	2.1	Medianamente resistente
CC 87-434	9	3.0	Intermedia
CC 87-473	9	1.9	Resistente
CC 87-474	8	3.0	Intermedia
CC 87-479	8	2.6	Intermedia
CC 87-505	8	2.5	Intermedia
CC 87-587	4	3.3	Intermedia
CC 88-439	5	3.8	Medianamente susceptible
CC 88-757	5	1.4	Resistente
CC 90-1060	1	5.0	Susceptible
CC 90-1160	4	5.0	Susceptible
CC 91-1555	6	3.7	Medianamente susceptible
CC 91-1590	8	2.0	Medianamente resistente
CC 91-1599	6	4.3	Medianamente susceptible
CC 91-1606	2	3.5	Intermedia
CC 91-1880	6	2.3	Medianamente resistente
CC 91-1945	6	2.2	Medianamente resistente

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
CC 92-2154	4	2.0	Medianamente resistente
CC 92-2178	4	2.3	Medianamente resistente
CC 92-2188	6	4.0	Medianamente susceptible
CC 92-2198	6	3.2	Intermedia
CC 92-2221	2	3.0	Intermedia
CC 92-2227	4	1.5	Medianamente resistente
CC 92-2305	3	3.3	Intermedia
CC 92-2305	2	3.5	Intermedia
CC 92-2311	2	3.0	Intermedia
CC 92-2358	6	3.8	Medianamente susceptible
CC 92-2376	6	2.8	Intermedia
CC 92-2393	6	4.8	Susceptible
CC 92-2677	2	2.0	Medianamente resistente
CC 92-2867	4	3.0	Intermedia
CC 92-2877	4	4.3	Medianamente susceptible
CC 92-2882	4	3.0	Intermedia
CC 92-2885	4	3.5	Medianamente susceptible
CC 92-2965	4	2.8	Intermedia
CC 93-3458	10	1.9	Medianamente resistente
CC 93-3801	10	3.3	Intermedia
CC 93-3803	10	4.5	Medianamente susceptible
CC 93-3811	10	1.5	Medianamente resistente
CC 93-3817	7	2.9	Intermedia
CC 93-3817	5	3.0	Intermedia
CC 93-3826	10	4.8	Susceptible
CC 93-3895	7	1.4	Resistente
CC 93-4181	11	2.2	Medianamente resistente
CC 93-4183	10	2.9	Intermedia
CC 93-4223	6	2.8	Intermedia
CC 93-4326	10	3.0	Intermedia
CC 93-4418	10	3.0	Intermedia
CC 93-71126	7	3.3	Intermedia
CC 93-71136	7	1.6	Medianamente resistente
CC 93-714	7	2.4	Medianamente resistente
CC 93-7161	7	3.1	Intermedia
CC 93-7436	7	4.0	Medianamente susceptible
CC 93-744	7	1.9	Medianamente resistente

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
CC 93-7510	10	3.2	Intermedia
CC 93-7513	7	2.4	Medianamente resistente
CC 93-7711	8	3.0	Intermedia
CC 93-775	3	3.0	Intermedia
CC 93-7916	7	2.4	Medianamente resistente
CC 93-7919	4	1.3	Resistente
CC 93-792	7	2.7	Intermedia
CC 94-5072	3	2.7	Intermedia
CC 94-5446	10	2.9	Intermedia
CC 94-5480	7	3.4	Intermedia
CC 94-5782	10	3.3	Intermedia
CC 94-5827	10	3.0	Intermedia
CC 95-5992	8	4.1	Medianamente susceptible
CC 95-6014	7	3.6	Medianamente susceptible
CC 95-6042	7	4.3	Medianamente susceptible
CC 95-6064	7	2.6	Intermedia
CC 95-6202	7	3.0	Intermedia
CC 95-6239	7	3.9	Medianamente susceptible
CC 95-6303	4	2.8	Intermedia
CC 96-6785	3	2.3	Medianamente resistente
CC 97-7170	12	3.7	Medianamente susceptible
CC 97-7556	3	4.3	Medianamente susceptible
CC 97-7565	12	3.2	Intermedia
CC 98-1124	8	2.4	Intermedia
CC 98-426	17	2.5	Medianamente resistente
CC 98-577	8	2.5	Medianamente resistente
CC 98-68	7	3.6	Medianamente susceptible
CC 98-72	7	3.1	Intermedia
CC 99-1405	12	3.1	Intermedia
CC 99-2461	5	4.8	Susceptible
CC 99-2493	5	3.0	Intermedia
CC 99-2538	8	2.9	Intermedia
CC 94-5480	10	3.6	Medianamente susceptible
CCSP 89-1997	6	2.2	Medianamente resistente
CCSP 89-1997	6	2.2	Medianamente resistente
CCSP 89-259	5	2.6	Intermedia
CCSP 89-43	5	3.2	Intermedia

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
CCSP 90-1041	5	2.8	Intermedia
CCSP 92-3191	2	1.0	Resistente
Co 421	8	2.4	Medianamente resistente
CP 57-603	5	3.0	Intermedia
CP 57-603	5	3.0	Intermedia
CP 61-01	1	3.0	Intermedia
CP 70-321	3	3.7	Medianamente susceptible
CP 70-330	3	3.0	Intermedia
CP 72-356	3	3.3	Intermedia
CP 72-370	3	3.0	Intermedia
CP 77-1776	1	1.0	Resistente
CP 78-1156	1	2.0	Medianamente resistente
CP 82-1306	5	4.4	Medianamente susceptible
CP 82-1306	5	4.4	Medianamente susceptible
CP 82-1328	5	3.0	Intermedia
CP 82-1986	5	3.2	Intermedia
CP 82-1995	5	3.4	Intermedia
CP 83-1218	1	5.0	Susceptible
CP 83-1224	1	3.0	Intermedia
CP 83-1555	1	4.0	Medianamente susceptible
CP 83-1763	1	3.0	Intermedia
CP 83-1789	1	5.0	Susceptible
JA 64/20	18	2.6	Intermedia
MEX 52-29	5	3.6	Medianamente susceptible
MEX 57-354	18	2.1	Medianamente resistente
MEX 64-1214	3	2.0	Medianamente resistente
MEX 64-1487	19	2.4	Intermedia
MEX 64-1487	19	2.4	Intermedia
MEX 67-351	1	4.0	Medianamente susceptible
MEX 68-200	3	3.7	Medianamente susceptible
MEX 68-808	3	2.0	Medianamente resistente
MY 54-65	6	1.8	Medianamente resistente
MZC 74-275	66	3.0	Intermedia
MZC 78-115	1	2.0	Medianamente resistente
POJ 28-78	3	3.3	Intermedia
PR 10-48	3	2.3	Medianamente resistente
PR 11-41	4	3.0	Intermedia

Variedad	No. de evaluaciones	Promedio	Caracterización
PR 61-632	3	2.3	Medianamente resistente
PR 62-195	3	3.0	Intermedia
PR 62-66	5	1.4	Resistente
PR 67-1070	3	1.3	Resistente
Q 73	1	3.0	Intermedia
RB 72-373	18	1.3	Resistente
RB 73-2223	8	2.1	Medianamente resistente
RD 75-11	17	2.7	Intermedia
SP 70-1005	1	5.0	Susceptible
SP 71-6949	8	2.0	Medianamente resistente
SP 71-8210	2	2.5	Medianamente resistente
V 71-49	7	3.1	Intermedia
V 71-49	14	2.7	Intermedia
V 71-51	25	2.8	Intermedia
V 734	1	1.0	Resistente

Capítulo 6

La cosecha en verde y los barrenadores

La industria azucarera del valle del río Cauca ha asumido el reto de eliminar la quema previa al corte de la caña de tal forma de cosechar en verde toda el área cañera. En la actualidad se avanza en esa dirección ya que al año 2013 se tiene que un 44% del área cosechada se hizo en verde, siendo un 34% de esta de tipo mecánica y un 11% manual. En relación con la quema, existe evidencia en otros países de que la cosecha sin quema ha tenido efecto sobre las poblaciones de plagas de la caña de azúcar (Australia: [Pope, 1997](#); [Webster, 1997](#); [Morton, 1998](#); Zimbabwe: [Murombo et al., 1997](#)). En el caso Colombiano existe la preocupación de que el establecimiento del nuevo sistema de cosecha favorezca la proliferación nociva de algunos insectos ([Cenicaña, 1995a](#)).

Con el fin de ver qué efecto tiene el tipo de cosecha sobre los barrenadores, se realizaron evaluaciones en áreas cosechadas en verde y en áreas cosechadas con quema en los ingenios Manuelita e Incauca y Mayagüez ([Lastra y Gómez, 2000a](#)). En una primera etapa, en el Ingenio Manuelita se utilizaron, durante cuatro cortes, 23 ha sembradas con la variedad PR 61-632 y localizadas en la hacienda Cabaña, cerca al municipio de Palmira; allí se cosecharon la mitad en verde y la mitad con quema. En esta zona, los niveles de daño por los barrenadores *Diatraea* spp. y *Blastobasis graminea* fueron relativamente bajos. En la 2ª y 3ª socas se dieron los valores más altos de daño por *Diatraea* a partir de los 11 meses de edad de la caña (**Figura 6-1 A**). Los entrenudos barrenados por *B. graminea* (**Figura 6-1 B**) estuvieron por debajo del 1% en la mayoría de los muestreos. Sólo se registró un leve incremento para la 2ª y 3ª socas en el último mes de evaluación. Para las condiciones de esta zona, el comportamiento de los barrenadores *Diatraea* y *B. graminea* fue similar en ambos sistemas de cosecha.

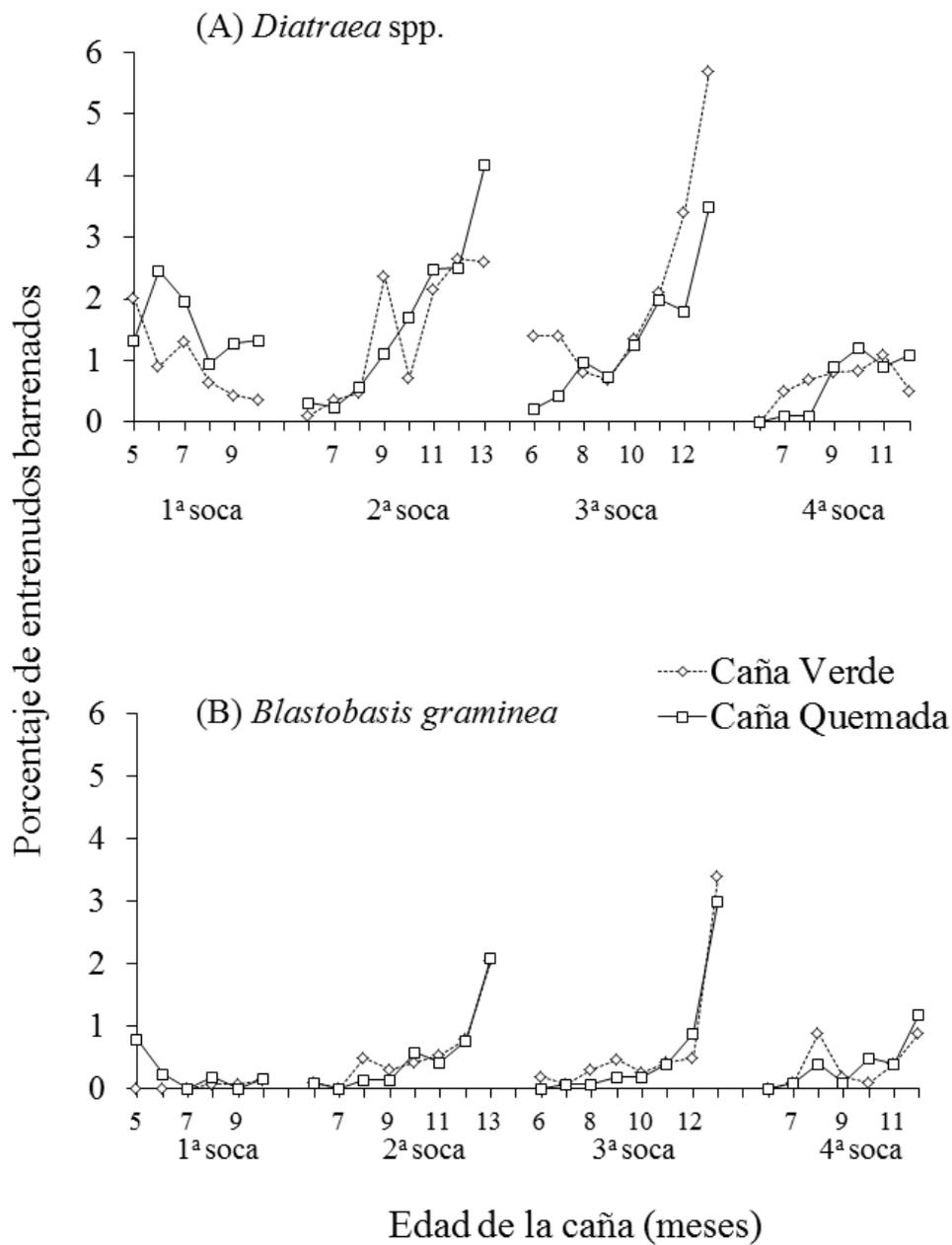


Figura 6-1 Porcentaje de entrenudos barrenados por (A) *Diatraea* spp. y (B) *Blastobasis graminea* en lotes de caña cosechados en verde y con quema, por cuatro socas consecutivas. Variedad PR 61-632 Hacienda Cabaña, Ingenio Manuelita. Abril de 1994 a agosto de 1998.

Posteriormente, se inició otro ciclo de evaluación en un área más representativa de cada sistema de cosecha en la hacienda Meléndez, proveedora de caña al Ingenio Incauca, ubicada cerca de la ciudad de Cali y donde existían más de 100 ha de caña cosechadas en verde. Las mediciones tomadas allí se compararon con las tomadas en lotes de caña situados fuera del perímetro de restricción de quemados, donde la caña se quema antes de la cosecha. Las primeras observaciones de insectos se tomaron en varias suertes de caña sembradas con diferentes variedades ubicadas en cada uno de los sistemas de cosecha teniendo en cuenta que tuvieran edades entre los 3 y 5 meses. Luego, se escogieron dos suertes, cada una ubicada dentro del sector correspondiente a cada sistema de cosecha y sembradas con la variedad CC 85-92. Allí se iniciaron las evaluaciones inmediatamente después del primer corte y por tres socas consecutivas. El área de caña cosechada con quema tenía 32 ha y el área cosechada en verde, 12 ha. Los valores de daño registrados al momento de la cosecha fueron muy bajos e inferiores al 1% de los entrenudos barrenados tanto para *Diatraea* spp. como para *B. graminea*. Se detectó un porcentaje de entrenudos barrenados ligeramente mayor en los lotes de caña cosechada con quema, principalmente para *B. graminea*. Sin embargo, en las evaluaciones realizadas a partir de 1998, en el lote sembrado con la variedad CC 85-92, el daño por los barrenadores fue más marcado durante la 2ª soca. En términos generales, las evaluaciones del efecto del cambio en el tipo de cosecha tampoco fueron contrastantes.

Finalmente, se llevó a cabo en el ingenio Mayagüez (Hda. Llano de Párraga) un tercer ciclo de evaluación en donde se tuvieron en cuenta tres modalidades de cosecha: con quema, verde mecánica y verde manual. Los lotes utilizados fueron parcelas comerciales cuya área varió entre 4 y 8 ha. Las evaluaciones realizadas durante los tres cortes sucesivos mostraron, tanto para *Diatraea* spp. como para *B. graminea*, una tendencia semejante, esto es, mayores niveles de daño en los lotes cosechados después de la quema (Figura 6-2). Los lotes cosechados mecánicamente mostraron, en promedio, unos niveles intermedios de daño, en tanto que los cosechados manualmente aparecieron como los más sanos. Sin embargo, las diferencias detectadas no fueron significativas al analizarlas conjunta o aisladamente por fechas.

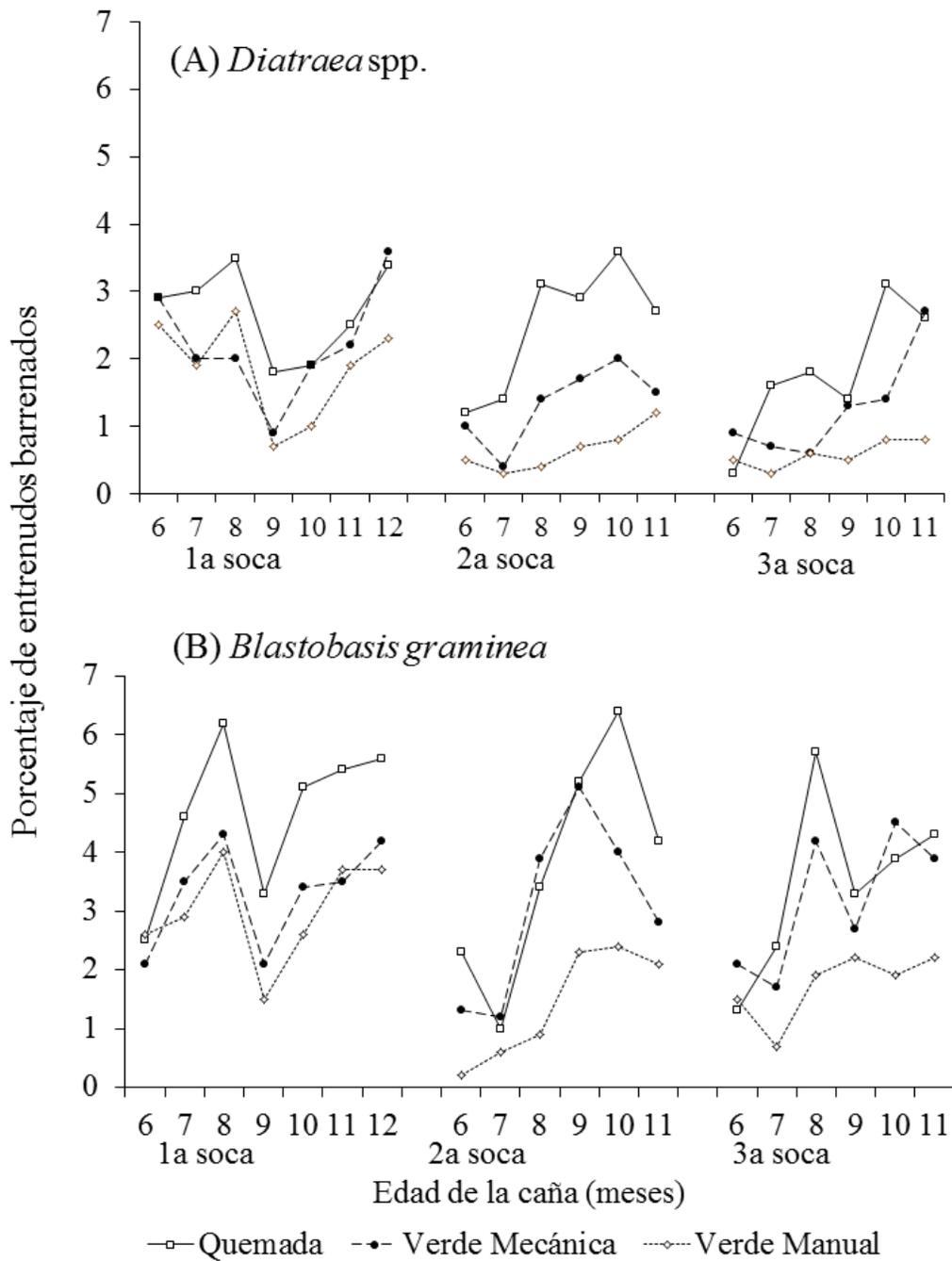


Figura 6-2 Evaluación del daño ocasionado por los barrenadores (A) *Diatraea* spp. y (B) *Blastobasis graminea* en lotes con tres sistemas de cosecha: quemada, verde mecánica y verde manual. Variedad MZC 74-275. 1a, 2a y 3a soca. Ingenio Mayagüez (Hacienda Llano de Párraga).

La falta de resultados más definidos acerca del efecto de la cosecha en verde en el incremento de las poblaciones de *Diatraea* spp. podría explicarse con el hecho de la gran movilidad que tienen los adultos, que puede enmascarar el efecto del tipo de cosecha en el lote sobre el cual se llevó a cabo. A pesar de que se utilizaron áreas extensas para la observación, es factible que migración de poblaciones provenientes de zonas circundantes, o que los adultos emergidos en los campos considerados migraran hacia los lotes vecinos. Por lo tanto, es de esperar que una vez que se incrementen las áreas cosechadas en verde, se manifieste más claramente algún efecto de este sistema de cosecha sobre las poblaciones de los barrenadores de la caña de azúcar.

Capítulo 7

Perspectivas acerca del registro de *Diatraea tabernella* en el valle del río Cauca

En Colombia se tiene conocimiento de al menos seis especies de *Diatraea*: *D. lineolata*, *D. tabernella* ([Bleszynski, 1969](#)); *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. rosa* y *D. busckella* ([Gaviria, 1990](#)), en el valle del río Cauca se ha considerado que las especies presentes corresponden a *D. saccharalis* y *D. indigenella* ([Gómez y Lastra, 1995](#); [Cadena, 2008](#)). Sin embargo, se puede considerar que en la actualidad existe un vacío de información acerca del estado de las especies de *Diatraea* en el territorio nacional ya que hasta la fecha no existe un trabajo reciente acerca de la distribución de especies en Colombia.

En octubre del año 2012 se recolectaron larvas del barrenador de la caña *Diatraea* en las cercanías del municipio de Cartago, al norte del Valle del Cauca, que no correspondían con las características típicas de *D. saccharalis* y *D. indigenella*. La recolección de individuos provenientes de los síntomas conocidos como 'corazones muertos' permitió la observación de sus diferentes estados biológicos y de la genitalia de los adultos obtenidos. La especie en cuestión fue identificada como *Diatraea tabernella* (Dyar) y representa un primer registro de esta especie para la zona cañicultora del valle del río Cauca. Aunque no se ha escuchado mucho de esta plaga en Colombia, ésta ya había sido reportada como presente en el país, al igual que en Panamá, Nicaragua, Costa Rica y Honduras ([Box 1931](#); [Bleszynski, 1969](#)). De acuerdo con [Box \(1931\)](#), *D. tabernella* ha sido registrada en al menos un par de localidades en Colombia, una vez en las riberas del río Magdalena, lamentablemente sin mayor precisión acerca del sitio, y en Condoto, Chocó, que se encuentra localizado aproximadamente a 50 km en línea recta de Cartago. De acuerdo con [Badilla \(2002\)](#) en Costa Rica *Diatraea tabernella* constituye la plaga de mayor importancia y distribución, seguida por *D. saccharalis* y *D. guatemalensis*; en el caso particular de *D. tabernella* se ha observado que su ataque puede empezar desde cañas en germinación hasta el momento de la cosecha ([Valverde et al., 1991](#)). En Panamá ocurre algo similar donde *D. tabernella* se considera como una plaga ampliamente distribuida y de mayor importancia que *D. saccharalis* ([Bennett, 1971](#)).

Para el manejo de esta especie de barrenador es necesario realizar estudios acerca de su susceptibilidad al control con enemigos naturales, no solo en el estado de larva, sino también en el estado de huevo por parte de *Trichogramma exiguum*. En Costa Rica la introducción de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Himenóptera: Braconidae) ha sido exitosa en el control de las tres especies existentes de *Diatraea* y a pesar de haber introducido al país los taquínidos *L. minense* y *B. claripalpis*,

C. flavipes es la especie que se continua multiplicando por su mayor grado de efectividad en el campo y facilidad de producción masiva en el laboratorio ([Badilla, 2002](#)). En el caso de Panamá, el control biológico también ha hecho énfasis en la utilización de *C. flavipes*, pero en algunos casos el parasitismo natural debido a *B. claripalpis* puede ser superior al obtenido luego de las liberaciones de *C. flavipes* ([Rodríguez et al., 2004](#)).

De acuerdo con los antecedentes de *D. tabernella* en Centro América, se puede considerar que esta especie constituye una plaga con el potencial de convertirse en un limitante para la producción de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Ante esto, se ha propuesto coordinar esfuerzos entre los ingenios y Cenicaña para el estudio de su distribución en la región, su comportamiento con respecto a la fenología del cultivo y las prácticas de manejo. Sobre este último particular se pretende determinar sí las medidas de control utilizadas actualmente en el manejo de *Diatraea* spp., como lo son las liberaciones de *Lydella minense* y *Billaea claripalpis* sobre el parasitismo del estado larval y de *Trichogramma exiguum* sobre el parasitismo del estado de huevo, son efectivas en contra de *D. tabernella*. Finalmente, se puede considerar que no existe una actualización de la información con respecto a las especies de *Diatraea* presentes en el país y en atención al incremento de las áreas sembradas con caña de azúcar, existe la necesidad de realizar un inventario de las especies de *Diatraea* presentes en las zonas donde se cultiva caña de azúcar y otros cultivos susceptibles al ataque de los barrenadores como maíz y arroz.

Capítulo 8

Consideraciones finales

La información presentada, tal como se mencionó en la introducción, cubre los trabajos realizados por Cenicaña desde 1983, cuando el área de Entomología inició formalmente sus proyectos de investigación, hasta 2013, cuando se registró por primera vez la presencia de *Diatraea tabernella* atacando caña en el valle del río Cauca. Durante estas tres décadas de trabajo se ha logrado disminuir el daño causado por la plaga a valores inferiores a 3% de los entrenudos barrenados en promedio, luego de que a finales de los años 60's los niveles de daño promedio estaban alrededor del 25% de los entrenudos barrenados. Además, se ha establecido una metodología de seguimiento de daño confiable y práctica, y se ha permitido una alternativa de manejo de alta rentabilidad para los agricultores al lograr, bajo condiciones de laboratorio, una producción de parásitos de buena calidad y estable en el tiempo.

A pesar de existir una abundante información acerca de una plaga tan extendida, ésta no era suficiente para darle una solución al problema con los barrenadores en la región y fue necesario hacer énfasis en crear elementos de manejo que fueran propios y acordes a las características del valle del río Cauca. Fue así como se trabajó con el conjunto de barrenadores presentes en esta zona, que incluía a *D. indigenella*, una especie distribuida casi exclusivamente en territorio colombiano y principalmente en el sur del valle del río Cauca y norte del departamento del Cauca. Al hacerlo, se recalcó emplear métodos taxonómicos que validaron la identificación tanto de las especies de *Diatraea* como la de sus parásitos. Utilizando este enfoque fue posible descubrir la importancia de *Trichogramma exiguum*, por ejemplo, como parasitoide de los huevos del barrenador y la ineficacia de *T. pretiosum* para manejarlo.

Bajo las condiciones de la cosecha continua a lo largo del año, sistema casi exclusivo de zona cañera del valle del río Cauca, se desarrollaron estrategias de control. El manejo de las plagas tiende a ser permanente, como en el caso de los barrenadores; existen, no obstante, otros insectos cuya aparición se asocia más con las fluctuaciones pluviométricas que con la fenología de la caña. Por otra parte, es posible que la alta fertilidad de los suelos del valle del río Cauca tenga un efecto compensatorio o protector en relación con el efecto que puede tener el daño causado por *Diatraea* y, en comparación con otras áreas cañeras, las pérdidas económicas que esta plaga causa, por consiguiente, sean camufladas y compensadas por la alta productividad. En cuanto a la importancia económica de los barrenadores, los resultados hallados han demostrado que bajo las condiciones del valle del río Cauca, las pérdidas más notorias ocurren en el peso de la caña afectada, mientras que en

el caso de las pérdidas en la concentración de azúcar, sólo se tiene un registro que indicó un efecto de pérdidas en fábrica.

Una situación de la cual se ha hecho mención es la relacionada con el cambio de sistema de cosecha, de aquella con quema previa a aquella sin quema (en verde), ya bien sea del tipo manual o bien a través de máquinas cosechadoras. Las condiciones determinadas por el porcentaje del área cosechada en verde (< 20%) bajo las cuales se midieron las poblaciones del barrenador a finales de los años noventa no permitieron concluir que efectivamente estuvieran influenciadas. Sin embargo, a medida que los ingenios aumentan sus áreas cosechadas mecánicamente o en verde el cambio será lo suficientemente drástico para continuar con estas evaluaciones, y así detectar su efecto, si es que lo hay.

Los barrenadores y la caña hacen parte de un ecosistema dinámico, cambiante y, por consiguiente, requiere de constante atención como ya se comprobó luego del brote registrado en el año 2005. La presencia de una nueva especie en el complejo de barrenadores sugiere la importancia de canalizar esfuerzos tendientes al reconocimiento de la distribución de las diferentes especies apoyados con el uso de las técnicas moleculares. Además, se debe profundizar en el estudio de las medidas de manejo para mejorar los diferentes aspectos relativos a su manejo integral y/o incorporar nuevas alternativas de control.

El sector azucarero debe, por su lado, entender que la situación de los barrenadores alcanzada es el resultado de un trabajo continuo, profesional, basado en principios derivados de la investigación científica y del esfuerzo de los entomólogos que lo respaldaron. Los bajos niveles de daño deben de ser mantenidos, por un lado, a través de labores que hayan sido evaluadas como indicadores confiables de las poblaciones del barrenador y de sus cambios y, por otro, del mantenimiento de la acción de los enemigos naturales de la plaga. Ignorar estas labores en pro de la disminución de los costos de la elaboración de azúcar sería una actitud generadora de descuido que en un momento dado puede significar una incapacidad de detectar incrementos de las poblaciones con sus respectivas consecuencias. Por lo tanto, se debe procurar el mantenimiento de los sistemas de monitoreo, apoyados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y trabajar en las actividades de manejo a través del Comité de Sanidad Vegetal. Las pérdidas ocasionadas por el daño de los barrenadores y por los costos del control tendientes a un restablecimiento de niveles aceptables desde el punto de vista económico, van a ser, de lejos, más importantes que aquellos atribuidos a las labores mencionadas de mantenimiento de los bajos niveles de daño.

Referencias bibliográficas

- Adamski, D. 1999. *Blastobasis graminea*, New Species (Lepidoptera: Gelechioidea: Coleophoridae: Blastobasinae), a stem borer of sugar cane in Colombia and Venezuela. Proc. Entomol. Soc. Wash. 101(1): 164-174.
- Badilla, F. 2002. Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 64: 77-87.
- Bennett, F.D. 1969. Tachinid flies as biological control agents for sugar cane borers. En: Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Mungomery, R. W.; y Mathes, R. (eds.). Pests of Sugar Cane. Elsevier, Amsterdam. pp. 117-148.
- Bennett, F.D. 1971. Current status of biological control of the small moth borers of sugar cane *Diatraea* spp. (Lep. Pyralidae). Entomophaga. 16: 111-124.
- Bleszynski, S. 1969. The taxonomy of the Cambrine moth borers of sugar cane. En: Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Mungomery, R. W.; y Mathes, R. (eds.). Pests of Sugar Cane. Elsevier, Amsterdam. pp. 11-41.
- Box, H.E. 1931. The Crambine genera *Diatraea* and *Xanthopherne* (Lep., Pyral.). Bull. Ent. Res. 22: 1-50.
- Box, H.E. 1956. New species and records of *Diatraea* Guiding and *Zeadiatraea* Box from Mexico, Central and South America (Lepid., Pyral.). Bull. Ent. Res. 47: 755-76.
- Cadena, P. 2008. Caracterización morfológica y molecular de especies de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae). Informe final Joven Investigador, convenio Colciencias-Cenicaña. 30 pp.
- Cárdenas D., L. 1984. Observaciones preliminares sobre el barrenador menor de la caña de azúcar *Valentinia* sp. (Lepidoptera: Blastobasidae). En: Buenaventura O. C. E. (ed.). Memorias del I Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tomo 1. pp. 133-143.
- Cenicaña, 1983. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1984. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1985. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1986. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1987. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1988. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1989. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1992. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1993. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1994. Informe Anual, Programa de variedades.

- Cenicaña, 1995. Informe Anual, Programa de variedades.
- Cenicaña, 1995a. Informe Trimestral del Macroproyecto Cosecha en Verde
- Cenicaña, 1996. Informe Trimestral Abril. Mayo, Junio de 1996.
- Cleare, L.D. 1939. The Amazon fly (*Metagonistylum minense* Towns) in British Guiana. Bull. Ent. Res. 30:85-102.
- Díaz M., A.E. 1996. Aspectos biológicos de *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) encaminados a su cría masiva para control de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 140 p. (Tesis Ing. Agr.).
- Escobar G., J.A. y Raigosa B., J.D. 1982. Indices para la evaluación del control de plagas caso del *Diatraea saccharalis* (Fabricius) en caña de azúcar. Primer curso internacional de control integrado para el grupo Andino. Palmira, Colombia, 25-30 Octubre, 56 p.
- Ferrer, F., Guedez, E. y L. Proaño. 1990. El efecto de control biológico de *Cotesia flavipes* (Hym.: Braconidae) sobre *Diatraea* spp. (Lep.: Pyralidae) en el área de influencia de Azucarera Rio Turbio durante los años 1986-90. Venezuela Azucarera 36: 25-27.
- García, V.M.; González, A.; Gómez, L.A. y A.E. Palma. 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, 6-8 septiembre, Cali, Colombia. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Gaviria M., J.D. 1973. Importancia del control biológico del gusano barrenador de la caña de azúcar.
- Gaviria M., J.D. 1990. El control biológico de los insectos plaga de la caña de azúcar en Colombia. En: Buenaventura O., C. E. (ed.). Memorias del III Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tomo 1 pp. 201-227.
- Gómez, L.A. 1990. Evaluación de la época crítica de ataque y de pérdidas ocasionadas por *Diatraea saccharalis* bajo condiciones de infestación artificial. Memorias del III Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar, TECNICAÑA y I Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de América Latina y El Caribe, ATALAC. Cali, 10-14 Septiembre. Tomo 1, p. 229-236.
- Gómez, L.A. 1990a. Efecto de las liberaciones comerciales de *Trichogramma* sp. para el manejo de *Diatraea* spp. en Caña de Azúcar. Informe especial. Carta Trimestral de Cenicaña 12(4), p.11-14.
- Gómez, L.A. y Lastra, L.A. 1995. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. pp. 237- 263. En: Cassalet, C.; Torres, J. e Isaacs, C. (eds.). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña, Cali, Colombia. 412 p.
- Gómez, L.A., A. E. Díaz M. y L. A. Lastra B. 1996. Selection of *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) species for managing sugarcane borers (*Diatraea* spp.) in the Cauca Valley, Colombia. En: XXII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Cartagena, Colombia. V.2. p.581-585.
- Gómez, L.A. y J.D. Gaviria. 1984. El barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia* sp.) en Colombia. Memorias del I Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar, Tecnicaña. Cali, 28-30 Noviembre. v.1, p.185-194.

- Gómez, L.A., L.A. Lastra B., Y. Gutiérrez y C. L. de Pulido. 1998. Survey of ants detrimental to *Trichogramma* establishment for sugarcane borer control in the Cauca Valley, Colombia. En: Egg Parasitoids. 5th International Symposium. Cali, Colombia.
- Gómez, L.A. y C. Moreno. 1987. Muestreo secuencial del daño causado por *Diatraea saccharalis* en caña de azúcar. Memorias del II Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar, Tecnicaña. Cali, 26-28 Agosto. v.1, p. 271-283.
- Gómez, L.A.; Quintero, E.M.; Jurado, J.A.; Obando, V.; Larrahondo, J.E. y A. González. 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 Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar de Colombia, Tecnicaña, 16-18 septiembre, Cali, Colombia. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Guagliumi, P. 1962. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría, Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay, Venezuela. Monografía No. 2.
- Gutiérrez, Y. 1996. Life cycle of *Valentinia* sp. (Lepidoptera: Blastobasidae) in sugarcane and maize, and evaluation of natural parasitism. En: XXII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Cartagena, Colombia. V.2. p.618-621.
- Holloway, T.E., V.C. Haley, H. Loftin y C. Heinrich. 1928. The sugar cane moth borer in the United States. Tech. Bull. U.S. Dept. Agriculture. No. 41. 77p.
- Lastra, L.A. y L.A. Gómez. 1984. Tiempo de exposición de semilla, como un factor que afecta los niveles de población del *Rhynchophorus palmarum* L. y *Metamasius hemipterus* L. en dos variedades de caña de azúcar y evaluación de medidas de control. Memorias del I Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar, Tecnicaña. Cali, 28-30 Noviembre. v.1, p.195-208.
- Lastra, L.A. y L.A. Gómez. 2000. Cría y producción masiva de insectos en un programa de control biológico en caña de azúcar. En López-Avila, A. (editor). I Curso Taller Internacional Control Biológico, Componente Fundamental del Manejo Integrado de Plagas en una Agricultura Sostenible Corpoica – MIP. Santafé de Bogotá. p.335-340.
- Lastra, L.A. y L.A. Gómez. 2000a. Efecto de la cosecha en verde sobre los insectos asociados con la caña de azúcar. Cali, Cenicaña, 2000. 12 p. Documento de Trabajo N° 467 (presentado en Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar, 5, Cali, 4-6, Octubre).
- Lastra, L. A. y L. A. Gómez. 2006. La cría de *Diatraea saccharalis* (F.) para la producción masiva de sus enemigos naturales. Cali, Cenicana, 30 p. (Serie Técnica No. 3).
- Long, W. H. y S. D. Hensley. 1972. Insect pests of sugar cane. Ann. Rev. Entomol. 17: 149-76.
- Metcalf, J.R. 1969. The estimation of loss caused by sugarcane moth borers. En: Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Mungomery, R. W.; y Mathes, R. (eds.). Pests of Sugar Cane. Elsevier, Amsterdam. P. 61-79.
- Morton, C. 1998. Weevils may be boring holes in far north's CCS Australian Canegrower. v. 20, n. 16. p.14-15.
- Murombo, M.; Takavarasha, E.; Wiseman, J. 1997. Green cane harvesting at Mkwesine Estate, Zimbabwe. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. v. 71. p.30-32.

- Naranjo G., I.C. 1998. Técnicas para la evaluación de la resistencia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al barrenador del tallo *Diatraea* spp. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 93 p. (Tesis Ing. Agr.).
- Naranjo, N.H. y L.H. Camacho. 1965. Evaluación de los daños causados por el *Diatraea saccharalis* Fab. a la industria azucarera del Valle geográfico del río Cauca. Agricultura Tropical (Colombia) 21(12), p.859-871.
- Obando, V.P. 2007. Análisis de algunas causas del brote de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), observado en el valle del río Cauca, desde 2003. Tesis ingeniera Agrónoma. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto, Colombia. 125 p.
- Pantoja, C., J.E. 1993. Evaluación del efecto de los corazones muertos ocasionados por *Elasmopalpus lignosellus* Zeller y otros barrenadores del tallo de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. sobre la producción de caña y azúcar. Trabajo de grado. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 87 p.
- Pantoja, C., J.E., F. Londoño y L.A. Gómez. 1994. Evaluación del efecto de los corazones muertos ocasionados por *Elasmopalpus lignosellus* Zeller y otros barrenadores del tallo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca. International Sugar Journal. 96: p.232-6.
- Pastrana C. E. 1991. Determinación del ciclo de vida de *Diatraea indigenella* y *D. saccharalis*, bajo varios regímenes alimenticios y su comparación morfológica. Trabajo de grado Ingeniera Agrónoma. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 87 p.
- Pastrana, O., L.A. Gómez e I. Zuluaga. 1993. Ciclo de vida de *Diatraea indigenella* bajo varios regímenes alimenticios. Revista Colombiana de Entomología. 19. 101-107.
- Pope, G.M. 1997. Mulgrave CCS declines to record low levels in 1993 and 1995. Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists. p.30-37.
- Prieto R., L.E. y C.A. Muñoz Q. 1995. Dinámica de Poblaciones de los Barrenadores *Diatraea* spp. y *Valentinia* Sp.; en Caña de Azúcar, *Saccharum officinarum* L. e Identificación de parasitoides en la Zona Centro del Valle del Cauca. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1965. 73 p.
- Raigosa, J. D. 1981. Manejo del taladrador de la caña de azúcar en un ingenio azucarero. En: Segundo Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar: Plagas de insectos y roedores. Memorias. Miami. p.337-352.
- Risco, S.H. 1958. La utilización de *Paratheresia claripalpis* W. para el control de *Diatraea saccharalis* Fabr. Con especial referencia a los resultados obtenidos en los Valles de Pativilca y Huaura. Rvta Peru. Ent. Agrc. 1, p.149-176.
- Rodríguez, L. C., Gómez, I., Peñaloza, Y. , y M., Tejada. 2004. Desarrollo del parasitoide *Cotesia flavipes* Cámeron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) en *Diatraea tabernella* Dyar y *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Pyralidae), y su efectividad en el control de *Diatraea tabernella*. Tecnociencia. 1, p.85-94.

- Trejos A., J.A. y F. Londoño G. 1985. Distribución de las especies de *Diatraea* (Lepidoptera: Pyralidae) en caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el valle geográfico del río Cauca y algunas observaciones sobre su parasitismo. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 77 p. (Tesis Ing. Agr.).
- Trujillo S., D. E. y F. A. Urbano G. 1989. Efecto del usos de dietas artificiales sobre la cría de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lep.: Pyralidae) y sus parasitoides *Paratheresia claripalpis* (Van der Wulp) y *Metagonistylum minense* (Townsend) (Dip.: Tachinidae). Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 93 p. (Tesis Ing. Agr.).
- Valverde, L. A., Badilla, F. y G. Fuentes. 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*. 15(1/2), p.7-12.
- Vargas, G., Lastra, L.A. y M.A. Solís 2013. First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: crambidae) in the Cauca river valley of Colombia. *Florida Entomologist*. 96(3), p.1198-1201.
- Vargas, G., Obando, V.P. y Gómez, L.A. 2005. Diagnóstico de la situación de *Diatraea* spp. en el valle del río Cauca. *Carta Trimestral Cenicaña*, Nos. 3 y 4. p.27-31.
- Vinasco A., J. 1991. Evaluación de algunos factores que inciden en la determinación del caño causado por *Diatraea* (Lepidoptera: Pyralidae) en caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Armenia, Universidad del Quindío, Instituto de Educación a Distancia. 39 pp. (Trabajo de Grado, Tecnólogo Agropecuario)
- Webster, D. 1997. Sugarcane weevil borers breeding for resistance. *BSES Bulletin*. n. 58, p.19
- Zenner J., I.; Jaramillo C., T.; Garcia A., C. 1965. Determinación del parasitismo natural del *Diatraea* spp. en dos ingenios del Valle Geográfico del Río Cauca. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 109 p. (Tesis Ing. Agr.)