

EXPERIENCIAS

De los insecticidas al control biológico de plagas en caña de azúcar: una experiencia de medio siglo en Venezuela

From insecticides to biological control of pests in sugarcane: an experience of half a century in Venezuela

Francisco Ferrer¹ y Jorge Salas²

Resumen

El control biológico en caña de azúcar en Venezuela se ha logrado establecer como una medida única, con resultados óptimos del uso de parasitoides y entomopatógenos para el control de los taladradores del género *Diatraea*, y, posteriormente, de la candelilla *Aeneolamia* spp., ambas plagas claves del cultivo. Para los taladradores, se logró después de liberaciones sistemáticas de la mosca amazónica *Lydella minense* desde un inicio, a mediados del siglo XX y luego con el establecimiento de la avispa braconida *Cotesia flavipes*, a partir de 1987. Para el control biológico de *Aeneolamia varia*, plaga que implicaba la aplicación frecuente de insecticidas, después de la introducción del uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* desde 1977, se ha establecido como medida eficiente para el control de sus adultos, aunque las ninfas eran menos controladas. Este aspecto se resolvió mediante la introducción del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* en 2004, el cual se viene utilizando en forma general, y prácticamente ya se tienen las medidas biológicas para evitar la aplicación de insecticidas. Como ejemplo se tiene a la Azucarera Río Turbio, aunque en las últimas zafras ha tenido una reducción en sus áreas, por diferentes factores. Durante los últimos 58 años, la infestación de *Diatraea* muestra una reducción de 15 a 3.18 %, con lo cual se salvan 170 552.62 toneladas métricas (TM), con un valor de US\$ 49 196 045 y un costo del control biológico de US\$ 1 187 189 lo que se traduce en un beneficio-costo de US\$ 41.44. Antes del establecimiento del control biológico, *Aeneolamia* se controlaba exclusivamente con insecticidas químicos, aplicados al follaje para los adultos y al suelo para las ninfas. Simultáneamente desde entonces, se ha utilizado el hongo *M. anisopliae* producido por empresas nacionales, hasta cubrir 87 000 ha, entre 1986 y 1990. También, desde 2004 se inició la utilización de nematodos entomopatógenos para el control de ninfas de *Aeneolamia*.

Palabras clave: *Aeneolamia*; caña de azúcar; control químico y biológico; *Diatraea*

Abstract

The biological control in sugarcane in Venezuela has been established as a unique measure, having optimal results of the use of parasitoids and entomopathogens for the control of borers of the genus *Diatraea*, and later of the candelilla *Aeneolamia* spp., both key pests of the crop. For borers it was achieved after systematic releases of the Amazonian fly *Lydella minense* from the middle of the last century and then with the establishment of the braconid wasp *Cotesia flavipes* from 1987. For the biological control of *Aeneolamia varia*, pest that involved the frequent application of insecticides, after the introduction of the use of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* since 1977, has been established as an efficient measure for the control of its adults, however, the nymphs were less

1 Academia de Ciencias Agrícolas (ACAV). Barinas, Venezuela. donfranciscowurst@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-8379-5034>

2 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Lara, Venezuela. lermitaguilar17@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-7064-4379>



controlled. This aspect was resolved through the introduction of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in 2004, which has been widely used as a biological measure to avoid the application of insecticides. As an example, we have the Azucarera Río Turbio, although in the last harvests it has had a reduction in its areas due to different factors. During the last 58 years, *Diatraea* infestation shows a reduction of 15 to 3.18 %, which saves 170 552.62 metric tons with a value of US\$ 49 196 045 and a cost of biological control of US\$ 1 187 189 which translates into a benefit-cost of US\$ 41.44. Before the establishment of biological control, *Aeneolamia* was controlled exclusively with chemical insecticides applied to foliage for adults and soil for nymphs. Simultaneously since then, the entomopathogenic fungus *M. anisopliae* produced by national companies has been used and this entomopathogen was used on 87 000 hectares between 1986 and 1990. Also since 2004, the methodology of using entomopathogenic nematodes to control *Aeneolamia* nymphs began.

Keywords: *Aeneolamia*; chemical and biological control; *Diatraea*; sugarcane

1. Introducción

El Central Río Turbio, hoy Azucarera Río Turbio, C. A., es una empresa situada en el valle del Río Turbio, que abarca los estados Lara y Yaracuy de Venezuela, y procesa caña de azúcar desde 1955. En su primera zafra comercial procesó 2 500 toneladas métricas (TM) diarias de azúcar, produciéndose 14 447 TM de azúcar, que representaban el 6.47 % de la producción nacional. Al transcurrir los años, debido a una gran demanda, amplió su capacidad de molienda hasta 6 000 TM diarias (Azucarera Río Turbio, 2019). Ha tenido producciones récord en varias zafras, de 70 000 a 85 000 TM desde 2007 a 2019. A pesar de que las producciones anuales de la empresa han sido muy variables a través del tiempo, el problema de las principales plagas siempre ha sido un tema de interés, por sus implicaciones económicas y ambientales. En este artículo, se trata de demostrar la importancia del constante trabajo técnico, a través de más de medio siglo, en los programas fitosanitarios que se desarrollaron en la industria azucarera de Venezuela, y, especialmente en el área de la Azucarera Río Turbio, donde las plagas clave son los taladradores del tallo (*Diatraea* spp.) (Lepidoptera: Pyralidae) y las candelillas (*Aeneolamia* spp.) (Hemiptera: Cercopidae).

En cuanto al control de los taladradores, el control químico se utilizó en el sur de los Estados Unidos, cuando las larvas se encontraban en sus primeros estadios, antes de que empiecen a barrenar el tallo (Hensley, 1971). Por lo tanto, el uso de insecticidas de contacto se recomienda para el control de larvas jóvenes, ya que sus residuos protegen los tallos (Schexnayder *et al.*, 2001).

Esta situación es aplicable a climas templados, donde se puede determinar un umbral económico por la aparición de los primeros brotes, al elevarse las temperaturas; situación que no se puede lograr en climas tropicales o subtropicales, por la superposición de generaciones de *Diatraea* spp. Por tal razón, el control biológico es más apropiado.

Afortunadamente, el control biológico en Venezuela se empezó a utilizar gracias al trabajo visionario de algunos investigadores. Al respecto, se inició con la introducción de la mosca amazónica, *Lydella minense*, (Diptera: Tachinidae) desde el decenio de 1950 (Ferrer, 1984b), y se continuó con la avispa *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), que se comenzó a utilizar



más extensivamente a partir de 1989, cuando Servicio Biológico C. A. (SERVBIO) inició las liberaciones de dicha avispa (Linares y Ferrer, 1990). Puesto que las infestaciones de taladradores se redujeron a un mínimo en todo el país, no siendo necesarias las aplicaciones de insecticidas, se puede considerar su control biológico como un éxito total. Con base en lo anterior, el control de los taladradores se simplificó, utilizándose ahora, exclusivamente, su control biológico.

Por el contrario, en el combate de la candelilla fue necesaria la utilización intensiva del control químico, mediante numerosos insecticidas y diversos métodos de aplicación. A partir de 1980, se empezó a implementar su control biológico a través del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, y desde 2004 el nematodo *Heterorhabditis* spp.

En síntesis, gracias a los organismos biológicos citados, se ha logrado un manejo de los taladradores y la candelilla basado exclusivamente en el control biológico, lo cual hasta el presente representa un ejemplo de un cultivo en el cual no es necesario aplicar insecticidas para controlar sus plagas.

2. El caso de *Diatraea* spp.

2.1 Aspectos biológicos

Según Guagliumi (1962), las hembras fecundadas de *D. busckella*, y *D. rosa* (comunes en las regiones occidental y oriental de Venezuela, respectivamente) depositan sus huevos sobre o en el envés de las hojas de la caña de azúcar o de otras gramíneas, individualmente o en grupos de hasta 30-35 huevos, alineados, o en grupos de líneas paralelas, y, en parte, sobrepuestos como tejas.

Las larvas emergen entre los 6-10 días y su primer alimento es la epidermis de la hoja o de la vena principal, que quedan agujereadas. Luego las larvas salen de las hojas y buscan el tallo que perforan y taladran, y, en el cual completan su ciclo, en un período que varía según el clima, desde 36 hasta casi 90 días. Las larvas se alimentan de los tejidos de la planta huésped, haciendo túneles en su tallo, y a veces perforando sus cogollos tiernos terminales o los de las cepas.

Antes de transformarse en pupa, la larva prolonga su túnel hasta la superficie del tallo, dejándole un orificio de salida en la epidermis, cubierto de un opérculo. El estado pupal dura de unos 9-12 días, hasta 2-3 semanas en los climas fríos.

El ciclo total del insecto es, generalmente, de 100 días y se calculan unas 3-4 generaciones anuales de la plaga en clima templado y caliente y de 2-3 en clima frío.

En cuanto a otras especies, *D. saccharalis* completa su ciclo de vida en 38 días y puede tener de 6 a 7 generaciones en clima cálido, con una fecundidad de hasta 500 huevos por hembra. Asimismo, *D. centrella*, la cual afecta casi exclusivamente los cogollos de la caña, tienen 5-6 generaciones anuales.



2.2 Importancia económica

Según Box (1952), el ataque de *Diatraea* spp. puede causar varios efectos económicos en la caña de azúcar:

En el campo, reduce el número de cañas por hectárea, debido a la muerte de estas, lo que impide cosecharlas; asimismo, reducen el peso de los tallos sobrevivientes pero perforados que no mueren y que son cosechables, debido a la destrucción de los tejidos parenquimáticos y a la interferencia del metabolismo de la planta.

Por su parte, en la factoría, reduce la cantidad del jugo extraíble de las cañas perforadas, así como el contenido de sacarosa en el jugo extraído.

Mediante la evaluación del porcentaje de entrenudos perforados se puede deducir el porcentaje de pérdida en azúcar. Las pérdidas ocasionadas por *Diatraea* spp. varían según la especie, la variedad de la caña, las condiciones generales del cultivo y otros factores. Se puede afirmar que *D. rosa* y *D. busckella* son de más alto poder destructivo en Venezuela que *D. saccharalis* en otros países.

Bennett (1961) adoptó el índice o factor de pérdida de sacarosa del 0.5 % de reducción por cada 1 % de intensidad de infestación (FP). En cálculos realizados en el Central La Pastora (Estado Lara) por Ferrer (1980), se obtiene un resultado similar al de Bennett. Con base en estos últimos índices, más el precio del azúcar en el mercado, se pueden estimar las pérdidas anuales. Saldivia (1979) consideraba una pérdida anual de US\$ 3 314 362 en 5 Centrales Azucareras (Motatán, Santa María, Río Yaracuy, Río Turbio y Ureña); sin embargo, si no consideramos el nivel crítico del daño económico del 5 % de intensidad de infestación, las pérdidas serían mayores.

2.3 El éxito del control biológico

Para su control, en el área de la Azucarera Río Turbio, fueron realizadas liberaciones de la mosca amazónica (*L. minense*), antes llamada *Metagonistylum minense*, por parte de la Estación Experimental de Occidente, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Yaritagua, Estado Yaracuy. Se liberaron 17 800 moscas entre 1954-55 y 24 686 entre 1956 y 1957 (Gua-gliumi, 1957) y su efecto se tradujo en una drástica disminución en la intensidad de infestación (porcentaje de entrenudos perforados).

Posteriormente, se continuaron liberaciones en la misma zona (Box, 1959), y en 1975 en forma regular por el Instituto para Fomento de Producción Azucarera (IFPA), y luego por la empresa (SERVBIO) hasta 1989, cuando introdujo la avispa *Cotesia flavipes*, la cual sustituyó a *L. minense*, debido a su mayor eficacia (Linares y Ferrer, 1990; Ferrer, 2021).

En 1975, Ferrer realizó la primera introducción de 500 cocones de *C. flavipes* desde el Commonwealth Institute of Biological Control de Trinidad (CABI) (Mendonca, 1977). A partir de entonces SERVBIO reprodujo e hizo liberaciones constantes de *C. flavipes* entre 1975 y 1981, en el área del Central Azucarero La Pastora (estados Lara y Trujillo), aunque en varias haciendas hubo una respuesta inicial positiva en cuanto al parasitismo, la avispa no se estableció de manera permanente (Ferrer, 1984b).



Después de repetidas liberaciones a través de todo el país, realizadas hasta 1981 con especímenes introducidos del CABI, se logró establecer exitosamente en las localidades de Ureña (Estado Táchira), Cúcuta (Departamento del Norte de Santander, Colombia) y Cariaco (Estado Sucre, Venezuela) (Linares y Yépez, 1992; Linares y Ferrer, 1990). Los especímenes recolectados en esas localidades se reprodujeron en el laboratorio de SERVBI desde 1987.

Con el material recuperado de esas localidades se estudió su eficacia en todas las especies de taladradores, lo cual reveló el uso potencial de la avispa como regulador de todas ellas, incluida *D. centrella*, que no era parasitada efectivamente por *L. minense* (Linares y Ferrer, 1990). Mediante datos obtenidos del monitoreo realizado por el personal del Central Río Turbio, se observó un parasitismo cercano al 50 % a más de 20 km del laboratorio (haciendas Pueblo Nuevo, municipio Simón Planas, estado Lara), y Casilda IV (municipio Peña, estado Yaracuy) (Figura 1).

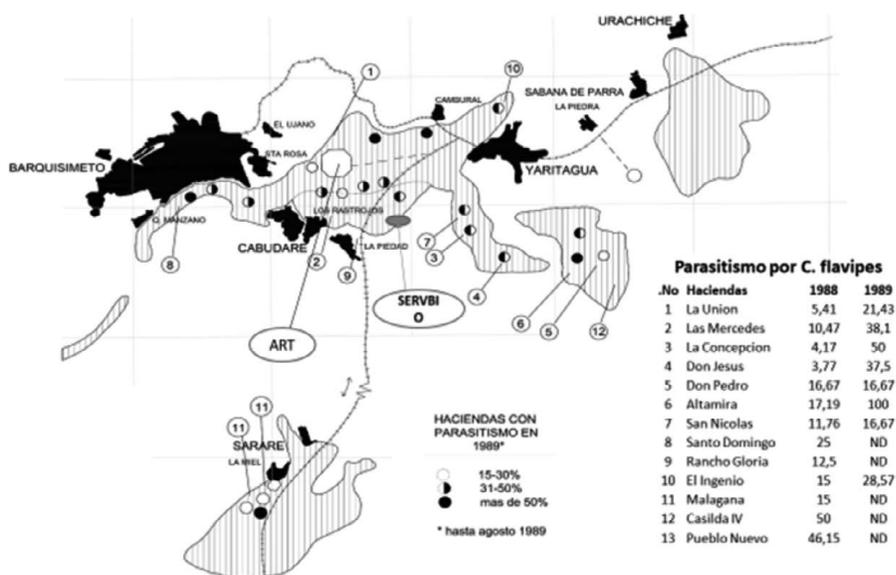


Figura 1. Distribución del parasitismo inicial por *Cotesia flavipes* en el área de influencia de la Azucarera Río Turbio, 1988-1989.

Figure 1. Distribution of initial parasitism by *Cotesia flavipes* in the area of influence of the Azucarera Río Turbio, 1988-1989.

Mediante el monitoreo realizado por el personal del Departamento de Agronomía de la Azucarera Río Turbio y varios investigadores se observó una disminución constante de la intensidad de infestación (%) hasta alcanzar 1.69 % para el año 2011 (Ferrer, 2012; 2021).

Asimismo, a través del monitoreo realizado en 2019, en varias haciendas de la Azucarera Río Turbio (Rojas, 2019), se observó un promedio general de 3.18 %, información que permitió calcular la relación beneficio-costos logrado hasta la fecha, que fue de 41.44 entre 1962 y 2019. En



términos de producción, esto significa que, en ese intervalo se salvaron 170 552 TM de azúcar, con un ahorro de US\$ 49 196 045 y una inversión acumulada de control biológico de US\$ 1 187 189. De esta forma, se corroboran los resultados obtenidos entre los años 1962-2011.

3. El caso de *Aeneolamia* spp.

3.1 Aspectos biológicos

Se conocen 4 especies de candelilla que pertenecen al género *Aeneolamia* (Hemiptera: Cercopidae) (Guagliumi, 1962), siendo *A. varia* la más importante por los daños que causa y porque tiene un amplio número de subespecies, como lo describe Guagliumi (1954).

A. varia F., es la segunda plaga clave, afecta en mayor grado a la caña de azúcar en la región Centro Occidental de Venezuela, donde se siembra el 85 % del área nacional. Se le conoce con los nombres de candelilla, candelilla de la caña de azúcar, candelilla común de pastos, coco meón, meón de los pastos, mosca pinta, mosquillo y salivita de la caña. Ha sido detectada en varias áreas agrícolas de los estados Lara, Falcón, Táchira, Zulia, Portuguesa y Yaracuy, así como en los valles de Caracas (Distrito Federal) (Guagliumi, 1954).

Su biología se ha estudiado extensamente por varios investigadores. Al respecto, Guagliumi (1957), al explicar su ciclo evolutivo durante el invierno (período lluvioso), señala que las hembras de *Aeneolamia* depositan sus huevos superficialmente, a pocos centímetros de profundidad y al terminar las lluvias, los adultos desaparecen casi totalmente de los campos. Sin embargo, muchos huevos permanecen en el suelo durante la estación seca del verano, en descanso o diapausa (huevos veraniegos), sin completar su desarrollo embrionario, por lo que no nacen y ni emergen las ninfas. Es con las primeras lluvias del siguiente año, que se forma en el suelo un ambiente suficientemente húmedo para que eclosionen los huevos veraniegos y completen su desarrollo en 10-12 días (según el grado de humedad y el calor alrededor de ellos); las ninfas se desarrollan en 30-35 días. Es por esto, por lo que después de las primeras lluvias salen los adultos, que suben a los tallos y las hojas, donde causan daños.

El conocimiento de los aspectos biológicos de *A. varia* se ha acrecentado como resultado de varios años de investigación, efectuada por el Departamento de Entomología del Central Azucarero Yaritagua (Vreugdenhil y Roque, 1976). Según Vreugdenhil (1981), los huevos de la candelilla pasan por una fase de diapausa variable de 2 semanas a 1 año. Las ninfas se recubren con una espuma blanca o saliva, y después de completar 5 fases o instares, que duran de 25-30 días, emergen los adultos, los cuales viven sobre las hojas. Las hembras depositan de 30 a 150 huevos durante su vida.

Por lo general, *A. varia* aparece en las distintas zonas azucareras y de pastizales después de las primeras lluvias. Esto ha permitido estimar, con bastante aproximación, la aparición de la segunda generación, o más propiamente un segundo brote. Así, Costa (1969), predecía las poblaciones, considerando un período de incubación de los huevos de 14-15 días y en las ninfas de 32-35 días, lo que haría un promedio entre generación y generación de 46-50 días.



En la práctica, parece que este fenómeno no sucede en forma regular, puesto que, en muchas zonas se utiliza el agua de riego durante el período seco. Aún más, de acuerdo con los estudios realizados en el Central Yaritagua, todo hace pensar que el agua solo permite un mejor desarrollo del insecto, pero no es un factor esencial para que las ninfas emerjan de los huevos. El hecho que se hable de traslape de generaciones mezcladas, se debe, probablemente, a la emergencia de huevos en diferentes estados de diapausa; es decir, que estos provienen de hembras que han sido expuestas a diferentes condiciones ambientales y fisiológicas en el período comprendido en la última generación invernal.

Este factor, aunado con las diferentes condiciones climáticas de cada zona, hace que los programas de evaluación para el control químico deban ser realizados en diferentes períodos. Un buen ejemplo es el área del Central Río Turbio (estado Lara), donde las primeras apariciones han ocurrido desde enero en 1979, mientras que, en el estado Portuguesa ocurren, normalmente, a partir de abril y en forma más definida. Debido a tal condición, se permite un sistema de evaluación y control más preciso y coordinado.

3.2 Importancia económica

Existen pocos estudios en el país en relación con las pérdidas causadas por *Aeneolamia*. En 1972, Ferrer *et al.* (1973), determinaron, experimentalmente, que las pérdidas por candelilla en tablonos no tratados llegaron a un 55 %, en comparación con tablonos tratados con insecticidas granulados. Sin embargo, podrían considerarse las pérdidas superiores al 10 % en muchas áreas.

En 1976 (Servicio de Control Integrado, 1977), se hizo un estimado sobre las pérdidas en las haciendas del Central Azucarero Portuguesa; considerando que en las infestaciones con poblaciones de insectos adultos de más de 24 individuos, por 40 tallos, en el pico de la segunda generación, se perdía aproximadamente un 40 % en producción, como se comprobó en las haciendas Santa Cruz de Mijaguito y Las Marías (estado Portuguesa) y en Palmira de Sarare (estado Lara) (Ferrer *et al.*, 1973; Servicio de Control Integrado, 1977). A partir de este criterio, los niveles poblacionales de 17-24 adultos causarían un 30 % de pérdida, y de 9-16 adultos 18 a 20 %. Con estos datos se hicieron rangos para clasificar las haciendas, tomando en cuenta las evaluaciones realizadas por el personal del Departamento de Agronomía del Central Portuguesa. La suma total de pérdidas se estimó en 3 322.98 TM, lo que significaba un total de US\$ 1 130 000, cantidad 4 veces mayor a la ocasionada por *Diatraea* spp. en la misma área.

Saldivia (1979), estimó las pérdidas económicas en los centrales azucareros de la región Centro Occidental de Venezuela: Río Yaracuy, Matilde, Yaritagua y Río Turbio. Estas pérdidas las calculó con base en los costos de las aplicaciones de insecticidas químicos, que llegaron aproximadamente a US\$ 515 000, lo cual representó un costo de US\$ 0.95/TM. Además, considerando que hubo una pérdida del 12 % por efectos de los daños, los cuales sumaron US\$ 690 233, resultó en una pérdida total de US\$ 1 200 000 en estos 4 centrales azucareros.

De acuerdo con Linares *et al.* (1981) y tomando en cuenta una clasificación tentativa de daños en diferentes centrales azucareros de la región Centro Occidental, que comprendieron 42



000 ha, el daño se calificó entre mediano (10 %) y fuerte (20 %). Considerando que las pérdidas en las áreas afectadas estaban en el orden del 15 %, y que la producción promedio de azúcar fue de 5.89 TM/ha para la zafra 1980-1981, entonces las pérdidas se calcularon en 6.890 TM, o sea equivalente a US\$ 6 500 000.

3.3 Monitoreo

Se han utilizado varios criterios y métodos de monitoreo para determinar los niveles críticos o densidades poblacionales para aplicar una medida de control.

Al respecto, Ferrer (1972) evaluó la posibilidad de usar trampas adhesivas para determinar la abundancia de la candelilla; en estos experimentos se constató que hubo una correlación significativa entre el número de insectos capturados en trampas adhesivas y los observados en 100 tallos de caña evaluados. Las trampas fueron confeccionadas con tablas de 30 x 30 cm pintadas de blanco e impregnadas con el pegamento Stickem Special (Ferrer *et al.*, 1973; Salazar y Ferrer, 1971; Salazar *et al.*, 1983). Posteriormente se observó que las trampas adhesivas pintadas de amarillo eran mucho más atractivas que las de otros colores.

En la zona de influencia del Central Azucarero Portuguesa, al evaluar 200 tallos en 5 puntos al azar, se recomendaron aplicaciones aéreas de insecticidas químicos al encontrar 2-3 adultos en 40 tallos (Ferrer *et al.*, 1973). Paralelamente, en la zona se comenzaron a utilizar trampas adhesivas.

Según Salazar *et al.* (1983), el uso de trampas amarillas tiene las siguientes ventajas sobre el método de observación visual directa: obvia el problema de subjetividad del evaluador; se puede evaluar a cualquier hora del día, evitando la dificultad de la observación directa; además de ser un método de evaluación, podría considerarse como un método de control; y las trampas son fáciles de instalar y ubicar en el campo.

Esto permitiría efectuar un control químico temprano, que podría cortar el ciclo de la plaga y evitar la aparición de la segunda generación, que la cual es la más dañina.

3.4 Control químico

El control de la candelilla inicialmente se realizó con insecticidas. Al respecto, productos químicos. En este sentido Guagliumi (1957), proponía concentrarse en el control de adultos, o indirectamente en la eliminación de los huevos o ninfas; en ambos casos, las aplicaciones deberían ser preferiblemente dirigidas contra los individuos de la primera generación invernal, para no dar oportunidad, ni tiempo a la aparición de la segunda y sucesivas generaciones, que son las más perjudiciales.

En Venezuela, a lo largo de la historia se ha recurrido a una amplia gama de insecticidas para el combate de la candelilla. En el Valle del Río Turbio, tanto en caña como en otras gramíneas (maíz, arroz y pastos) empezó a efectuarse en 1946-1947, con el BHC en su formulación denominada Agrocide 3 (polvo mojable del BHC), DDT (5 %), y mezclas de DDT con Agrocide (3 %). Sucesivamente se hicieron extensas fumigaciones con Agrocide, DDT (10 %), BHC (3 %) y mezcla de BHC (3 %) con Folidol M-2 en polvo.



En años posteriores se hicieron pruebas con varios insecticidas, como Clordano, Lindano, Diazinón, Aldrín, y Endrín, en forma líquida, polvo o neblina, aplicándolos para controlar los adultos, las ninfas o los huevos, pero no se obtuvieron los resultados deseados. A pesar de la utilización de todos esos insecticidas se observó un aumento paulatino entre las poblaciones, quizás debido a que las ninfas no son afectadas por las insecticidas aplicados al follaje.

Posteriormente, a partir de 1957 y hasta 1981, se continuó utilizando los insecticidas mencionados y se incluyeron nuevas formulaciones de insecticidas organoclorados, organofosforados y carbamatos (Sevin, Aldrex, Telodrin, Dysiston, Cotión, Malathion, Nuvacron, Basudin, Unden, Folimat, Azodrin, Etrofolan, Furadan, etc.). Se encontró que algunos ejercieron algún control de las poblaciones, pero, en general, no fue satisfactorio, manteniéndose altas poblaciones y daños. Los granulados Etrofolan y Furadan fueron los que dieron mejores resultados en experimentos realizados en el estado Portuguesa (Ferrer *et al.*, 1973).

3.5 Control biológico

Guagliumi (1957, 1962), enumera los principales agentes biológicos que actúan como controladores de la candelilla, como las avispidas himenópteras *Anagrus flaveolus* y *Oligosita* sp., ambos parasitoides de huevos. Entre los depredadores, destacó a las hormigas de la especie *Solenopsis geminata*. En los órdenes Hemiptera, Odonata y Orthoptera, existen numerosas especies depredadoras de adultos. Finalmente, varias especies de arañas y de ácaros también son depredadores, en cierto grado, al igual que varias especies de vertebrados (ranas, sapos y aves).

De las ninfas, uno de sus pocos enemigos es *Salpingogaster nigra* (Diptera: Syrphidae). Dicha mosca ha sido ampliamente estudiada durante muchos años en Trinidad. En principio, su cría artificial pareció haber resuelto el problema del combate de la candelilla, pero después de varios años se hicieron miles de liberaciones de este díptero y los resultados no fueron satisfactorios (Guagliumi, 1962).

El desarrollo de la larva de *S. nigra*, demora 9 días, y se necesitan alrededor de 40 días para completar el ciclo de vida. En 1956 se realizaron crías masivas de esta mosca en la Estación Experimental de Maracay, hubo la dificultad de mantener eficientemente la colonia de la mosca durante el período seco del año, para incrementarlas antes de las lluvias y liberarlas al principio de las infestaciones invernales.

Se realizaron similares esfuerzos en el laboratorio entomológico del Central Azucarero Yaritagua. Las ninfas se criaron eficientemente, mediante la recolección de adultos del campo y se logró la ovoposición en frascos. El desarrollo de las ninfas se realizó en secciones de cañas enraizadas, o en cañas desarrolladas en recipientes cilíndricos. La producción en el laboratorio no fue difícil durante el período lluvioso, cuando había adultos en el campo, pero, al igual que en 1956, fue difícil hallar adultos en verano; además del problema de diapausa, que no permitía contar con una cría permanente (Vreugdenhil y Roque, 1976).



3.6 Control microbiano

Se han logrado avances promisorios, después de años de investigación, con del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. En el Centro de Investigaciones Agropecuarias de Araure (estado Portuguesa), se iniciaron los trabajos preliminares en 1974, y se continuaron en la compañía Servicio de Control Integrado S. R. L., que era subsidiada por el Central Azucarero Portuguesa (Ferrer, 1984).

Después de aplicar las esporas del hongo en plantas cultivadas en el invernadero, se comprobó un efecto positivo sobre los adultos de *A. varia*. Concentraciones de 0.1 y 0.2 g de granos de arroz esporulado y colocado en plantas de un mes de desarrollo, causaron una mortalidad de 46-63 %, con una cepa proveniente de Recife, Brasil; mientras que con una proveniente del Central Yaritagua se obtuvo de 30-48 % de mortalidad en 9 días de confinamiento de los adultos. Con diferentes concentraciones de esporas se observó una mortalidad de 65 % con una cepa de Recife, a la concentración de 30 000 por ml.

Asimismo, con cepas de Recife y Yaritagua, y mediante la microaplicación con concentraciones de esporas que variaban desde 50 000 hasta 500 000 por ml, se obtuvo mayor mortalidad con la cepa proveniente de Recife, con una eficacia de actividad que llegó al 100 % al quinto día.

También se evaluaron aspersiones líquidas en pasto gamelote (*Megathyrus maximus*), con 6 cepas provenientes de Brasil y Venezuela. Las concentraciones de esporas eran en el orden de 100 000 por ml. A los 2 días de observación, las mayores mortalidades fueron de 30 y 36 %, con cepas provenientes de Pará y Macapa, ambas de Brasil. Otros resultados posteriores mostraron una eficacia mayor para las cepas provenientes de Macapa (58.45 %).

Todos estos resultados de laboratorio dieron las pautas necesarias para realizar experimentos en el campo. Al respecto, se realizaron varias pruebas con las diferentes formulaciones y concentraciones evaluadas en el laboratorio.

Aunque los resultados fueron variables, algunos obtenidos en 1974 mostraron un buen indicio de control. Entre los datos más notables, en la hacienda Canaima, después de aplicar en forma líquida suspensiones de 500 000 a 650 000 esporas por ml, se observaron niveles de mortalidad de 29 a 67 % debido a *M. anisopliae*.

En 1974, *M. anisopliae* fue aplicado en forma granulada, a razón de 0.2 de arroz con esporas por planta tratada. Tuvo una eficacia de 7.6 a 17.5 % a los 9 días. La mortalidad fue mayor a 6 m de las plantas tratadas. En un experimento realizado en 1975 se observó un mejor efecto de las aspersiones de suspensiones de esporas en las haciendas Chaparrito y Canaima (estado Portuguesa), con 28.5 y 45.45 %, respectivamente, a los 21 días de la aplicación. Posteriormente, en pruebas realizadas en la hacienda San Antonio de Acarigua (1976), los resultados fueron negativos, pues no pudo observarse mortalidad por *M. anisopliae*. Al efectuarse una reidentificación de las muestras, se observó una alta contaminación por hongos saprófitos.

En 1980, se realizaron en la Estación Experimental de Araure experimentos con *M. anisopliae* formulado en un producto comercial denominado Combio, procedente de Brasil (Linares et al., 1981). Los autores observaron que el área tratada presentó un porcentaje significativo de



candelilla afectada con *M. anisopliae*, con respecto al área no tratada. Pérez Nieto (1980) recomienda que debe utilizarse el hongo *M. anisopliae* para controlar la segunda y tercera generación.

3.7 Situación actual del control biológico

Desde 1986, en la región Centro Occidental de Venezuela se comenzó a utilizar extensivamente la metodología de monitoreo, las trampas adhesivas amarillas para atrapar los adultos (bolsas plásticas impregnadas con un pegamento especial) y los umbrales económicos (Ferrer, 1972; Ferrer, 1984; Linares y Contreras, 1984; Salazar *et al.*, 1983), así como el uso del hongo *M. anisopliae*. Este hongo era producido comercialmente como Cobican 1 por la empresa Probioagro S. A. (Acarigua, Estado Portuguesa) y como Metabiol (Prave Agrobiotécnica, Estado Yaracuy).

Entre 1986 y 1990 se llegó a atender un área acumulada de 87 000 ha. Así se entró a una etapa de manejo integrado de la candelilla, con un uso racional de insecticidas, contando con un monitoreo eficiente mediante las trampas para detectar los umbrales económicos.

Los resultados en la Azucarera Río Turbio han sido muy positivos (Figura 2), con un mayor control ejercido por el uso de *M. anisopliae*, en comparación con los insecticidas, entre los años 2004-2012 en áreas afectadas de 140 a 1 331 ha (González, 2012). En la zafra 2004-2005, que comprendía 1 139 ha, se observó que el tratamiento con químicos era del 91 % y el de biológicos 9.8 %. En cambio, en la zafra 2011-2012, para 8 043 ha se observó 63 % para los biológicos y 36 % para los químicos, lo cual demostró el progreso de su utilización. Actualmente hay varias compañías que producen *M. anisopliae* con varios nombres comerciales, con los cuales se ha logrado una cobertura de 40 000 ha.

Con la introducción desde Cuba del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora*, por parte de SERVBIO, se tomó la idea de Bennett (1984), de controlar la candelilla en estado de ninfal. Por tanto, se realizaron ensayos con dicha especie producida en el laboratorio de SERVBIO, en las localidades de Turen y Acarigua (Ferrer *et al.*, 2004; Ferrer, 2021).

En consecuencia, en 2019, en 328 ha afectadas por ninfas en Río Turbio, solamente 103 ha fueron tratadas con *H. bacteriophora* (31 %), logrando que los daños por candelilla fueran leves (Rojas, 2019).

A partir de esta iniciativa del uso del nematodo, han aparecido varias propuestas. Una de ellas, proviene de FUNDACAÑA, y, desde 2019, recomienda aplicar este nematodo en conjunto con *M. anisopliae*. El laboratorio de Entomología tenía previsto producir 5 000 dosis de *H. bacteriophora*, entre 2017-2018, para aplicarlas a 5 000 ha, para el control de ninfas. También el laboratorio del Central Azucarero Agroindustrial Ezequiel Zamora (CAAEZ), situado en Sabaneta de Barinas (estado Barinas), ha estado utilizándolo en 12 000-13 000 ha, a una dosis de 20 millones de infectivos/ha, a un costo de US\$ 0.50 por millar.



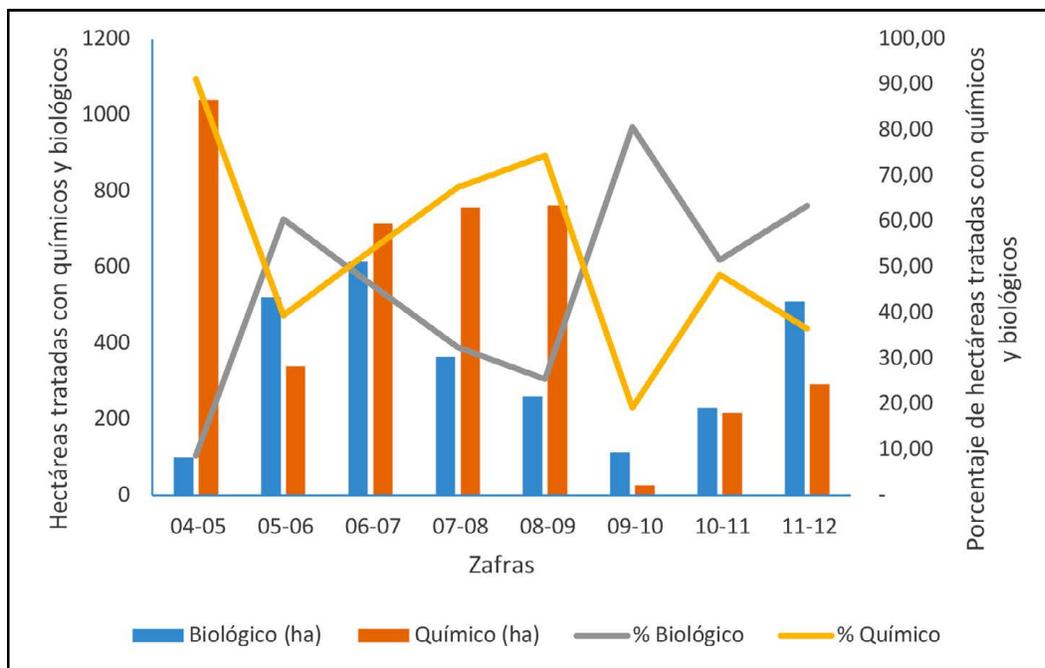


Figura 2. Área (ha) tratada con insecticidas químicos y control biológico durante ocho zafras, entre 2004-2012, en Azucarera Río Turbio.

Figure 2. Area (ha) treated with chemical insecticides and biological control during eight harvests, between 2004-2012, in Azucarera Río Turbio.

4. Consideraciones finales

El control biológico en el área de la Azucarera Río Turbio ha sido un éxito en cuanto al control de *Diatraea* spp., y nunca más fue necesaria la aplicación de insecticidas químicos. Gracias al efecto positivo de este tipo de control, iniciado hace más de medio siglo, con las liberaciones de la mosca *Lydella minense* desde 1958 se ha logrado un beneficio-costo de 41.44 desde 1962 hasta 2019, habiéndose salvado un acumulado histórico de 170 552 toneladas de azúcar, a un costo de US\$ 49 196 045 y una inversión de US\$ 1 187 189 en control biológico.

Por su parte, para *Aeneolamia varia*, la segunda plaga clave de la caña de azúcar, se incurría en gastos muy elevados en insecticidas hasta épocas recientes. Sin embargo, el monitoreo de sus poblaciones con trampas adhesivas, el uso de umbrales económicos, y la aplicación de agentes biológicos de efecto complementario, como el hongo *Metarhizium anisopliae* desde 1986, y del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora*, ha representado una gran economía en comparación con lo que ocurría antes.



Obviamente, aparte de tan notables beneficios económicos, con el control biológico se evita la contaminación del ambiente y la resurgencia de otras plagas, igual que se mitigan los efectos adversos para la salud humana y la vida silvestre.

Este logro de disponer de una alternativa de control totalmente biológica, obtenido a través de más de medio siglo, como resultado de la investigación, ha dado sus frutos y, además, se convierte en un ejemplo para su aplicación en diferentes cultivos.

5. Conclusiones

Se ha logrado una alternativa de control biológico efectivo de *Diatraea* spp. y *Aeneolamia varia*, plagas claves de la caña de azúcar, mediante parasitoides y entomopatógenos, sin recurrir a la utilización de insecticidas químicos.

Estos resultados se han logrado mediante la perseverancia, por más de 50 años, de la investigación y la práctica del control biológico en Venezuela.

Gracias a la contribución de proyectos y convenios financiados por instituciones del sector agrícola, se ha logrado la aplicación y permanencia de esta alternativa.

Es inestimable la contribución de esta práctica de control de plagas, en la conservación ambiental y la salud pública.

6. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

7. Referencias

- Azucarera Río Turbio. (2019). Reseña histórica. <https://www.linkedin.com/company/azucarera-r-o-turbio-c.a./?originalSubdomain=ve>
- Bennett, F. D. (1961). An Assessment of the Damage Caused by *Diatraea* spp. in Granada. April 1961. Technical Bulletin N.º 2 of *The Commonwealth Institute of Biological Control*, pp. 87-99.
- Bennett, F. D. (1984). Discusión de las posibilidades del control biológico de la candelilla. En: II Seminario Problemas de la candelilla y el taladrador en caña de azúcar y pastos. Distribuidora Venezolana de Azúcares (DVA) y Unión de Productores de Azúcar (UPAVE). Noviembre de 1984, pp. 39-48.



- Box, H. (1952). Investigaciones sobre los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) en Venezuela. Informe de progreso durante 1947-1949. (Reimpreso del Boletín Técnico N.º 2 de la División de Entomología, Sección de la caña de azúcar). Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Agricultura. Boletín Técnico N.º 3, 39 p. Láminas y mapas.
- Box, H. (1959). *Informe N.º 4 Sobre la campaña de combate biológico de Diatraea en las zonas que producen caña para el Central Yaritagua*. (Estado Yaracuy).
- Costa, J. A. (1969). Control de la candelilla *Aeneolamia varia* (F), durante 1969. Instituto para el Fomento de la Productividad Azucarera, Sección Entomología. Avance N.º 41, 9 p. (mimeografiado).
- Ferrer, F. R. (1972). Posibilidad de evaluar poblaciones de candelilla (*Aeneolamia varia*) mediante el uso de trampas adhesivas. Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Región Centro Occidental. Boletín Informativo, 3(3), 97-99.
- Ferrer, F. R. (1980). Evaluación de las pérdidas causadas por *Diatraea busckella* en la zona de influencia del Central La Pastora, Edo. Lara. Venezuela Azucarera. Asociación de Técnicos Azucareros de Venezuela. N.º 1, pp. 13-16.
- Ferrer, F. R. (1984). Sinopsis histórica sobre el control de la candelilla (*Aeneolamia* spp.) en Venezuela. En: II Seminario Problemas de la candelilla y el taladrador en caña de azúcar y pastos. Distribuidora Venezolana de Azúcares (DVA) y Unión de Productores de Azúcar (UPAVE). Noviembre de 1994, pp. 105-140- <https://www.researchgate.net/publication/349929417>
- Ferrer, F. R. (1984b). *Sinopsis histórica sobre el control biológico de la Diatraea spp.* En Venezuela. En: II Seminario sobre los problemas de la Candelilla y el Taladrador en caña de azúcar y pastos. Barquisimeto. Venezuela, noviembre 1984 pp. 253-287.
- Ferrer, F. R. (2012). Control Biológico de los taladradores de la caña de azúcar en la zona de influencia de la Azucarera Río Turbio (estados Lara-Yaracuy, Venezuela). Efecto del parasitismo sobre los taladradores en la recuperación de azúcar y costo-beneficio. <https://www.researchgate.net/publication/283346763>
- Ferrer, F. (2021). Control biológico de plagas agrícolas en Venezuela: los logros históricos de la empresa Servicio Biológico (SERVBIO). *Revista de Ciencias Ambientales* 55(1), 327-344. <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.16>
- Ferrer, F. R., J. Salazar y J. Morales. (1973). Control de la candelilla de caña de azúcar por medio de insecticidas granulados y emulsionados en la Región Centro Occidental. Boletín Técnico MAC-CIARCO 3(1), 157-165.



- Ferrer F. R., M. Arias, A. Trelles, G. Palencia, J. M. Navarro, y R. Colmenarez. (2004). Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de la candelilla de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae). *Revista Manejo Integrado de Plagas*. Turrialba. 2004.
- González, L. (2012). Informe de actividades del Departamento de Sanidad de La Azucarera Río Turbio durante el año 2012, 9 pp. (mimeografiado).
- Guagliumi, P. (1954). Contribuciones al estudio de la candelilla (*Aeneolamia* spp.; *Delasor* spp.) (Homoptera: Cercopidae) en Venezuela. 1. Historia del insecto en el país. *Agronomía Tropical* 4 (3), 151-152.
- Guagliumi, P. (1957). Los insectos de la caña de azúcar en el Valle del Turbio. II. *La candelilla*. Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín N.º 67-37 p.
- Guagliumi, P. (1962). Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela. Tomo I y II, Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay- Venezuela, 850 p.
- Hensley, S. D. (1971). Management of sugarcane borer populations in Louisiana, a decade of change. *Entomophaga*. 16, 133-146. <https://doi.org/10.1007/BF02370696>
- Linares, B. y Contreras, G. (1984). Evaluación comercial de las trampas adhesivas amarillas para el conteo de la candelilla de la caña de azúcar. *Revista Caña de Azúcar*, 2(1), 30-38.
- Linares, B. y F. R. Ferrer. (1990). Introducción de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) para el control de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Venezuela. *Caña de Azúcar*. Vol. 08(1), 5-11.
- Linares, B., G. Pérez Nieto, C. Juárez y P. Gómez. (1981). Contribución al control biológico de la candelilla (*Aeneolamia* spp., Homoptera: Cercopidae) de la caña de azúcar en Venezuela. Convención Nacional de Técnicos Azucareros de Venezuela (A.T.A.V.E.), San Cristóbal 9 al 12 de septiembre de 1981, 16 p. (mimeografiado).
- Linares, B. y G. Yépez. (1992). Presencia de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) parasito de los taladradores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Venezuela. *Boletín de Entomología Venezolana* 7(1), 81-83.
- Mendonca F., A. (1977). Distribución de *Diatraea* spp. y sus principales parásitos en América. En: Taladradores de la Caña de Azúcar. (*Diatraea* spp.) Barquisimeto, Venezuela. *UPAVE*, pp. 9-36.
- Pérez Nieto G. (1980). Desarrollo actual de la problemática de *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar en Portuguesa. *Revista CIARCO* 10 (1-4).



- Rojas, M. (2019). Informe de actividades del Departamento de Sanidad de La Azucarera Río Turbio durante el año 2019, 10 pp. (mimeografiado).
- Salazar, J. y Ferrer, F. R. (1971). Nuevo método para la evaluación de poblaciones de candelilla (*Aeneolamia varia*). IX Jornadas Agronómicas. Maracay 1977. 15 p. (mimeografiado).
- Salazar, J., F. Ferrer y G. Pérez. (1983). Nuevo método para la evaluación de poblaciones de la candelilla de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia*. *Revista Caña de Azúcar*. Vol. 1 (1), 5-22.
- Schexnayder Jr, H. P.; T.E. Reagan, and D. R. Ring. (2001). Sampling for the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) on Sugarcane in Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 94, 766-772. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.3.766>
- Saldivia, J. (1979). Consideraciones sobre el control de la candelilla en el área de influencia de los Centrales Río Yaracuy, Matilde, Yaritagua y Río Turbio. Instituto para el Fomento de la Productividad Azucarera (I.F.P.A.). Barquisimeto, estado Lara, Venezuela, 6p. (mimeografiado).
- Servicio de Control Integrado, S. R. L. (1977). Situación actual de la productividad azucarera en la zona de influencia del Central Azucarero Portuguesa desde el punto de vista entomológico. Boletín informativo N.º 12, 13 p. (mimeografiado).
- Vreugdengil, A. (1981). La candelilla, *Aeneolamia varia* (Cercopidae) en la zona Centro Occidental de Venezuela, en caña de azúcar, C. A. Agrícola Yaritagua, estado Yaracuy, Venezuela. Second. InterAmerican Sugar Cane Seminar. Insect. and Rodent Pests. October, 1981. Miami, Florida, 6p. (mimeografiado).
- Vreugdengil, A. y J. Roque. (1976). Ataque del saltahojas Antillano o Fumagina en el Central El Palmar. Situación actual y perspectivas del combate de la candelilla. Primeras reuniones técnicas de información, evaluación y perspectivas del sector azucarero y sus derivados. XX Aniversario. Central El Palmar, S. A. 9-12 de junio de 1976, 15p. (mimeografiado).

