

Control químico de *Phyllophaga* en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cultivada en macetas

Chemical control of white grub on sugarcane (*Saccharum* spp.) cultivated in pots

José Daniel Salazar Blanco

Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (Laica), jsalazar@laica.co.cr

RESUMEN

Dos experimentos fueron desarrollados para evaluar la eficacia de 13 ingredientes activos, más un testigo sin tratamiento, en el control de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cultivada en macetas con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y cada repetición incluyó seis plantas (macetas). Plantas propagadas in vitro variedad Laica 05-802 (CoopeAgri R.L.) y NA 56-42 (Taboga) fueron cultivadas en macetas de 2,8 L de capacidad conteniendo suelo de una plantación comercial de caña. A los ocho días de sembradas las plantas en cada maceta se inocularon con cuatro (CoopeAgri) o cinco (Taboga) larvas L1 o L2 de la plaga. La aplicación de los productos se realizó ocho días después de inoculada la plaga con la dosis proporcional o equivalente a la recomendada por hectárea. A los siete y 30 días (CoopeAgri) tres macetas y siete, 30 y 45 días (Taboga) dos macetas por repetición, de aplicados los productos, se tomaron las macetas de cada tratamiento, se removió el suelo, se extrajo la planta y se contó la presencia de larvas vivas y muertas. La eficacia en el control se calculó con la fórmula de Abbott: $x-y/x \cdot 100$, donde x = porcentaje de gallina ciega vivos en las macetas testigo, y = porcentaje de gallina ciega vivos en las macetas con el producto. Tanto en CoopeAgri como en Taboga se encontró diferencia ($p \leq 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas de gallina ciega entre tratamientos a los siete, 30 o 45 días de aplicados los productos. Los organofosforados fueron los más efectivos con diferencias entre ingredientes activos. El mejor control se encontró con ethoprofos seguido por forato y terbufos, con porcentajes de eficacia en el control arriba del 92 %. El ethoprofos alcanzó un 100 % de control en el suelo franco arcillo limoso cuando se hizo incorporado. Estos tres productos son de acción insecticida-nematicida, de manera que adicional al control de gallina ciega también controlarían los nemátodos fitoparásitos si estuvieran presentes. Por ser organofosforados, que actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa en el sistema nervioso de la plaga, son completamente compatibles con los agentes de control biológico utilizados en el cultivo de la caña de azúcar como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y potencialmente *Bacillus popilliae*, dado que son organismos unicelulares, los cuales no poseen sistema nervioso.

Palabras claves: Caña de azúcar, control químico, jobotos, insecticidas, nematicidas.

ABSTRACT

Two experiments were developed to evaluate the biological efficacy of 13 active ingredients plus untreated control on white grub control on sugarcane (*Saccharum* spp.) cultivated in pots using a randomized complete block design with three replicates and each repetition consisted of six plants (pots). In vitro propagated plants var Laica 05-802 (CoopeAgri R.L.) and NA 56-42 (Taboga) were sowing in 2.8 L pots filled with soil from a commercial sugarcane plantation. Eight days after planting, each pot was inoculated with 4 (CoopeAgri) or 5 (Taboga) white grub larvae L1 or L2. Chemical products were applied 8 days after inoculation with a rate proportional or equivalent to the rate per hectare. At 7 and 30 days (CoopeAgri) 3 pots, and 7, 30 and 45 days (Taboga) after product application, 2 pots per repetition were taken from each treatment, its soil was remove carefully and the plant was extracted and the number of dead and living white grubs were counted. Efficacy on white grub control was calculated with Abbott formula: $x-y/x \cdot 100$ where x = percentage of white grub living on the untreated pots and y = percentage of living white grubs on the treated pots. In both, CoopeAgri and Taboga there were differences ($p \leq 0,0001$) in the number of surviving white grub larvae among treatments at 7, 30 or 45 days after product application. The organophosphates were the most effective with differences among them. The highest control was obtained with ethoprofos followed by forato and terbufos with percentages of efficacy higher than 92 %. Ethoprofos reached 100 % of control when was incorporated in the silty clay loam soil. Those three products are insecticide-nematicides, then in addition to white grub control, also nematodes would be controlled if they were present. Since organophosphates are choline esterase inhibitors in the pest nervous system, they are completely compatible with the biological control agents used in sugarcane such as: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and potentially *Bacillus popilliae* since these are unicellular organisms without a nervous system.

Key words: Chemical control, insecticide, nematicide, sugar cane, white grubs

INTRODUCCIÓN

La gallina ciega (géneros: *Phyllophaga*, *Anomala* y otros) es una plaga de suelo que se alimenta del sistema radical de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), que reduce su biomasa y sus funciones normales de absorción de agua y nutrientes, lo que resulta en pérdida de tonelaje y rendimiento de azúcar por hectárea (Badilla, 1996; Morón *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 1999; Márquez, 2012; Salazar *et al.*, 2013). Además, se reduce la longevidad de la plantación dado el aumento en la pérdida de cepas especialmente cuando la cosecha es mecánica. Las pérdidas en germinación en plantaciones nuevas alcanzan de un 40 a un 65 %, y en caña adulta de un 50 a un 78 % (Sáenz *et al.*, 2006), siendo el daño más severo a partir de la tercera cosecha (Alfaro *et al.*, 2013). Los daños físicos producidos en las raíces favorecen la entrada de hongos y bacterias que aceleran el deterioro y pudrición del sistema radical. Las variedades comerciales por lo general son igualmente susceptibles. Los daños por gallina ciega en las raíces causan síntomas que no son conclusivos en el follaje ni en las raíces, lo que facilita su confusión con daños abióticos (sequías, anoxias, toxicidad o deficiencia de nutrientes-herbicida) o bióticos (ataques de patógenos).

Cuando la plaga se alimenta de raíces enfermas y se desplaza a alimentarse a raíces de plantas sanas, distribuyen los patógenos que estén presentes. En plantaciones atacadas por la plaga las pérdidas en rendimiento alcanzan hasta 31 t/ha por corte (Morón y Rodríguez-Del Bosque, 2010), aparte de que también hay reducción en el rendimiento de azúcar. Según Cengicaña (2007) y Márquez (2011), por cada larva de gallina ciega por metro cuadrado se pierde 0,62 t/ha. En 1994, un 15 % de las 43 300 ha de caña cultivadas en Costa Rica fue afectada por dicha plaga (Badilla, 1996).

El manejo (prevención y control) de la plaga se realiza de manera holística, considerando el manejo integrado de plagas (MIP) y el manejo integrado del cultivo (MIC), que incluyen prácticas culturales, control etológico, biológico y químico (Salazar, 2009). Para decidir la aplicación de químicos para el control de la plaga, varios autores han establecido umbrales económicos: 15 por m² (Vargas, 1997), 9-12 por m² (Vargas, 2003), 4-8 larvas por m² (Andrews, 1989), 8-10 por m² (Badilla, 1996; Prewitt y Summers, 1981; Watve *et al.*, 1981), 10 larvas por m² (Cengicaña, 2007; Márquez, 2012), considerando el metro cuadrado hasta 30 cm

de profundidad. Algunos técnicos también emplean tamaños de muestra y umbrales de otros cultivos. Cuando el muestreo lo hacen en bloques de 30 x 30 x 20 cm de profundidad, la presencia de 0,5 larvas por punto de muestreo es indicación de que se requiere control (Andrews, 1989). Salguero *et al.* (1993) sugieren control cuando en el bloque de 30 x 30 x 20 cm profundidad se detectan 0,25 L3 o 0,5 L2.

Para su control químico la oferta de productos es amplia, pero con limitado sustento científico, y en muchos casos desarrollado en diferentes condiciones ecológicas y diferente género y especie de la plaga. Además, en dichos estudios no queda claro si la reducción en la población de la plaga fue por mortalidad o porque la plaga se profundizó en el perfil del suelo en busca de humedad, o por un efecto de repelencia del producto. La identificación de productos efectivos, que conlleven mortalidad de la plaga y permitan un manejo racional, con bajo impacto al ambiente y costos factibles para el agricultor, es un objetivo del sector azucarero desde hace varios años. Por tanto, se plantea evaluar la eficacia de diferentes productos químicos con diferente modo de acción, en el control de larvas de gallina ciega en condiciones controladas cultivando plantas en macetas que se desarrollan en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos se desarrollaron, uno en las instalaciones del ingenio CoopeAgri R.L. en Pérez Zeledón, San José, y otro en las del ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste, ambos en Costa Rica. Plantas de caña de azúcar provenientes de material *in vitro* variedad Laica 05-802 (CoopeAgri R.L.) y NA 56-42 (Taboga) fueron trasplantadas a maceteros plásticos de 2,8 L de capacidad (20 cm-diámetro y 19 cm altura) con cinco hoyos de 1 cm-d en el fondo para facilitar el drenaje. El suelo utilizado fue extraído de la plantación comercial de caña de cada ingenio infestado con la plaga. En CoopeAgri el suelo se clasificó como Ultisol, y en Taboga como Inceptisol, según la guía de United States Department of Agriculture (1993). El suelo de CoopeAgri fue de textura franco arcilloso (32 % arena, 36 % arcilla y 32 % limo), y el de Taboga franco arcillo limoso (18 % arena, 32 % arcilla y 50 % limo) según el método de Bouyoucos, citado por Henríquez y Cabalceta (1999). Para el suelo de CoopeAgri el pH (Díaz y Hunter, 1978) fue 4,9 con el

0,62 % materia orgánica (Díaz y Hunter, 1978), un contenido en bases usando Mehlich 3 (Mehlich, 1984) de Ca 2,7; Mg 0,6 y K 0,12 cmol L⁻¹ y una capacidad de intercambio catiónico efectiva de 3,72 cmol L⁻¹, y en Taboga fue pH 5,7, materia orgánica el 0,62 % y bases Ca 11,9; Mg 4,5 y K 0,52 cmol L⁻¹, y una capacidad de intercambio catiónico efectiva de 17,07 cmol L⁻¹.

Los experimentos se desarrollaron bajo condiciones de invernadero (Fig. 1A) a temperatura ambiente. En CoopeAgri la temperatura promedio fue de 26-32 °C con una humedad relativa del 80-90 %, y en Taboga la temperatura promedio fue de 31-38 °C y una humedad relativa del 38-64 %.

Durante el desarrollo de los experimentos no se aplicó fertilizante al suelo. Las plantas fueron regadas por aspersión dos o tres veces por día según sus necesidades. Ambos experimentos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con 14 tratamientos (Tabla 1) y tres repeticiones, siendo que cada repetición incluyó seis macetas (plantas). A los ocho días del trasplante, cada maceta y planta individual fue inoculada con cuatro (CoopeAgri) o cinco (Taboga) larvas de la plaga en estadio de desarrollo L1 o L2. En cada maceta se hizo 4-5 hoyos de 2 cm-d y unos 5-7 cm de profundidad alrededor de la planta (Fig. 2B), y se depositó una larva por hoyo y se cubrieron con el suelo removido. Las larvas utilizadas se extrajeron de la misma área de donde se extrajo el suelo en cada ingenio. En CoopeAgri se clasificó como *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans*, y en Taboga como *Phyllophaga elenans* (Solis, 2012).

A los ocho días después de inoculadas las plantas con los L1-L2 se aplicó los tratamientos conformados por los productos químicos. Los productos evaluados, según ingrediente activo, grupo químico, modo de acción, dosis por hectárea y su equivalencia por maceta se presentan en la Tabla 1. Las dosis aplicadas por maceta se estimaron con base a las dosis por hectárea (10 000 m²), calculando la concentración de

ingrediente activo aplicado por área de suelo. El total del área de las 18 plantas que abarcó cada tratamiento correspondió a 3,6 m². En las dosis granulares la cantidad de producto comercial se dividió entre los 10 000 m² y se multiplicó por 3,6, y se dividió entre las 18 macetas. Igual procedimiento se utilizó para los líquidos, los cuales se estimó que se aplican en 200 L de solución por hectárea, lo que resultó en una solución de 4 mL por maceta. Las dosis requeridas por maceta y tratamiento se midieron en probetas o pesaron en una romana electrónica 500 ± 0,01 g en cajas Petri. En CoopeAgri los granulares se depositaron en la superficie (Fig. 1B), y en Taboga fueron incorporados al suelo. La aplicación se realizó con el equipo de protección y seguridad personal estipulados para el manejo de agroquímicos.

A los siete y 30 días (CoopeAgri) y siete, 30 y 45 días (Taboga) de aplicados los tratamientos se evaluó el efecto de los productos en el control de la plaga. Tres (CoopeAgri) y dos (Taboga) plantas por repetición y tiempo de evaluación fueron removidas de las macetas. Para ello, las macetas fueron presionadas en el centro para aflojar el suelo, y cuidadosamente se extrajeron las plantas y se contó el número de larvas de la plaga presentes vivas (Fig. 1C) y muertas. Para calcular la eficacia de cada producto en el control de la plaga se usó la fórmula de Abbott (1925): $x-y/x \cdot 100$ = porcentaje de control, donde x = porcentaje de gallina ciega vivos en las macetas testigo y y = el porcentaje de gallina ciega vivos en las macetas con el tratamiento (producto).

Los datos del número de larvas sobrevivientes se sometieron primero a un análisis de regresión logística para cada evaluación, y se aplicó una prueba de Dunnett de cola izquierda para determinar cuáles tratamientos dieron una sobrevivencia inferior a la del testigo. Para comparar el efecto del tiempo en los tratamientos, se hizo un análisis de regresión logística con los datos de todas las evaluaciones, lo que permitió además agrupar los tratamientos según su eficacia

Tratamiento	Grupo químico	Acción	Modo acción	Dosis/maceta	Dosis/ha
Imidacloprid 0,8 % + Triadimenol 0,6 % (Bayer Crop Science)	Neonicotinoide	Insecticida fungicida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,3 g	15 kg
Bifentrina (FMC)	Piretroide	Insecticida acaricida	Modula el canal de sodio	0,4 g	20 kg
Terbufos 15 % (AMVAC)	Organofosforado	Insecticida nematicida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,4 g	20 kg

Diffubenzuron 24 SL (Uniroyal Chemical Co.)	Benzoilurea	Insecticida	Inhibidor biosíntesis quitina	0,04 mL	2 L
Imidacloprid 1,4 GR (Bayer Crop Science)	Neonicotinoide	Insecticida	Antagonista de receptor de acetilcolina nicotinérgico	0,4 g	20 kg
Clorpirifos 15 GR (Dow Chemical Co.)	Organofosforado	Insecticida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,24 g	12 kg
Clorpirifos 48 EC (Dow Chemical Co.)	Organofosforado	Insecticida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,04 mL	2 L
Ethoprop 15GR (AMVAC)	Organofosforado	Insecticida nematicida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,4 g	20 kg
Ethoprop 72 EC (AMVAC)	Organofosforado	Insecticida nematicida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,16 mL	8 L
Cianamida cálcica (Alz Chem)	Ácido cianamídico	Fumigante	Inhibe acetilcolinesterasa	8 g	400 kg
Clorpirifos 75 WG (Dow Agro Sciences)	Organofosforado	Insecticida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,03 mL	1,5 kg
Forato 10 GR (AMVAC)	Organofosforado	Insecticida nematicida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,4 g	20 kg
Protiofos 50 EC (Bayer Crop Science)	Organofosforado	Insecticida	Inhibe acetilcolinesterasa	0,08 mL	4 L
Testigo				0	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de que no se registro el peso radical de las plantas a la cosecha, se observó reducción de la masa radical conforme aumentó el número de gallina ciega inoculados (*Fig. 1D*), lo que concuerda con los daños observados en campo conforme aumenta la población de la plaga. En CoopeAgri a los siete días de aplicados los productos, se encontró diferencia ($p < 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas de gallina ciega entre tratamientos. La muerte natural de larvas en el testigo alcanzó un 50 % (*Fig. 2A*). Ethoprop 72 EC, protiofos 50 EC, forato 10 GR, ethoprop 15 GR, clorpirifos 75 WG, clorpirifos 48 EC y clorpirifos 15 GR ($p < 0,0476$) redujeron el número de larvas vivas, lo que resultó en una sobrevivencia del 0 al 31 % (*Fig. 2A*). Bifentrina 0,3 GR, terbufos 15 GR, diflubenzuron 24 SL, imidacloprid 1,4 GR y cianamida cálcica presentaron un número de larvas vivas similar ($p \geq 0,0769$) al testigo, variando del 33-56 %. Con relación

al testigo, la eficacia en el control de gallina ciega con ethoprop 72 EC fue del 100 %, protiofos 50 EC 78 %, forato 10 GR 61 %, ethoprop 15 GR 56 %, clorpirifos 75 WG 50 %, clorpirifos 48 EC 44 % y clorpirifos 15 GR 39 % (*Fig. 2B*).

A los 30 días de aplicados los productos persisten diferencias ($p \leq 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas entre tratamientos. La muerte natural en el testigo alcanzó un 67 % (*Fig. 2A*). Ethoprop 72 EC, forato 10 GR, terbufos 15 GR, clorpirifos 48 EC ($p \leq 0,0074$) redujeron la presencia de larvas vivas, resultando en una sobrevivencia de tan solo del 0 al 8 %. Bifentrina 0,3 GR, cianamida cálcica, diflubenzuron 24 SL, protiofos 50 EC, clorpirifos 15 GR, ethoprop 15 GR, clorpirifos 75 WG e imidacloprid 1,4 GR presentaron un número similar ($p \geq 0,0927$) al testigo de larvas sobrevivientes, oscilando del 17 al 42 % (*Fig. 2A*). Con respecto al testigo, la eficacia en el control de larvas con ethoprop 72 EC

fue del 100 %, forato 10 GR 92 %, terbufos 15 GR 92 % y clorpirifos 48 EC 75 % (Fig. 2B). La eficacia en el control de la plaga aumentó de ocho a 30 días en las macetas tratadas con terbufos 15 GR ($p = 0,0077$), clorpirifos 48 EC ($p = 0,0418$) y forato 10 GR ($p = 0,0520$), sin alcanzar ninguno el 100 % de control.

En Taboga a los siete días de aplicados los productos se encontró diferencia ($p < 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas de gallina ciega entre tratamientos (Fig. 3A). La muerte natural en el testigo alcanzó un 30 %. Ethoprop 72 EC, ethoprop 15 GR, clorpirifos 48 EC e imidacloprid 1,4 GR ($p \leq 0,0349$) redujeron el número de larvas vivas que resultó en una sobrevivencia entre un 17 y 47 %. Bifentrina 0,3 GR, clorpirifos 15 GR, diflubenzuron 24 SL, forato 10 GR, protiofos 50 EC, clorpirifos 75 WG, cianamida cálcica, terbufos 15 GR e Imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 % presentaron un número similar ($p \geq 0,0585$) de larvas vivas al testigo, variando del 50 al 73 % (Fig. 3A). Con relación al testigo, la eficacia en el control con ethoprop 72 EC fue del 76 %, ethoprop 15 GR 71 %, clorpirifos 48 EC e imidacloprid 1,4 GR 33 % (Fig. 3B).

A los 30 días de aplicados los productos persisten diferencias ($p \leq 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas de gallina ciega entre tratamientos (Fig. 3A). La muerte natural en el testigo alcanzó un 43 %. Ethoprop 15 GR, protiofos 50 EC, ethoprop 72 EC, forato 10 GR, imidacloprid 1,4 GR, terbufos 15 GR, clorpirifos 15 GR, clorpirifos 48 EC, imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 % y clorpirifos 75 WG ($p \leq 0,0036$) redujeron la presencia de larvas vivas hasta un 67 % lo que resultó en una sobrevivencia del 0 hasta el 33 % (Fig. 3A). Bifentrina 0,3 GR, diflubenzuron 24 SL y cianamida cálcica presentaron un número similar ($p \geq 0,3976$) de larvas sobrevivientes al testigo que oscilaron del 53 al 57 %. Con relación al testigo, la eficacia en el control del ethoprop 15 GR y protiofos 50 EC fue del 100 %, ethoprop 72 EC 88 %, forato 10 GR 82 %, imidacloprid 1,4 GR 71 %, terbufos 15 GR 59 %, clorpirifos 15 GR y clorpirifos 48 EC 53 % e imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 % y clorpirifos 75 WG 41 % (Fig. 3B).

A los 45 días se mantienen diferencias ($p \leq 0,0001$) en la sobrevivencia de larvas de gallina ciega entre tratamientos (Fig. 3A). La muerte natural en el testigo alcanzó un 53 %. Ethoprop 15 GR, ethoprop 72 EC, forato 10 GR, terbufos 15 GR, protiofos 50 EC, imidacloprid 1,4 GR, imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 %, clorpirifos 15 GR, clorpirifos 48 EC y clor-

pirifos 75 WG ($p \leq 0,0161$) redujeron la presencia de larvas vivas, lo que resultó en una sobrevivencia del 0 al 20 %. Diflubenzuron 24 SL, bifentrina 0,3 GR y cianamida cálcica presentaron un número similar ($p \geq 0,1468$) de larvas sobrevivientes al testigo, que variaron del 43 al 33 % (Fig. 3A). Respecto al testigo, la eficacia en el control de ethoprop 15 GR fue del 100 %, ethoprop 72 EC, forato 10 GR y terbufos 15 GR del 93 %, protiofos 50 EC del 86 %, imidacloprid 1,4 GR del 79 %, imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 % del 71 %, clorpirifos 15 GR del 64 %, clorpirifos 48 EC y clorpirifos 75 WG del 57 % (Fig. 3B).

La eficacia en el control de la plaga aumentó con el tiempo con la aplicación de protiofos 50 EC ($p < 0,0001$), forato 10 GR ($p < 0,0001$), terbufos 15 GR ($p = 0,0013$), imidacloprid 1,4 GR ($p = 0,0041$), clorpirifos 15 GR ($p < 0,0001$), imidacloprid 0,8 % + triadimenol 0,6 % ($p = 0,0154$) y clorpirifos 75 WG ($p = 0,0072$). Con las aplicaciones de clorpirifos 48 EC ($p = 0,0749$), ethoprop 15 GR ($p = 0,0669$) y ethoprop 72 EC ($p = 0,2130$) también mejoró el control, pero sin alcanzar la diferencia a ser significativa.

En ambos experimentos la muerte natural de gallina ciega en las macetas testigo sin adición de producto varió del 33 al 67 %, con un promedio del 53 % en contraste con el 75 % reportado en estudios de laboratorio (King, 1996b). La muerte puede deberse a la manipulación de las larvas. Se conoce que condiciones ambientales ligeramente desfavorables en dicho estado causan mortalidad (King, 1996), y también existe la posibilidad de una disminución natural por enfermedades, estrés y agentes microbianos que estuvieran presentes en el suelo (King, 1996b; Shannon, 1996). Se descarta que fuera por alimentación, pues su hábito polífago le permite alimentarse tanto de materia orgánica como de raíces de muchos cultivos (King, 1996a; 1996b; León, 1996). A su vez, este hábito polífago y su gran adaptación climática limitan su control efectivo.

Con la aplicación de los diferentes productos químicos se encontró diferencia en el control de gallina ciega. Los ingredientes activos pertenecientes a los grupos químicos de los Piretroides, Benzoylurea, Neonicotinoides y ácido cianamídico prácticamente no tuvieron ningún efecto en el control de la plaga. Sin embargo, en el caso del Neonicotinoide imidacloprid fue errático, trabajando solo en el suelo franco arcillo limoso, donde alcanzó un 79 %

de control. La ineficiencia de la cianamida cálcica puede deberse a la textura que en ambos casos fue suelo arcilloso, lo que restringe la distribución del gas en el perfil del suelo.

Los organofosforados fueron los más efectivos con diferencias entre ingredientes activos. El mejor control se encontró con ethoprop, siendo la formulación líquida (EC) más efectiva con el 100 % de control en el suelo franco arcilloso y un 93 % en el franco arcillo limoso. La granular alcanzó un 100 % de control en el suelo franco arcilloso limoso, y un 56 % en el franco arcilloso. Esta diferencia puede estar asociada con la forma de aplicación. Cuando se hizo incorporado el producto, el control fue del 100 %, y cuando se aplicó sobre la superficie, alcanzó el 56 % de control. Este mejor control con el producto incorporado también se observó con la aplicación de los otros productos granulados. Posteriormente se encuentran forato 10 GR y terbufos 15 GR, también del grupo de los organofosforados con un porcentaje de eficacia en el control muy similar, que varió del 92 al 93 %. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Calvo *et al.* (2016) en aplicaciones en campo, donde el etroprop, forato y el terbufos controlaron la plaga y aumentaron la producción. Le siguen el protiofos 50 EC, que alcanzó hasta el 100 % de control en suelo franco arcillo limoso, y un 78 % en el franco arcilloso, y luego el clorpirifos 15 GR y 48 EC, cuyos porcentajes de eficacia en el control, que variaron del 39 al 75 %.

Las diferencias en control de ingredientes activos de un mismo grupo químico se asocian a sus características físico-químicas. Se asume que las condiciones edafo-climáticas en todos los tratamientos fueron homogéneas, ya que el suelo se obtuvo de los primeros 10 cm del perfil en un área pequeña, el riego fue uniforme y las plantas se desarrollaron bajo condiciones de invernadero. Se descarta que fuera su formulación, por cuanto en el caso de las formulaciones líquidas el ethoprop 72 EC y el clorpirifos 48 EC, ambos organofosforados y en la misma formulación, difirieron en el control. Similarmente, en la formulación granular el ethoprop 15 GR, clorpirifos 15 GR, terbufos 15 GR, forato 10 GR, todos son organofosforados en la misma formulación y difirieron en el control. En aquellos productos en los que se encontró diferencias en control de los siete a los 30 y 45 días, pueden estar dadas principalmente por la formulación del producto, debido a las condiciones de humedad homogéneas. Se conoce que en las for-

mulaciones granuladas la liberación del ingrediente activo es más lenta que en los líquidos que está inmediatamente disponible. De manera que es razonable que la eficacia en el control de la plaga aumentara con el tiempo en los productos granulares, como se observó en las macetas tratadas con el terbufos 15 GR y forato 10 GR. El porcentaje de control con la formulación líquida y granular de clorpirifos fue muy similar en ambos experimentos. Sin embargo, con la formulación de clorpirifos 75 WG se observó menor control. Esta diferencia puede asociarse con el tipo y calidad de la formulación, pues el ingrediente activo es de la misma casa comercial.

Los productos líquidos se aplicaron en drench en un volumen de 4 mL por maceta, que equivale a 200 L de agua por hectárea. Como el riego fue homogéneo en todo el experimento, la inmediata disponibilidad del ingrediente activo en las formulaciones líquidas hace la diferencia con la incorporación de los granulados.

Los experimentos se extendieron hasta 30 y 45 días solamente, donde se obtuvo un buen control con el ethoprop 72 EC, ethoprop 15 GR, terbufos 15 GR y forato 10 GR, pero es de esperar un mayor período de protección contra la plaga, ya que se conoce que el ethoprop tiene una vida media de 98 (Jordan *et al.*, 1986) y hasta 120 días (Smelt y Leistra, 1992), el terbufos de 60 días (Felsot *et al.*, 1982) y el forato de 60 días (Wauchope *et al.*, 1992).

Dentro del manejo holístico de la plaga cualquier mecanización que se realice en el campo contribuye a reducir su población por desecación al sol y depredadores como aves (Badilla, 1996; Lastres, 1996; Hanson, 1996; Salazar *et al.*, 2013). El control etológico con trampas de luz o con feromonas sexuales para atraer y matar a los adultos es una práctica efectiva (Badilla, 1996; Lastres, 1996; Vargas, 2003; Vargas, 2004). Dichas trampas capturan la mayor cantidad de adultos al inicio del anochecer de 6 a 8 p.m. (Guzmán, 1979; Badilla, 1996; King, 1996). Si aún con la implementación de estas prácticas de cultivo y manejo integrado de plagas la población de larvas supera los umbrales económicos, debería pensarse en incorporar el control químico.

De los productos evaluados, los resultados sugieren la aplicación racional de los insecticidas-nematicidas no fumigantes (etroprop, terbufos, forato) que han permitido reducir las poblaciones de larvas en el suelo. Esto concuerda con estudios en caña de azúcar (Calvo *et al.*, 2016) y en otros cultivos como el café, donde la efectividad de

ethoprop en el control de la plaga está bien sustentada, y lo recomiendan tanto en siembras nuevas y resiembras en el fondo del hoyo (Mendoza, 1996), como en plantación comercial (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, 1978; León, 1996). Similarmente, la efectividad del terbufos en el control de *Phyllophaga* también ha sido reportada en café (Milla y García, 1983).

El modo de acción de estos insecticidas-nematicidas organofosforados es inhibiendo el sistema nervioso de la plaga (Spurr, 1985; Opperman, 1992; Davine *et al.*, 2008). De los seres vivos, solo aquellos que pertenecen al reino animal tienen sistema nervioso. Los hongos que pertenecen al reino de los hongos y las bacterias que pertenecen al reino de las Moneras no tienen sistema nervioso, son unicelulares (Madigan *et al.*, 2012), de manera que los insecticidas-nematicidas no afectan aquellos microorganismos desarrollados como agentes de control biológico: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus popilliae* (Salazar *et al.*, 2013), siendo totalmente compatibles con el manejo holístico de dicha plaga, que incluye preparación de suelo, manejo del cultivo, control etológico, biológico (hongos y bacterias) y químico.

Los entomo-nemátodos de los géneros *Heterorabditos* y *Steinernema* tienen potencial como agentes de control biológico de gallina ciega (Teasdale y Henderson, 2003; Koppenhofer y Fuzy, 2003). Los productos insecticidas-nematicidas se aplican en banda cubriendo unos 20 cm a cada lado del surco, de manera que si la siembra es a 1,7 m entre surcos, se tendrían 5900 m lineales de surco por 20 cm de banda a cada lado del surco, el área tratada sería de 2360 m² (23,6 %) del área de una hectárea. Dichos productos, como se aplican a capacidad de campo, rápidamente después de aplicados son absorbidos por el sistema radical. Entonces, la afectación sobre esos entomo-nemátodos, a pesar de que tienen sistema nervioso, se esperaría sea muy reducida, dado lo pequeño del área tratada y la rápida remoción del producto de la solución del suelo. Además, en un manejo holístico de la plaga podría optarse por ambas alternativas, considerando la vida media de los productos de manera que su aplicación se realice con un intervalo de unos 45-60 días.

Los productos que mejor controlaron la plaga fueron los de acción insecticida-nematicida. En el país se reporta la presencia de nemátodos en plantaciones comerciales de caña (Fernández *et al.*, sf., Ramírez, 1978). La presencia de nemátodos fitoparásitos en la producción comercial de caña de azúcar es común en los países productores

(Cadet y Spaul, 2005), incluido Puerto Rico (Román, 1978), Colombia (Varón *et al.*, 1973), Trinidad y Tobago (Singh, 1973), Sudáfrica (Harris, 1975; Berry *et al.*, 2008), Australia (Brenden, 2005), Brasil (Mondino *et al.*, 2010). En Costa Rica, poblaciones superiores a 3000 *Pratylenchus* por 100 g de raíz y a 500 *Helicotylenchus* por 100 g de suelo se asociaron con clorosis y malformación de las plantas de caña (Ramírez, 1978). En Brasil, Novaretti *et al.* (1998) consideran que poblaciones de 2500 nemátodos reducen el rendimiento.

De manera que con la aplicación de productos insecticida-nematicidas se controla la gallina ciega y los nemátodos cuando están presentes. La aplicación se recomienda hacerla a la siembra en caña nueva y en renovaciones (Salazar *et al.*, 2013; García *et al.*, 2012), y en caña soca, a los 40-60 días después de la corta (Dinardo *et al.*, 2008). Aplicaciones de terbufos (Novaretti *et al.*, 1998a; 1998b; Chaves *et al.*, 2002) y ethoprop (Dinardo *et al.*, 2001) redujeron las poblaciones de nemátodos en caña de azúcar con aumentos en rendimiento de 20-40 t • ha⁻¹. En Australia, Brenden (2005) encontró aumentos en rendimiento hasta de 20 t • ha⁻¹ con el uso de nematicida. Los resultados de estos experimentos mostraron buen control en estados L1 y L2, de manera que el momento óptimo de aplicación para el control de *Phyllophaga*, sería 25-34 días después de establecidas las lluvias, según el ciclo biológico de la plaga (King, 1996a; 1996b; Vargas, 2003; 2004; Salazar *et al.*, 2013).



Figura 1A-D. Vista general de las plantas en macetas del experimento (A), derecha: hoyos para la inoculación de las larvas de gallina ciega, izquierda: aplicación de productos granulados (B), presencia de la plaga en el sistema radical de la planta a los 45 días (C), comparación del daño en el sistema radical a los 45 días de aplicados los tratamientos: 1. planta testigo sin gallina ciega, 2. planta con 3 gallina ciega, 3. planta con 5 gallina ciega (D).

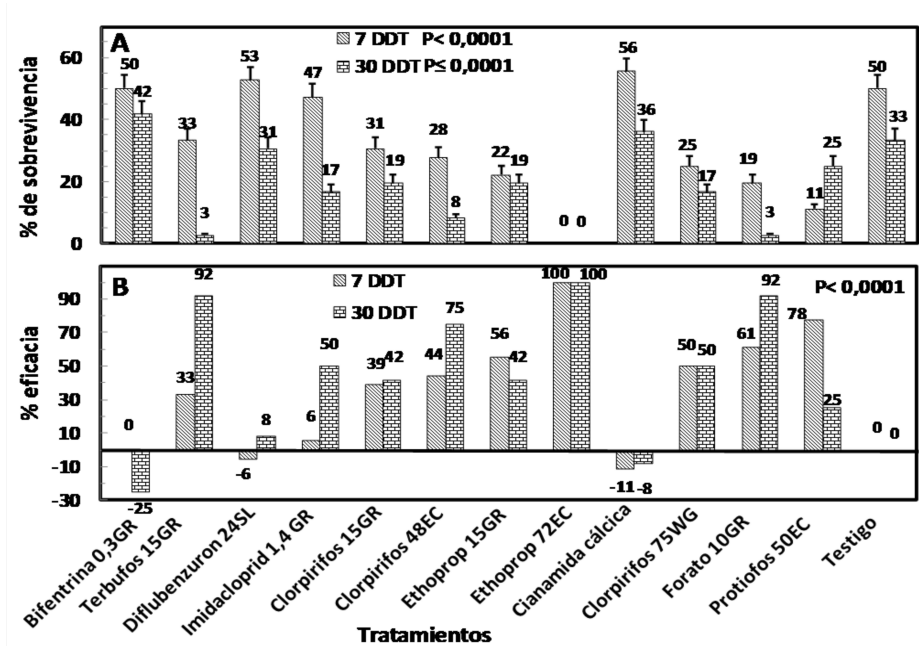


Figura 2A-B. A) Porcentaje $\pm$ error estándar de sobrevivencia de *Phyllophaga* spp. (*P. menetriesi* y *Anomala inconstans*) en plantas de caña de azúcar var. Laica 05-802 propagada por cultivo de tejidos y sembradas en macetas, y B) porcentaje de eficacia en su control según tratamiento. Cada barra es la media de tres repeticiones. Cada repetición incluyó seis macetas con cuatro larvas cada una, y se evaluó tres macetas por repetición en cada tiempo. CoopeAgri R.L. suelo franco arcilloso. DDT = días después del tratamiento.

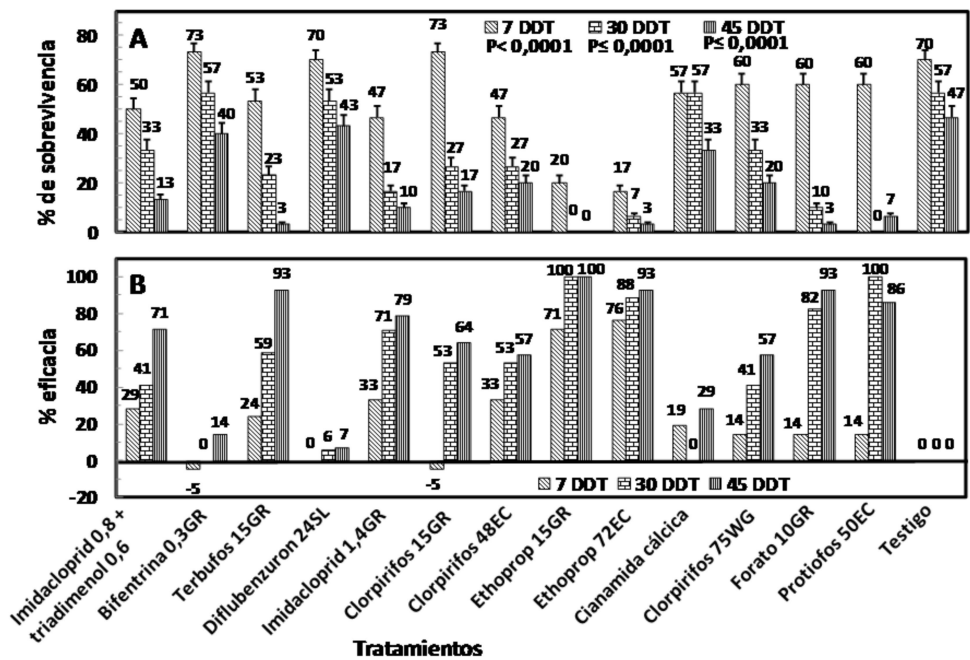


Figura 3A-B. A) Porcentaje $\pm$ error estándar de sobrevivencia de *Phyllophaga elenans* en plantas de caña de azúcar var. NA 56-42 propagadas por cultivo de tejidos y sembradas en macetas, y B) porcentaje de eficacia en su control según tratamiento. Cada barra es la media de tres repeticiones. Cada repetición incluyó seis macetas con cinco larvas en cada maceta. En cada tiempo de evaluación se evaluaron dos macetas por repetición. Taboga suelo franco arcillo limoso. DDT = días después del tratamiento.

CONCLUSIONES

- El mejor control de *Phyllophaga* se obtuvo con los organofosforados insecticidas-nematicidas como el ethoprop, forato y terbufos.
- Las formulaciones líquidas fueron más efectivas en el control de *Phyllophaga* que las granulares, probablemente consecuencia de su inmediata disponibilidad del ingrediente activo.

REFERENCIAS

- Abbott, W.S.: "A method of computing the effectiveness of an insecticide", *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267, EE.UU, 1925.
- Alfaro, S.D.; M.C.L. Villalobos; A.R. Oviedo: "Validación de dos feromonas sexuales de dos especies de abejones de mayo (*Phyllophaga vicina* y *P. menetriesi*)", en: Sáenz, A.C. (ed.), XIX Reunión Técnicos Azucareros de Centroamérica XX Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). 11-12-13 setiembre 2013. San José, Costa Rica. Memoria Tomo 1 Charlas agrícolas. p.39-42, Costa Rica, 2013.
- Andrews, K.L.: "Maíz y sorgo", en: Andrews, K.L.; J.R. Quezada (ed.), manejo integrado de plagas insectiles en la Agricultura: estado actual y futuro, Zamorano, EAP. p.547-566, Honduras, 1989.
- Badilla, F.F.: "Manejo integrado de jobotos *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica", en: Shannon P.J.; M. Carballo (ed.), Biología y control de *Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.103-113, Costa Rica, 1996.
- Berry, S.D.; M. Fargette; V.W. Spaul; S. Morand; P. Cadet: "Detection and quantification of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*), lesion nematode (*Pratylenchus zeae*) and dagger nematode (*Xiphinema elongatum*) parasites of sugarcane using real-time PCR", *Molecular and Cellular Probes*, 22:168-176, England, 2008.
- Brenden, L.B.: "The incidence of plant-parasitic nematodes on sugarcane in Queensland, and studies on pathogenicity and associated crop losses, with particular emphasis on lesion nematode (*Pratylenchus zeae*)", Ph.D. Thesis. Royal Melbourne Institute of Technology, 208p, Australia, 2005.
- Cadet, P.; V.W. Spaul: "Nematode parasites of sugarcane" en: Luc, M.; R.A. Sikora; J. Bridge (ed.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*.
- CABI Publishing. p.645-674, EE.UU, 2005.
- Calvo, J.; J. Vargas; M. Araya: "Control químico de *Phyllophaga* en caña de azúcar (*Saccharum spp.*)", en: XXXVIII Convención ATAM, 70º Aniversario, 10º Congreso ATALAC, Veracruz 31 agosto al 2 de setiembre, México, 2016.
- Cengicafa: "Eventos históricos y logros 1992-2007". 85p. Guatemala, 2007.
- Chaves, A.; E.M.R. Pedrosa; R.M. Moura: "Efeitos de aplicacao de Terbufos sobre a
- Densidade populacional de nematoides endoparasitos em cinco variedades de cana-de-acucar no Nordeste", *Nematologia Brasileira*, 26(2):167-176, Brasil, 2002.
- Davine, G.J.; E. Dominique; E. Ogusuku; M.J. Furlong: "Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas", *Rev Perú Med Exp Salud Pública*, 25(1):74-100, Perú, 2008.
- Díaz, R.A.; A. Hunter: "Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero", Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos, Turrialba, 68p, Costa Rica, 1978.
- Dinardo, M.L.L.; J.P. Pivetta; F.J. Vilela: "Influencia da época de aplicacao de nematicidas em soqueiras sobre as populacoes de nematoides e a produtividade da cana-de-acucar. *Bragantia*, 67(1):179-190, Brasil, 2008.
- Dinardo, M.L.L.; C.C. Menegatti; J.P. Pivetta: "Eficiencia de nematicidas aplicados no plantio da cana-de-acucar", *Nematologia Brasileira*, 25(2):171-174, Brasil, 2001.
- Felsot, A.; L. Wei; J. Wilson: "Environmental chemodynamic studies with terbufos (Counter) insecticide in soil under laboratory and field conditions". *J. Environ. Sci. Health*, 17(6):649-673, EE.UU, 1982.
- Fernández, S.O.M.; R.F. Perlaza; S.A.S. Quesada: "Principales nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica", Servicio Fitosanitario del Estado, 22p, Costa Rica, sf.
- García, J.; B. Villatoro; F. Díaz; G. Sandoval: "Preparación de suelos para la siembra de caña de azúcar", en: Melgar, M.; A. Meneses; H. Orozco; O. Pérez; R. Espinosa (ed.), *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*, Artemis Edinter, p.108-119, Guatemala, 2012.
- Guzmán, M.: "Determinación de la cantidad de lámparas de luz negra por área y la hora de mayor incidencia de adultos en *Phyllophaga* spp.", en: Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ed.), *Resúmenes de investigaciones en café 1978-79*, p.44-45, El Salvador, 1979.
- Hanson, P.: "Control biológico de *Phyllophaga*: depredadores y parasitoides", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.), *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.74-79, Costa Rica, 1996.
- Harris, R.H.G.: "Notes on two experiments with nematode control in sugarcane", *Nematropica* 5(2):40-44, EE.UU, 1975.
- Henríquez, H.C.; A.G. Cabalceta: "Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola", Universidad de Costa Rica. Escuela de Fitotecnia / Facultad de Agronomía. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 109p., Costa Rica, 1999.
- Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café: "Evaluación de dosis de insecticidas en el combate de orugas (*Phyllophaga* spp.)", en: Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ed.), *Resúmenes de investigaciones en café 1977-78*. p.40-41, El Salvador, 1978.
- Jordan, E.G.; D.M. Montecalvo; F.A. Norris: "Metabolism of Ethoprop in soil". Abstracts of papers, 192nd National Meeting of the American Chemical Society, Anaheim, CA; American Chemical Society, Washington, DC. AGRO, p.36, EE.UU, 1986.
- King, A.B.S.: "Biología e identificación de (*Phyllophaga*) de importancia económica en América Central", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.), *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.33-43, Costa Rica, 1996a.
- King, A.B.S.: "Biología, identificación y distribución de especies económicas de *Phyllophaga* en America Central", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.), *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.50-61, Costa Rica, 1996b.
- Koppenhofer, A.M.; E.M. Fuzy: *Steinernema scarabaei* for the control of white grubs. *Biological Control*, 28(1):47-59, EE.UU, 2003.
- Lastres, R.L.: "Incidencia de *Phyllophaga* spp. en Honduras", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (Ed.), *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no.277. p.8-15, Costa Rica, 1996.
- León, G.R.: "Problemática de *Phyllophaga* spp. en Costa Rica", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.) *Biología y control de Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.24-32, Costa Rica, 1996.
- Madigan, M.T.; J.M. Martinko; D.A. Stahl; D.P. Clark: "Biology of microorganisms". Benjamin Cummings. 1155p, EE.UU, 2012.
- Márquez, J.M.: "El manejo integrado de plagas", en: Melgar, M.; A. Meneses; H. Orozco; O. Pérez; R.
- Espinosa (ed.), *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. CENGI-CAÑA, p.204-231, Guatemala, 2012.

- Mehlich, A. "Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant" Communications in Soil Science and Plant Analysis, 15(12):1409-1416, EE.UU, 1984.
- Mendoza, P.H.E.: "Problemática de *Phyllophaga* spp. en El Salvador", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.), Biología y control de *Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.16-19, Costa Rica, 1996.
- Milla, F.S.J.; L.J.B. García: "Evaluación de plaguicidas para el combate simultáneo de orugas *Phyllophaga* spp. y nematodos fitoparásitos *Pratylenchus* spp.", en: Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ed.), Resúmenes de investigaciones en café 1982-83. p.4-9, El Salvador, 1983.
- Morón, M.A.; L.A. Rodríguez del Bosque: "Importancia, historia y retos", en: L.A. Rodríguez del Bosque, L.A.; M.A. Morón (ed.), Plagas del suelo. Colegio de Postgraduados, INIFAP, Universidad Autónoma Chapingo, Mundi-Prensa, p.3-17, México, 2010.
- Morón, M.A.; S. Hernández-Rodríguez; A. Ramírez-Campos: "Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) con importancia agrícola en Nayarit, México", en: Morón, M.A.; A. Aragón (ed.), Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Publicación especial de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología. Puebla, p.79-98, México, 1998.
- Novaretti, W.R.T.; M.A. Rocha; F.L.C.C. Barbosa. "Controle químico de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zeae* em cana-de-açúcar com carbofuran e terbufos", Nematologia Brasileira, 22(1): 60-74, Brasil, 1998a.
- Novaretti, W.R.T.; A.R. Monteiro; L.C.C.B. Ferraz: "Chemical control of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus zeae* on sugarcane through carbofuran or terbufos application" Nematologia Brasileira, 22(1):60-74, Brasil, 1998b.
- Ramírez, A.: "Reconocimiento de nematodos asociados con la caña de azúcar en Costa Rica", Agronomía Costarricense 2(1):39-46, Costa Rica, 1978.
- Román, J.: "Fitonematología Tropical". Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayaguez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Estación Experimental Agrícola Río Piedras, PR. 236p. Puerto Rico, 1978.
- Opperman, C.H.: "The molecular basis of differential nematode sensitivity to nematicides", en: Gommers, F.J.; P.W.Th. Maas (ed.), Nematology from molecule to ecosystem. European Society of Nematologists, Inc. p.60-72, Scotland, 1992.
- Prewitt, J.C.; T.E. Summers: "Los gusanos blancos de la caña de azúcar en el sur de la Florida", 2º
- Seminario Inter-Americano de la caña de azúcar, plagas y roedores. Florida International University, Miami, Florida, pp: 267-268. EE.UU, 1981.
- Rodríguez, A., C. Sáenz, J.D. Salazar, D. Alfaro; R. Oviedo: "Manejo integrado y perspectivas de control de jobotos *Phyllophaga* spp. (Col: Melolonthidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica", en Bertsch, F.; J. García; G. Rivera; F. Mojica; W. Badilla (ed.), XI Congreso Nacional Agronómico / V Congreso Nacional de Entomología. San José, Costa Rica del 19-23 julio. p.163, Costa Rica, 1999.
- Sáenz, A.C.; B.J.D. Salazar; M.A. Rodríguez; S.D. Alfaro; A.R. Oviedo. "Métodos de control de plagas en la caña de azúcar aplicando principios de producción más limpia", en: Chaves, S.M.A. (ed.), XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América, XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. 1 Tomo Memoria. San José, Costa Rica. p.468-476, Costa Rica, 2006.
- Salazar, B.J.D.; A.C.E. Sáenz; A.R. Oviedo; S.D. Alfaro; A.L. Castro: "Joboto, coleoptero: Scarabaeidae. Biología y hábitos", 5p. En: <http://www.laica.co.cr/biblioteca2/verSubcategoria.do?p=1&c=443&s=1774>, 2013.
- Salguero, N.V.E.; R.E. Mancia; D.G. Gonzáles: "Manejo integrado de plantas en frijol", Guías de Capacitación. PROFRIJOL-CIAT-BID. Cali, 82p, Colombia, 1993.
- Shannon, P.J.: "Control microbiano de *Phyllophaga* spp. (Col. Melolonthidae)", en: Shannon, P.J.; M. Carballo (ed.), Biología y control de *Phyllophaga* spp. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico no. 277. p.80-93, Costa Rica, 1996.
- Singh, N.D.: "A note on plant parasitic nematodes associated with sugarcane in Trinidad", Nematropica, 3(2):54-55, EE.UU, 1973.
- Smelt, J.H.; M. Leistra: "Availability, movement and (accelerated) transformation of soil-applied nematicides", en: Gommers, F.J.; P.W.Th. Maas (ed.), Nematology from Molecule to Ecosystem. European Society of Nematologists, Inc. p.266-280, Scotland, 1992.
- Spurr, J.H.W.: "Mode of action of nematicides", en: Sasser, J.N.; C.C. Carter (ed.), An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol I. Biology and control. Raleigh North Carolina State University Press, p.269-276, EE.UU, 1985.
- Teasdale, C.; D. Henderson: "Feasibility of using non-chemical methods for control of the European chafer (*Rhizotrogus majalis*) in turfgrass", Western Canada Turfgrass Association. WCTA Annual Research Reports 1997-2003. 12p, Canada, 2003.
- United States Department of Agriculture. "Soil survey manual". Handbook No 18. 437p, EE.UU, 1993.
- Vargas, A.J. "Criterio para decidir la aplicación de un insecticida granulado al suelo, al momento de la siembra de un cañal. Boletín Informativo", en Boletín Informativo Gerencia de Campo, Depto de Agronomía Monte Rosa, S.A. 6p, Nicaragua, 1997.
- Vargas, A.J.: "El 'joboto' plaga importante en cañales de Guanacaste. Uso de feromonas sexuales como método integrado para su control". Boletín Informativo Gerencia Agrícola No 2. Central Azucarera Tempisque S.A. 3p, Costa Rica, 2003.
- Vargas, A.J.: "Programa comercial de captura de adultos de *Phyllophaga elenans* (Scarabaeidae) utilizando trampas encebadas con feromona sexual. Antecedentes y situación actual", Central Azucarera Tempisque, Guanacaste, Costa Rica, en: XV Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica y Panamá. 12 al 16 de julio 2004. Radisson Plaza Hotel San Salvador, Ed. ATASAL. Pp: 1-8. El Salvador, 2004.
- Varon, R.F.H.; M.H. Castro; A.H. Ramírez: Nematodos asociados con el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp. L.) en el valle del Cauca, Colombia. Nematropica, 3(2): p. 61, EE.UU, 1973.
- Watve, C.M.; J.D. Miller; M.G. Bell; K.D. Shuler: Un resumen de las actividades de investigación sobre gusanos blancos dañinos a la caña de azúcar en Florida. 2º Seminario Inter-Americano de la caña de azúcar, plagas y roedores. Florida International University, Miami, Florida, p.274-278, EE.UU, 1981.
- Wauchope, R.D.; T.M. Buttler; A.G. Hornsby; P.W.M. Augustijn-Beckers; J.P. Burt: "SCS/ARS/CES Pesticide database for environmental decisionmaking", Rev. Environ. Contam. Toxicol, 123:1-157, EE.UU, 1992.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al personal de los ingenios CoopAgri y Taboga por el apoyo incondicional brindado para el desarrollo de este trabajo. Además, a los funcionarios de Laica-Dieca, que cooperaron en el establecimiento y desarrollo de la investigación.