

Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica

Francisco Badilla Fernández¹

RESUMEN. Se presentan los resultados de 12 años (1984 -1995) de investigación sobre manejo de los principales insectos plaga de la caña de azúcar, realizadas por el Programa de Entomología de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Además, se discuten las metodologías de manejo utilizando el parasitoide *Cotesia flavipes*, los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, así como el uso de trampas adhesivas y de luz, las prácticas de cultivo para el control del taladrador (*Diatraea* spp.), el salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) y los jobotos (*Phyllophaga* spp.) Se hace un análisis de las estrategias empleadas para el combate de plagas secundarias, como *Castnia licoides*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Metamasius hemipterus*, *Sacharosydne sacharivora*, *Mocis latipes* y *Spodoptera frugiperda*. Para las actividades de manejo de los taladradores *Diatraea tabernella* y *Diatraea* spp., se presenta un análisis de costo-beneficio. Con base en la experiencia se hacen recomendaciones para las investigaciones futuras sobre manejo de las plagas de caña de azúcar, así como lineamientos para el mantenimiento exitoso de este programa.

Palabras clave: Caña de Azúcar, Plagas, Programas de control biológico, Hongos entomopatógenos, Parasitoides, Trampas, Costa Rica.

ABSTRACT. A successful biological control program of insect pests in sugar cane in Costa Rica. The results of 12 years (1984 - 1995) research on the management of the principal insect pests of sugar cane, realized by the Entomology Program of the Research and Extension Area of Sugar Cane (DIECA), are presented. Also, management methodologies utilizing the parasitoid *Cotesia flavipes*, the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, as well as adhesive and light traps, crop practices for control of the borer (*Diatraea* spp.), the "salivazo" (*Aeneolamia* spp. and *Prosapia* spp.) and the "jobotos" (*Phyllophaga* spp.), are discussed. An analysis is performed of the strategies employed for the control of secondary pests, such as *Castnia licoides*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Metamasius hemipterus*, *Sacharosydne sacharivora*, *Mocis latipes* and *Spodoptera frugiperda*. A cost-benefit analysis is presented for management activities of the borers *Diatraea tabernella* and *Diatraea* spp. Based on these experiences, recommendations are made for future research on the management of sugar cane pests, as well as outlines for the successful management of this program.

Key Words: Sugar cane, Pests, Biological control, Fungal entomopathogens, Parasitoids, Traps, Costa Rica.

Introducción

En Costa Rica hay aproximadamente 51 100 hectáreas cultivadas con caña de azúcar, siendo este cultivo uno de los más importantes del país porque genera gran cantidad empleo y divisas. Durante los últimos veinte años, la caña de azúcar representó, en promedio, el 4,6% del producto interno bruto agropecuario (PIBA). Además es el producto agropecuario más importante en cuanto a consumo interno (Chaves 1993).

Uno de los factores limitantes para la producción de este cultivo son las plagas insectiles, pues algunas

disminuyen los rendimientos (Badilla 1997). Dada la amplia distribución de este cultivo en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, existe abundante información sobre los insectos plagas. Box (1947) reportó aproximadamente 1300 especies de insectos que se alimentan de la caña de azúcar a nivel mundial. En el continente americano, las plagas más importantes son taladradores de los géneros *Diatraea* y *Castnia*, los cercópodos de los géneros *Aeneolamia* y *Manharva*, así como los escarabeidos del género *Phyllophaga* y el delfácido *Perkinsiella saccharicida* (Badilla 1997).

¹Bioasesoría Internacional (BISA). Belén, Heredia, Costa Rica. franbad@sol.raca.co.cr

La amplia distribución de la caña en el país, la variedad de microclimas donde es plantada, su forma usual de producción, como monocultivo de larga duración permite el establecimiento de gran cantidad de especies de insectos en diferentes estados fenológicos. Esto ocasiona que desde las etapas iniciales de su crecimiento, las raíces pueden ser severamente afectadas por larvas del género *Phyllophaga*, las cuales afectan la germinación o causan discontinuidad de las cepas en los surcos de siembra. En el tallo se presentan ataques de taladradores y escarabajos; mientras que el follaje es afectado por varias especies, destacándose aquellas que afectan la conducción de los haces vasculares, lo cual provoca que las hojas se sequen (Badilla *et al.* 1991). Las principales plagas que afectan el cultivo en su sistema radicular son: coleópteros de la familia Scarabaeidae representados por los géneros *Phyllophaga*, *Anomala*, y *Cyclocephala*, termitas del orden Isoptera, gusanos alambre o elatéridos del género *Agriotis* y escamas de la familia Margarodidae.

Algunos de los insectos plaga que afectan los tallos de la caña de azúcar son los taladradores del género *Diatraea* siendo *D. tabernella* y *D. saccharalis* los de mayor importancia, seguidos por *D. guatemalaella*. Otras especies que también afectan el tallo son el taladrador mayor (*Castnia licoides*) y el taladrador menor (*Elasmopalpus lignosellus*); así como el picudo *Metamasius hemipterus* y las escamas *Saccharicoccus sacchari*.

Badilla (1994) señala que el follaje de este cultivo es afectado por gran cantidad de insectos chupadores y masticadores de las familias Cercopidae (*Aeneolamia varia*, *Prosapia* spp., *Delassor notatus* y *Zulia vilior*); Delfacidae (*Sacharosydne saccharivora* y *P. sacharicida*); Aphididae (*Sipha flava*, *Melanaphis sacchari*) y Locustidae (*Schistocerca piceifrons piceifrons* y *S. pallens*).

Debido a los severos ataques causados por *D. tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago, la Liga Agrícola Industrial de la Caña Azúcar (LAICA), mediante su programa DIECA y en convenio con el Ministerio de Agricultura y Ganadería creó el Programa de Entomología en 1984. A partir de ese año se iniciaron los trabajos básicos de clasificación taxonómica, distribución y dinámica poblacional de las principales especies plagas presentes en el país, con lo cual se creó formalmente un programa de control biológico de plagas de caña de azúcar.

Programa de control biológico de los taladradores

El primer programa de control biológico implementado por DIECA fue el de *Diatraea* spp., por las cuantiosas pérdidas que este taladrador ocasiona tanto en condiciones de campo como en la fábrica (Ruiz *et al.* 1968, Nakano *et al.* 1981, Terán 1982, Badilla y Solís 1984). En el continente americano, *D. saccharalis* genera pérdidas en la fase inicial y final del cultivo (Pemberton y Williams 1969), ya que causa daños indirectos y directos en su estado larval, porque construye galerías en los tallos y provoca la muerte del meristema apical, daño conocido como corazón muerto. También hacen galerías transversales en los tallos, causando el volcamiento de las cañas, lo cual induce la formación de brotes laterales y la pérdida de acumulación de azúcares en el tallo. Los daños indirectos son considerables, ya que por los orificios y galerías horizontales penetran otras plagas insectiles y hongos saprófitos.

Los hongos *Colletotrichum falcatum* y *Fusarium moniliforme*, causan la pudrición roja, enfermedad responsable de la inversión de la sacarosa, debido a que se disminuye la pureza del caldo provocando menor rendimiento en azúcar y alcohol (Badilla *et al.* 1991).

En diversos países de América, el control biológico de *D. saccharalis* se realiza mediante microhimenópteros provenientes de distintos continentes (Box 1947, Bennett 1969), así como moscas taquínidas nativas (Scaramuzza 1946, Risco 1954, Guagliumi 1962). En países del Caribe, algunos esfuerzos tuvieron éxito (Simmonds 1955, Miskimen 1962). En Barbados el control biológico demoró muchos años, y la introducción de parasitoides disminuyó en 10% el número de entrenudos afectados (Allan 1980). Por otra parte, en Louisiana, Estados Unidos, algunos especialistas iniciaron el control químico motivados aparentemente por el fracaso de las introducciones de enemigos naturales y por el éxito de los insecticidas para el combate de plagas en otros cultivos (Hensley *et al.* 1968). En Florida, Rice (1981) evaluó la utilización sistemática de insecticidas, tratando de conservar a los parasitoides *Apanteles* spp. y *Agathis* spp. logrando el control de la plaga. Sin embargo, esta estrategia de control no puede ser empleada en los países tropicales de América debido a la presencia de generaciones superpuestas, lo cual obligaría a realizar gran cantidad de aplicaciones de insecticidas por ciclo de cultivo.

Fernández (1960) encontró que las especies de *Diatraea* eran las de mayor importancia económica en

Costa Rica, las cuales oscilaban entre 54 y 61% en la población de insectos plaga. Badilla y Solís (1984) determinaron que *D. tabernella* era la especie más importante y de mayor distribución, seguida de *D. saccharalis* y *D. guatemalensis*. El control químico de esta plaga en Costa Rica no es viable por el elevado costo y número de generaciones de la plaga por año (4-5 generaciones en cañas anuales y más de 8 en cañas bianuales); las cuales además se encuentran superpuestas. Por tanto, se requerirían de cinco a seis aplicaciones de insecticidas, siempre y cuando se programen las aplicaciones de acuerdo a la emergencia de las larvas, algo poco probable en las condiciones del trópico (Badilla et al. 1991).

Un estudio de los enemigos nativos de *Diatraea* reveló un porcentaje bajo de parasitismo natural, el cual no ejercía un control económico de la plaga (Badilla y Solís 1986). Debido a esta situación y al daño que estaba ocasionando la plaga, DIECA importó del Brasil las moscas taquínidas *Paratheresia claripalpis*, *Metagonistylum (Lydella) minense* y el braconido *Cotesia (Apanteles) flavipes*. Este último parasitoide es originario de la India y se presenta en forma endémica en el sureste de Asia y en Australia, parasitando barrenadores del tallo de las familias Pyralidae y Noctuidae (Glifford y Mann 1967). Según Bennett (1977), el ciclo de vida de *C. flavipes* es de 16 a 25 días, lo cual representa una ventaja sobre los taquínidos, cuyo ciclo de vida y periodo de preoviposición es mayor.

Este programa de control biológico se inició como respuesta a las inquietudes de productores e industriales de caña con los objetivos de identificar las especies del género *Diatraea* en las diferentes zonas cañeras del país, clasificar los enemigos naturales y evaluar su potencial en el control biológico, así como estudiar la dinámica poblacional de los adultos de la plaga, instalar un laboratorio para la reproducción de los parasitoides *C. flavipes*, *P. claripalpis* y *L. minense* y determinar la relación costo-beneficio del programa.

Metodología de trabajo. Para iniciar este programa, en julio de 1984 se importaron de Brasil 105 puparios de *C. flavipes*, 40 de *P. claripalpis* y 20 de *L. minense*, los cuales fueron multiplicados inicialmente en *D. tabernella* y posteriormente en *D. saccharalis*. Para determinar el daño de los taladradores, se realizó un muestreo en todo el país, utilizando dos variables: la infestación (I) o sea el porcentaje de cañas perforadas por los taladradores y la intensidad de infestación (II), como el porcentaje de entrenudos perforados. Para el

cálculo de estos dos índices se utilizan las siguientes fórmulas.

$$I = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cañas barrenadas}}{\text{Total de cañas}} \times 100$$

$$II = \frac{\text{N}^\circ \text{ de entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} \times 100$$

El estudio se realizó en cinco regiones cañeras del país y en tres localidades por región, para lo cual se seleccionaron las fincas de ingenios o agricultores particulares más representativas en la zona alta, media y baja de cada localidad. Las zonas y localidades estudiadas fueron: Valle Central (Ingenio Ojo de Agua, Cooperativa Victoria y Hacienda La Argentina); San Carlos (Ingenio Santa Fe e Ingenio Quebrada Azul, parte baja) Zona Atlántica (Haciendas Juan Viñas, Atirro y localidad de Guayabo); Pérez Zeledón (CoopeAgri El General, Quizarrá y Buenos Aires); Guanacaste (Ingenios Taboga y El Viejo) y el Ingenio El Palmar en Puntarenas.

En cada localidad se realizó un recuento mensual durante 10 meses en caña anual y 20 meses en caña bianual. Se evaluó el número de "corazones muertos" (amarillamiento de las hojas centrales por muerte del meristemo apical) en cañas sin entrenudos, así como la intensidad de infestación en cañas con entrenudos. Para ello, las cañas se clasificaron en categorías de acuerdo a la edad (en meses). Las anuales en 1-4, 5-7 y 8-12; y las bianuales en seis categorías. Las tres primeras correspondientes a las anuales, más tres adicionales: 13-16, 17-20 y 21-24 meses.

En todos los casos se tomaron cinco puntos de muestreo de 5 m lineales (en el mismo surco). Los cinco puntos se distribuyeron en los cuatro extremos y en el centro del lote muestreado. Se realizaron tres puntos de muestreo hasta 10 ha (15 m de surco hasta 10 ha). En lotes superiores a 10 ha se conservó la misma unidad de muestreo dependiendo del área correspondiente al lote. En cada punto se cuantificaron los tallos sanos y dañados (corazón muerto) para calcular la infestación. Después se contabilizaron todas las cañas con entrenudos, se deshojaron, se eliminó el cogollo y se contabilizaron las cañas dañadas y las cañas sanas. Los entrenudos de cada tallo se clasificaron como perforados y sanos. Los tallos con perforaciones se

abrieron longitudinalmente, para determinar la extensión interna del número de entrenudos perforados y el daño causado por el hongo *C. falcatum*; el cual penetra por las perforaciones realizadas por *Diatraea* spp. Con esos datos se determinó el porcentaje de infestación y de intensidad de infestación en cada una de las regiones del país.

Durante el muestreo se recolectaron larvas y parasitoides en el campo. Para determinar el porcentaje de parasitismo natural en cada una de las regiones, así como la especie de parasitoide asociado, las larvas se llevaron al laboratorio donde se colocaron en cajas individuales que contenían trozos de caña de azúcar. Este material también se utilizó para iniciar el pie de cría de *D. tabernella* y posteriormente la de *D. saccharalis*, como hospedantes para la producción artificial de parasitoides. Simultáneamente a los muestreos, se determinó la infestación y la intensidad de infestación en los frentes de corte (al momento de la zafra) de los lugares muestreados. Para esto se tomaron al azar 50 cañas/ha. Se determinaron los lugares con los niveles más altos de daño (intensidad e infestación) para iniciar la liberación de parasitoides producidos en el laboratorio. La metodología de cría utilizada fue la propuesta por Badilla y Solís (1984).

Inicialmente, en el laboratorio se reprodujeron *P. claripalpis*, *L. minense* y *C. flavipes*. Pero debido a la mejor adaptación en el campo y la facilidad de manejo en el laboratorio, se decidió continuar produciendo únicamente *C. flavipes*. También se observó que *D. saccharalis* era mejor hospedante para ese parasitoide, por lo cual únicamente se continuó utilizando esta especie para la reproducción del parasitoide.

La metodología de liberación de los parasitoides se realizó según la técnica propuesta por Badilla *et al.* (1991). El umbral económico utilizado consistió en hacer las liberaciones de *C. flavipes* (6000 individuos/ha) cuando se recolectaban 10 larvas de tercer instar por hora hombre de recolección. Posteriormente, se modificó, según la densidad larval/ha, de acuerdo a la metodología propuesta por Badilla y Alfaro (1994). Se realizó un máximo de tres liberaciones en cañas anuales (3, 6 y 8 meses de edad) y en cañas bianuales (3, 6 y 14 meses), siguiendo el mismo criterio. Para determinar el porcentaje de parasitismo se realizaron muestreos a los 15 días, al mes siguiente y a los dos meses después de cada liberación, así como un cuarto muestreo entre los 8 y 9 meses en caña anual y 16-18 meses en caña bianual.

Para esto se recolectaron al azar tallos con perfo-

raciones, los cuales se abrían longitudinalmente para determinar el número de puparios de *C. flavipes*, moscas nativas y otros parasitoides o entomopatógenos. El parasitismo de campo se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Parasitismo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de formas biológicas del parasitoide}}{\text{N}^\circ \text{ de formas biológicas del parasitoide} + \text{plaga}} \times 100$$

Para evaluar la eficiencia de este parasitoide se realizó un trabajo en la Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago, a 1450 msnm y con una precipitación anual de 4200 mm. Para esto se estudió la correlación entre el parasitismo obtenido en el campo y el nivel de daño ocasionado por la plaga, valorado por los parámetros infestación e intensidad de infestación durante seis años. Se muestrearon 3751 ha (129 490 cañas) en las diferentes variedades comerciales plantadas en esta finca. También se determinó el parasitismo de *C. flavipes* en los lotes donde se había liberado esta especie durante ese mismo periodo. Como complemento a estos estudios se realizaron trabajos para determinar el tamaño ideal de muestra/ha, cuantificar niveles de daño, determinación del factor de pérdida a nivel de fábrica causados por *D. tabernella*, metodologías de liberación y cuantificación del parasitismo producido por *C. flavipes*. Además se desarrollaron técnicas de mejoramiento de la producción de *C. flavipes* en condiciones de laboratorio y comparación de cuatro dietas artificiales para la cría en laboratorio de *D. saccharalis* (Solís y Badilla 1994, Chan *et al.* 1991, Valverde *et al.* 1991, Badilla y Alfaro 1994).

Resultados obtenidos. Los resultados de infestación e intensidad de infestación mostraron que las regiones más afectadas por *Diatraea* spp. fueron la parte alta del Ingenio Santa Fe y Las Haciendas Ojo de Agua y Juan Viñas. Las localidades de Grecia (Cooperativa Victoria y algunas fincas del Ingenio La Argentina) presentaron ataques superiores al 2% de intensidad de infestación, nivel establecido como umbral económico.

En 1992 se observaron ataques de importancia en la región de San Ramón y en el Ingenio Cutris en San Carlos. Los porcentajes de intensidad de infestación más altos se presentaron en cañas de 8-12 meses. Las especies del barrenador encontradas fueron: *D. tabernella*, *D. guatemalaella* y por primera vez *D. saccharalis* como

plaga de importancia agrícola en el cultivo.

Fernández (1960) señaló que según comunicación personal de Harold Box en 1956, *D. saccharalis* era sumamente rara en Costa Rica, siendo una hembra el único ejemplar preservado en el museo de París, recolectada a finales del siglo XIX. Sin embargo, Badilla y Solís (1984) encontraron que esta especie era la más importante en Ojo de Agua y Grecia. La especie de mayor distribución e importancia en el país fue *D. tabernella*, lo cual coincide con lo informado por Fernández (1960). *D. saccharalis* es la segunda en importancia y *D. guatemalensis* se restringió a la región de San Isidro de El General y en menor grado al Valle Central y Guanacaste.

Se determinó además que existen algunas variedades de caña de azúcar que son más susceptibles a esta plaga, como la Pindar, H-32856, H-564848, B-4744 y la Q-68; mientras las variedades H-54775, H-443098 y la B-50377 mostraron mayor tolerancia. Es importante destacar que las variedades de caña de azúcar que presentaron mayor porcentaje de daño poseían los menores porcentajes de fibra. Esto demuestra que el contenido de fibra funciona como una barrera física en la penetración de la larva en los tallos.

En el periodo de 1985 a 1995, se liberaron 146846000 adultos de *C. flavipes* en una área de 10 738 ha. La relación macho:hembra de esta especie en condiciones naturales es de 1:1 y por tanto, en las liberaciones se siguió esta relación. Para 1995 se encontró un parasitismo promedio máximo de 74,9%, con un promedio ponderado de 42,4% en las diferentes regiones cañeras del país.

Para evaluar la eficiencia de *C. flavipes* se realizó

una investigación en la Hacienda Juan Viñas durante siete años, donde se determinó la infestación y la intensidad de infestación en los frentes de corte de cada año, así como el parasitismo obtenido por *C. flavipes*, el cual fue aumentando cada año hasta llegar a 50,4% en 1991 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Infestación e intensidad de infestación de *D. tabernella* y porcentaje de parasitismo por *C. flavipes* en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985 y 1991.

Año	Infestación	Intensidad de infestación	Parasitismo (%)
1985	48,13	6,50	5,2
1986	39,30	5,70	21,3
1987	19,10	2,14	50,4
1988	33,20	3,91	47,3
1989	23,40	2,24	42,8
1990	25,50	2,25	41,9
1991	27,70	2,36	50,4

Se encontró una correlación negativa ($r = -0,91^{**}$) entre el parasitismo y la intensidad de infestación y entre el parasitismo y la infestación ($r = -0,89^{**}$). El modelo que mejor explica los resultados de intensidad de infestación fue el cuadrático ($R^2 = 0,8272$) (Fig.1).

A medida que se incrementó el porcentaje de control por *C. flavipes* se disminuyó el porcentaje de entrenudos perforados, lo cual demuestra que ese parasitoides fue el responsable de la disminución de los daños de *D. tabernella* en esta Hacienda. También se determinó que la intensidad de infestación es más consistente que el criterio de infestación para correlacionar los daños de la caña y el parasitismo a nivel de

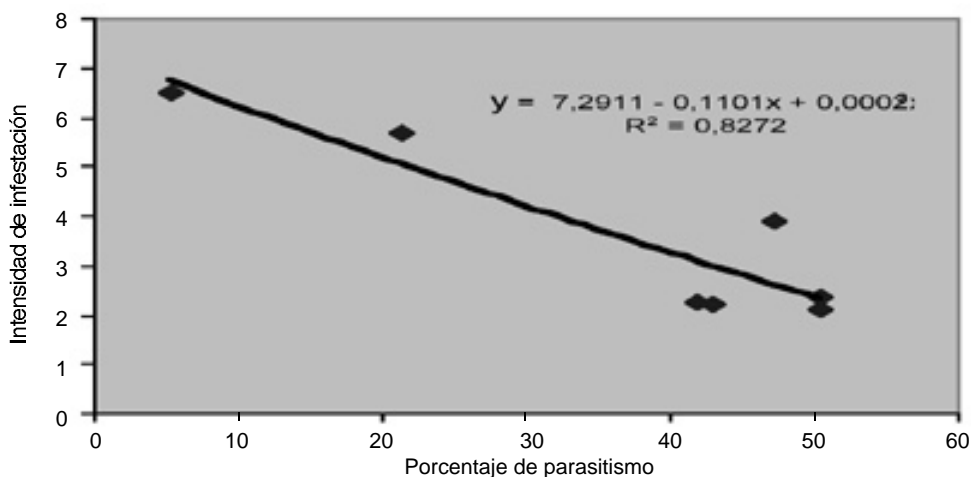


Figura 1. Correlación entre el porcentaje de parasitismo y la intensidad de infestación en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985 y 1991.

campo (Badilla *et al.* 1991). Esto obedece a que la intensidad de infestación, que corresponde al porcentaje de entrenudos perforados, se realiza abriendo longitudinalmente las cañas, con lo cual los daños de los barrenadores se muestran en toda su magnitud, dado que a este daño se asocian otros organismos patógenos secundarios como hongos y bacterias que causan daños en los entrenudos siguientes. Mientras el índice de infestación solamente determina el porcentaje de cañas perforadas porque no incluye el abrir las cañas.

En el primer año del programa, tanto el parasitismo natural como el ocasionado por *C. flavipes* presentaban valores semejantes (4,9 y 5,2, respectivamente). El parasitismo natural encontrado en la Hacienda Juan Viñas y en las otras regiones del país está representado por las siguientes especies: *Paratheresia claripalpis* (Diptera: Tachinidae) la especie más abundante, *Agathis* spp., *Ipobracon* spp. (Hymenoptera: Braconidae), *Apanteles diatraea* (Hymenoptera: Braconidae), *Spilochalcis dux* (Hymenoptera: Calcidae). También se encontraron larvas parasitadas por nematodos, baculovirus y por los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Akanthomyces* spp.

Después de siete años de liberaciones de *C. flavipes* se observó que el porcentaje de parasitismo natural se mantuvo prácticamente constante, mientras que el de éste último parasitoide se incrementó en 614% con respecto al primer año de las liberaciones (Badilla *et al.* 1991). Este parasitoide no desplazó a los nativos, sino que pasó a formar parte de la fauna benéfica, siendo en la actualidad el factor de control más importante de esta plaga. La no competencia entre *C. flavipes* y los otros parasitoides nativos se debió a la abundancia de la plaga que no obligó a las especies a competir sino que fomentó su crecimiento.

La relación costo - beneficio del programa en la Hacienda Juan Viñas entre 1985-1989, se detalla en el Cuadro 2. Para el cálculo del factor de pérdida en kg de azúcar/t m de caña, se utilizaron los resultados de

Alpízar (1983), el cual encontró que por cada 1% de intensidad de infestación de entrenudos perforados por *D. tabernella* en la variedad H 57-5174, se perdían 1996 kg de azúcar por tonelada de caña.

Con base en este estudio, se estimó que entre 1984-1985, se dejaron de percibir en la zafra 1665 de azúcar a causa de este taladrador. Este valor representó 14,7 % del azúcar producido por la Hacienda Juan Viñas en esta zafra. Mientras que en la zafra 1988-1989 la pérdida de azúcar por la plaga fue de 464,4 (4,9 % de la producción). De acuerdo a estos valores se obtuvo una recuperación del 9,8% del azúcar total producido como resultado de la implementación del programa del control biológico de *Diatraea*. Desde el punto de vista económico en la Hacienda Juan Viñas se recuperaron US\$ 992 000 por la disminución de los entrenudos perforados de 6,5 a 2,2 y el aumento del parasitismo de 5, 2 a 42,8%. El costo del programa para DIECA por la producción del parasitoide, transporte y evaluaciones de parasitismo fue de \$60761,60 (\$ 40,2/ha, con tres liberaciones de 6000 adultos/ha cada una). La Hacienda Juan Viñas invirtió en mano de obra \$ 5831,10 (\$ 2,9/ha). El costo del programa fue de \$ 66 592,70 con una recuperación líquida de \$ 925 408,10, para una relación costo-beneficio de 1:15. El costo-beneficio para La Hacienda Juan Viñas fue de 1:170.

Los resultados de este estudio demostraron la eficiencia del control biológico utilizando este parasitoide. Con el modelo matemático para la intensidad de infestación (Fig 1), el análisis propuesto en el Cuadro 2 y el porcentaje promedio de parasitismo de *C. flavipes* en 12 años de programa, se estima que en el país se obtuvo una recuperación de US\$2 055 519,6 en las 10737,5 ha donde se desarrolló el programa. DIECA invirtió \$ 290 661,65 para una recuperación de US\$ 1764857,95; lo cual equivale a una relación costo-beneficio de 1: 7.

Estos resultados demuestran que el control biológico

Cuadro 2. Relación costo - beneficio del programa de control biológico de *D. tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985-1989.

Año	ha	tm/ha	Infestación	Intensidad de infestación	Pérdida US \$/ha	Pérdida Azúcar tm US \$	Recuperación Periodo US(\$)
1985	717	179	48,3	6,5	109,3	1665,0	509393
1986	720	178	39,3	5,7	100,4	1417,0	412042
1987	758	154	19,2	2,2	97,4	512,6	62424
1988	709	157	13,5	3,9	107,9	866,5	298354
1989	641	165	23,5	2,2	122,5	464,4	172749
Total						992000	

gico de *D. tabernella*, *D. guatemalaella* y *D. saccharalis* puede realizarse en forma sostenible mediante liberaciones de *C. flavipes* y sin utilizar insecticidas; evitando la contaminación y el desarrollo de resistencia por parte de la plaga.

Programa de manejo integrado de *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.

Una de las razones del incremento de las poblaciones de insectos en un determinado cultivo es el desequilibrio en su hábitat natural. Un ejemplo en Costa Rica fue el problema denominado "salivazo", el cual agrupa varias especies de los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia*. En la región de San Carlos, al iniciarse la plantación masivas de cítricos en el año 1988, se produjo un desequilibrio en estas especies de insectos, debido a que las pasturas que constituyen su hospedante natural fueron eliminadas mediante el uso de herbicidas para dedicarlas al cultivo de cítricos. Esto ocasionó la migración de los adultos de esas plagas al cultivo de la caña de azúcar, en el cual se establecieron provocando grandes daños, porque al no ser este cultivo su hospedante natural, requieren alimentarse en grandes cantidades para mantener su población. Otro de los factores que influyeron en el rápido crecimiento de la población de estas especies fueron los suelos anegados que imperan en el cultivo de caña de azúcar en esta región, durante la época lluviosa; además de los niveles altos de nitrógeno disponibles en las hojas, con lo cual la tasa reproductiva del insecto se incrementa.

Las especies predominantes en esta región son *Aeneolamia postica*, *A. albofasciata*, *Prosapia bicincta* y *P. simulans* (Thompson 1995). De estas especies, las del género *Aeneolamia* son las más importantes en el cultivo de la caña de azúcar. Estos organismos tienen en común el hábito de colocar los huevos al final de la época lluviosa, los cuales entran en estado de diapausa, que se prolonga durante los meses de verano. La emergencia de las ninfas ocurre entre mayo y setiembre, fenómeno descrito como diapausa corta, media y larga (Guagliumi 1962). Este comportamiento ocasiona que las generaciones se superpongan en los meses lluviosos; por tanto, el control químico requeriría de 7 a 10 aplicaciones por año, situación común en Venezuela y Trinidad-Tobago, donde esta plaga causa severos daños.

El mecanismo de invasión de esta plaga se produce principalmente en los canales de riego adyacentes y los lotes baldíos, donde hay predominancia de gramíneas. De esta forma, se generan los focos primarios

con lo cual se establece la plaga en el cultivo. Paralelamente, se producen las primeras emergencias de ninfas dentro del cultivo, con el inicio de las lluvias, con lo cual da origen al primer pico generacional de adultos, que ocurre entre 22 y 30 días después. En la región de San Carlos y Guanacaste, donde se presentan los mayores ataques de esta plaga, se producen entre cuatro y cinco generaciones al año, entre los meses de mayo y octubre.

Los adultos de estas plagas se alimentan de savia de las láminas foliares de la caña, provocando una fitotoxemia por la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes. El estado patológico se manifiesta a los pocos días del ataque, con la aparición de manchas lineales cloróticas, las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas. Consecuentemente, disminuye la capacidad fotosintética, lo cual causa una reducción en el proceso formativo de la sacarosa y por consiguiente cuantiosas pérdidas (Badilla y Saénz 1994).

Para el manejo de esta plaga se han utilizado varias estrategias de control tales como: prácticas culturales, uso de trampas adhesivas, control biológico y control químico (Guagliumi 1973, Alves 1982, Badilla *et al.* 1996, Wraight y Roberts 1987, Salazar y Badilla 1994, Ferron 1988). Como parte de un programa de manejo sostenible de las principales plagas del cultivo, el Programa de Entomología de DIECA propuso una estrategia de manejo de esta plaga a nivel nacional, basado en la programación temprana del corte de los lotes afectados, el avenamiento de suelos anegados e implementación de prácticas culturales (desaporque y aporque) con el objeto de controlar la fase de huevo, el control de plantas hospedantes, la utilización de trampas adhesivas y el empleo de *M. anisopliae* para el control de adultos y ninfas de la plaga (Badilla 1994).

Prácticas culturales. Dentro del programa de manejo integrado propuesto, la estrategia de programar el corte de los lotes afectados por la plaga al inicio de la zafra fue una de las medidas más eficaces porque permitió realizar las labores de desaporque y aporque antes del inicio de las lluvias. Mediante esta práctica se exponen los huevos al sol, disminuyendo así la presión de la plaga al inicio de las lluvias. Así cuando se presentan los niveles de población más altos, la caña posee entre 9 y 10 meses de edad, y es más resistente al daño, dado el endurecimiento de sus tejidos, lo cual dificulta al insecto introducir el estilete para succionar los fluidos del floema de las hojas.

Uso de trampas adhesivas. Estas trampas son uno de

los soportes para el manejo de esta plaga porque permiten la sustitución de insecticidas. Se utilizaron entre 25 y 75 trampas/ha (amarillo intenso de 80 x 60 cm con 570-580 nanómetros de longitud de onda). Como adhesivo se emplearon ceras de petróleo, las cuales se diluyen con gasolina en una proporción equivalente a una parte del adherente por 1,5 partes de ese hidrocarburo. Sin embargo, cabe destacar que en Guatemala se determinó que el adhesivo BIOTRAP es el producto empleado en este tipo de trampas que logra la mejor relación costo - beneficio (Badilla *et al.* 1997a). Además se encontró que las bolsas verdes (550 nanómetros de longitud de onda), son más eficientes para la captura de las especies de *A. postica* y *A. albofasciata*, las cuales están presentes también en Costa Rica (Badilla *et al.* 1997b).

Control biológico. Para la reproducción de *M. anisopliae* se construyó un laboratorio de producción de hongos entomopatógenos en la Estación Experimental de DIECA, en Santa Gertrudis Sur, Grecia. La dosis utilizada fue de 2,5 a 5,0 x 10¹² conidios del hongo/ha. Durante ocho años (1989-1996) se aplicaron 3 246 kilos (3,25 x 10¹⁶ conidios) en 9106 ha, obteniendo parasitismos entre 5 y 70%, dependiendo de la región y del aislamiento utilizado (Badilla *et al.* 1994, Saénz *et al.* 1997). Se emplearon dos aislamientos de este hongo; uno proveniente de Brasil (PL-43) en la zona Pacífica del país (Guanacaste y Puntarenas) y el aislamiento nativo DIECA-0391, obtenido de insectos recolectados en la región de San Carlos.

La implementación de este programa disminuyó significativamente el empleo de insecticidas en las áreas donde la plaga causa daños, permitiendo mantener un equilibrio en las poblaciones de depredadores que controlan esta plaga; tales como las arañas de la familia Salticidae, y la tijerilla *Doru* spp., Dermaptera, y la mosca depredadora de ninfas *Salpingogaster nigra*, de la familia Syrphidae, principal regulador de ninfas. En este proyecto participan activamente pequeños, medianos y grandes productores de caña y para lograr su éxito es fundamental el empleo conjunto de las estrategias mencionadas.

Otras plagas

Otras plagas importantes de la caña de azúcar, además de los taladradores y de los cercópodos, sobre los cuales se realizaron investigaciones para la búsqueda de alternativas al control químico, fueron las siguientes: larvas de la familia Scarabaeidae, representados por los géne-

ros *Phyllophaga*, *Anomala* y *Cyclocephala*, dentro de los cuales las especies más importantes son: *Phyllophaga elenans*; *P. vicina* y *P. menetriesi*; el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), el taladrador gigante (*C. licoides*), el taladrador menor (*Elasmopalpus lignosellus*), el saltahoja *Sacharosydne saccharivora*, el defoliador *Mocis latipes*, el complejo de cortadores del género *Spodoptera* y las langostas *Schistocerca piceifrons* y *S. palens*.

Algunos de los resultados más exitosos se obtuvieron con el uso de *M. anisopliae* y *B. bassiana* para el control de *M. hemipterus*, *C. licoides* y *Schistocerca* spp., tanto en laboratorio como en campo, así como el uso de *Bacillus thuringiensis* para el control de *M. latipes* y larvas del género *Spodoptera*, principalmente, *S. sunia* (Badilla 1994). Para el control del saltahoja *S. saccharivora* se realizaron aplicaciones comerciales de *M. anisopliae*; sin embargo, es necesario seleccionar aislamientos más patogénicos y virulentos para su uso a escala comercial, ya que no se obtuvo resultados muy exitosos, a pesar de que a nivel de campo se han encontrado epizootias provocadas por esta especie de entomopatógeno.

Para el control del taladrador menor *E. lignosellus*, la alternativa más viable es el empleo del riego, ya que la larva de esta plaga hace un túnel en la base del tallo con partículas de tierra, con lo cual se protege de las altas temperaturas. El empleo del agua de riego ahoga muchas larvas. Además la humedad estimula la aparición de bacterias y protozoarios entomopatógenos que regulan las poblaciones de esta plaga. Otras alternativas de control como el empleo de feromonas y captura manual, así como la aplicación de prácticas de cultivo (como el paso de una rastra sin ángulo de ataque sobre las cepas 15 días después de del corte del cultivo), han demostrado ser las más viables. Finalmente, donde la plaga es un serio problema no es recomendable quemar los rastrojos de cosecha pues las kairomonas que se producen estimulan la cópula de la especie (Badilla 1997).

El picudo *M. hemipterus* es una plaga con gran poder destructivo. Las larvas se alimentan de los tallos molederos, así como de los esquejes que se utilizan como semilla, causando en el primer caso pérdidas en la fábrica por la inversión de la sacarosa. En el segundo caso se producen fallas en la germinación al destruir las reservas de alimento de las yemas. Como estrategia de control se utilizaron trozos de caña de bambú impregnados con *B. bassiana* (aislamiento 447) logrando una mortalidad del 85%, a nivel de campo, según lo propuesto por Badilla y Alves (1991). Este sis-

tema de control permite el desarrollo de epizootias, ya que los insectos entran en contacto con altas concentraciones del hongo, el cual permanece viable en los trozos de caña alrededor de 15 días, y los insectos que se alimentan posteriormente contaminan a otros mediante la cópula.

Las larvas de *Phyllophaga* causan pérdidas cuantiosas ya que destruyen el sistema radicular de la caña de azúcar, provocando amarillamiento, crecimiento raquítico y acame de las plantas (Watve *et al.* 1981). Para su control se desarrolló una estrategia basada en prácticas culturales que incluyen la remoción de lotes severamente afectados, un pase de rastra de vertederos, la exposición al sol por un espacio de 15 a 20 días, un nuevo pase de rastra y una nueva exposición por 15 días antes de sembrar. Esta estrategia pretende exponer las larvas al sol, así como a la acción depredadora de las aves (Badilla 1995).

Como complemento a estas prácticas se realizó un programa de trapeo masivo de adultos, mediante trampas de luz. Esta estrategia fue evaluada en los Ingenios del Pacífico y de la zona sur del país, principalmente la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), en donde se realizaron los trabajos básicos de control (Badilla *et al.* 1999). El método es promisorio para la recolección de adultos, obteniéndose un promedio de 2 648 adultos/trampa en 1993 y 2 105 en 1994. Este último año se recolectaron hasta 27 000 adultos/trampa en una noche (Badilla 1995). Simultáneamente, a estos trabajos se inició un proyecto para el control biológico de larvas utilizando agentes de control microbiano, principalmente *M. anisopliae* y *B. bassiana*.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo integrado de las plagas de la caña de azúcar debe hacerse de manera planificada, para lo cual es necesario conocer la dinámica poblacional y la biología de las plagas primarias y secundarias, para evitar que alguna medida afecte los enemigos naturales de estas plagas. Otro aspecto a considerar es la capacidad de recuperación del cultivo, para lo cual se requiere conocer el umbral económico para cada una de las plagas. También es importante evaluar a nivel de laboratorio los diferentes agentes potenciales de control biológico, antes de iniciar un programa masivo debido a la alta especificidad en parasitoides y agentes entomopatógenos.

Después de doce años de programa, la situación de las plagas insectiles de este cultivo en Costa Rica es bastante estable, debido a que las estrategias realizadas con el objetivo de lograr el equilibrio ecológico en los cañales, han sido eficientes. La introducción de *C. flavipes* fue exitosa, logrando parasitar las tres especies de taladrador existentes en el país así como adaptarse a las diferentes regiones ecológicas. El uso de *M. anisopliae* requiere más evaluaciones básicas para obtener mayores beneficios de su uso. *B. bassiana* mostró muy buen potencial para el control de *M. hemipterus*, *C. licoides*, especies de langostas y plagas del suelo; sin embargo, es necesario continuar trabajando en la búsqueda de aislamientos más patogénicos y virulentos, así como en formulaciones más estables.

La implementación del programa de manejo integrado de plagas insectiles de la caña de azúcar, permitió que este cultivo se convirtiera en uno de los que menos insecticidas sintéticos utilizan, lo cual es muy satisfactorio, sobre todo por tratarse de un cultivo extensivo en muchas regiones del país.

Es necesario continuar las investigaciones básicas para la búsqueda de estrategias de control de plagas como *E. lignosellus* y *P. menetriesi* mediante feromonas y prácticas culturales, hongos y bacterias entomopatógenas; así como la implementación de un programa de selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de *S. saccharivora*. Es necesario desarrollar modelos de predicción de las poblaciones de los cercópidos, a partir del conocimiento de las poblaciones de huevos para lograr un mejor control de estas plagas. También es fundamental el estudio de umbrales económicos de los defoliadores, cortadores y cercópidos, para reducir la presión de uso de insecticidas.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar (DIECA) por las facilidades ofrecidas para el desarrollo de este trabajo. A los compañeros del Programa de Entomología por su valioso trabajo en la producción de parasitoides y entomopatógenos, así como al Tec. Daniel Alfaro e Ing. Carlos Sáenz y demás compañeros de las regiones por los trabajos de campo realizados. También a todos los técnicos de los ingenios del país, sin los cuales el éxito de este programa no habría sido posible. Un reconocimiento especial a los plagueros de los ingenios en los cuales se ha implementado este programa por su valioso trabajo, el cual ha sido fundamental para obtener el éxito alcanzado.

Literatura citada

- Allam, MM. 1980. Biological and ecological factors affecting populations of sugar cane moth borer *Diatraea saccharalis* (Lep.:Pyralidae) in Barbados. *Entomophaga* 25(4):401-414.
- Alpizar, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. *Práctica de Graduación*. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede de San Carlos. 69 p.
- Alves, SB. 1982. Caracterização, padronização e produção do *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. Tese. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 95 p.
- Badilla, F; Solís, I. 1984. Programa de control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Boletín Informativo no. 18.4 p.
- Badilla, F; Solís, I. 1986. Avaliação sobre resultados obtidos no programa de controle biológico da broca da cana-de-açúcar *Diatraea* spp. na Costa Rica. *In Congresso Brasileiro de Entomologia* (10,1986,Rio de Janeiro, Brasil).Resumos.p. 21.
- Badilla, F; Solís, I; Alfaro, D. 1991. Control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 20-21:39-44.
- Badilla, F; Alves, SB. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* 1978 (Col.: Curculionidae) com *Beauveria* spp. em condições de laboratorio e campo. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 20 (2):251-263.
- Badilla, F; Alfaro, D; Solís AI; Madriz, T; Salazar, JA. 1991. Utilización de modelos de regresión para determinar el comportamiento del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) en el control de *Diatraea tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Costa Rica. *In Congreso de Tecnología Azucarera de Centroamérica* (9, 1991, San José, Costa Rica).Resúmenes.p. 7.
- Badilla, F. 1994. Situación actual de las diferentes plagas insectiles en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. *In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la caña de azúcar en Costa Rica* (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 19-20.
- Badilla, F; Alfaro, D. 1994. Metodología de liberación y cuantificación del parasitismo producido por *Cotesia flavipes*. *In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica* (1, 1994, San José, Costa Rica).Resúmenes. p. 6.
- Badilla, F; Sáenz, C. 1994. Utilización de trampas amarillas como criterio de muestreo de población de "salivazo" *Prosapia* spp. y *Aeneolamia postica*. *In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica* (1,1994,San José,Costa Rica).Resúmenes.p. 10.
- Badilla, F; Solís, I; Alfaro, D. 1994. Resultados obtenidos en el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. en las diferentes regiones de Costa Rica, con la utilización del parasitoide *Cotesia flavipes*. *In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica* (1, 1994, San José, Costa Rica).Resúmenes.p. 8.
- Badilla, F. 1995. Manejo integrado de jobotos *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 37:26-33.
- Badilla, F; Toledo, JC; Barreno, C. 1996. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en adultos de la "chinche salivosa" *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar en Escuintla Guatemala. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 4: 39-44.
- Badilla, F. 1997. Plagas de importancia económica de la caña de azúcar en Latinoamérica y principales estrategias de control. *In Congreso Costarricense de Entomología* (4, 1997 San José, Costa Rica).Resúmenes.p. 77-79.
- Badilla, F; Azañón, V; Solares, E. 1997a. Evaluación de cuatro adherentes para el control de la "chinche salivosa" *Aeneolamia* sp. y *Prosapia* spp. (Homoptera :Cercopidae) en el Ingenio La Unión, Guatemala. *In Congreso Costarricense de Entomología* (4, 1997 San José, Costa Rica).Resúmenes. p.93.
- Badilla, F; Solares, E; Azañón, V. 1997 b. Evaluación de cinco colores de trampas para el control de adultos de las chinches salivosas *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en el Ingenio La Unión, Guatemala. *In Congreso Costarricense de Entomología* (4, 1997 San José, Costa Rica).Resúmenes.p. 88.
- Badilla, F; Chacón, M; Sáenz, M. 1999. Utilización de trampas de luz para el control de jobotos (*Phyllophaga* spp.) (Col: Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 51:59-65.
- Bennett, FD. 1969. Tachinid flies as biological control agents for sugarcane moth borer. *In Williams, JR; Metcalfe, JR; Mungomery, RW; Mathes, R. Ed. Pest of Sugarcane*. Elsevier. p. 117-148.
- Bennett, FD. 1977. Comparison of the reproductive state and certain other characteristics of *Apanteles* spp. and the tachinid parasites of *Diatraea saccharalis*. *In Proceedings Congress of the International Society of Sugarcane Technologists* (16,1977). 16:523-527.
- Box, HE. 1947. Informe preliminar sobre los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) en Venezuela. Maracay, Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico. 117 p.
- Chan, MI; Badilla, F; Fuentes, G. 1991. Comparación de cuatro dietas artificiales para la cría en laboratorio de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *In Congreso de Tecnología Azucarera de Centroamérica* (9,1991,San José, Costa Rica).Resúmenes.p. 28.
- Chaves, MA. 1993. Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcoholera costarricense. *In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales* (9, 1993, San José, Costa Rica). Resúmenes.p. 1-116.
- Fernández, JE. 1960. Estudio de los taladradores de la caña de azúcar del género *Diatraea* (Pyralidae- Lepidoptera) y su importancia económica en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 148 p.
- Ferron, P. 1988. Pest control by the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *In Burgues, HD. Ed. Microbial control of pest and plant diseases, 1970-1980*. London, Academic Press.p. 465-481.
- Glifford, JR; Mann, GA. 1967. Biology, rearing and trial release of *Apanteles flavipes* in the Florida Everglades to control the sugarcane borer. *Journal of Economic Entomology* 60 (1) :44-47.
- Guagliumi, P. 1962. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas Maracay, Venezuela Tomo 1. 482 p.

- Gluagliumi, P. 1973. As cigarrinhas dos canaviais no Brasil. Uma contribuição e perspectivas de luta biológica nos Estados de Pernambuco e Alagoas. *Brasil Açucareiro* 72 : 34-43.
- Hensley, SD; Conciene E, J; McCormick, WJ; Charpentier, L.J. 1968. Recent developments in insecticidal control of the sugar cane borer in Louisiana. *In* Proceedings Congress of the International Society of Sugarcane Technologists (13, 1968, Taipei, Taiwan). p. 1365-1368.
- Miskimen, GW. 1962. Studies of the biological control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on St. Croix, U.S. Virgin Islands. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 46 (2):135-139.
- Nakano, O; Silveira Neto, S; Zucchi, RA. 1981. Entomologia Econômica. Depto de Entomologia ESALQ-USP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, Livro Ceres. 314 p.
- Pemberton, CE; Williams, JR. 1969. Distribution, origins and spread of sugarcane insect pests. *In* Williams, JR; Melcalfe, JR; Mungomery, RW; Mathes, R. Ed. Pests of sugarcane. Elsevier: p. 69-71.
- Rice, ER. 1981. Biological and chemical control of sugar cane insects. *Louisiana Agriculture* 24 (2):12-14.
- Risco, SH. 1954. La mosca indígena *Paratheresia claripalpis* W. en el control biológico de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) en Lima, Perú. Publicación del Comité de Producción de Azúcar. 31 p.
- Ruiz, MA; Martínez, A; Flores, S. 1968. Statistical estimation of sugar losses due to borer attack (*Diatraea chilo*). *In* Congress of the International Society of Sugarcane Technologists (13, 1968). Proceedings 13:1292-1295.
- Sáenz, C; Alfaro, D; Oviedo, R; Badilla, F. 1997. Dispersión y evaluación de *Metarhizium anisopliae* en condiciones de campo en diferentes regiones cañeras de Costa Rica. *In* Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997 San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 97.
- Salazar, JD; Badilla, F. 1994. Evaluación de seis insecticidas granulados y dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. *In* Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 10.
- Scaramuzza, LC. 1946. Control biológico del borer o perforador de la caña de azúcar en Cuba, por medio de la mosca *Lixophaga minense*. *In* Conferencia Anual de Técnicos Azucareros (1946, Habana, Cuba). Memoria. p. 11-17.
- Simmonds, FJ. 1955. Establishment of parasites of *Diatraea saccharalis* in Dominica and Guadeloupe. *Tropical Agriculture (Trinidad & Tobago)* 32:198-200.
- Solís, AI; Badilla, F. 1994. Metodología de producción de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) en condiciones de laboratorio. *In* Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 3.
- Terán, FO. 1982. Factores que afectan o manejo integrado de *Diatraea saccharalis* (Fabr. 1974) (Lepidoptera: Pyralidae) em cana - de- açúcar. Tese Doutor. Piracicaba- Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. 144 p.
- Thompson, V. 1995. The identity and distribution of sugar cane and pasture Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) *In* Congreso Centroamericano y del Caribe y 3ro Costarricense de Entomología (2, 1995, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 7.
- Valverde, LA; Badilla, F; Fuentes, G. 1991. Measurement of sugar losses at factory level caused by *Diatraea atabernella* in three sugar cane varieties (*Saccharum* sp.) in the high zone of San Carlos, Costa Rica *Sugar Cane* 2:13-16.
- Watve, CM; Miller, JD; Bell, MG; Situler, KD. 1981. Un resumen de las actividades de investigación sobre gusanos blancos dañinos de la caña de azúcar en Florida. *In* Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, plagas y roedores (2, 1981, Florida, EEUU). Resúmenes. p. 264-278.
- Wraight, PS; Roberts, DW. 1987. Insect control effort with fungi. *Journal of Industrial Microbiology (Suppl.)* 2. p. 77.