

Evaluación de técnicas de aplicación de *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) para el control del barrenador gigante de la palma *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales de Colombia

Assessing application techniques of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) for controlling the giant borer of African palm *Cyparissius daedalus* Cramer on Colombia's Eastern Plains

Luz Dary Ayala¹, Hugo Calvache² y Fabio R. Leiva³

Resumen: El barrenador gigante de la palma recientemente ha adquirido importancia económica en los Llanos Orientales colombianos. Para su control se utiliza el nematodo entomoparásito *S. carpocapsae*, usando una regadera de jardín. Este método se considera eficaz, pero el tiempo para la liberación en campo es considerable, elevando los costos de aplicación. Consecuentemente, se evaluaron cuatro técnicas de aplicación, usando los equipos Jacto Súper 600®, Maruyama MS256®, Royal Cándor® y la regadera de jardín, para establecer la mortalidad de *S. carpocapsae* en diferentes partes de estos equipos: tanque de mezcla (TM), salida de bomba (SB), antes de boquilla (AB) y después de ésta, y a la salida del equipo (SE). Se utilizó un diseño de parcelas divididas (parcela principal: equipos; subparcelas: sitios de muestreo). La menor mortalidad del nematodo ocurrió con la regadera (19%), seguida de las encontradas con los equipos Maruyama® (44%) y Royal Cándor® (58%). Por su parte, con el equipo Jacto® se produjo el mayor daño (68%). No obstante, las mayores variaciones al comparar la cantidad de *S. carpocapsae* por muestra dentro de TM con respecto a la concentración inicial se encontraron con Royal® y Maruyama®, en tanto que las menores variaciones ocurrieron con la regadera de jardín y Jacto®, indicando la eficiencia del sistema de agitación de este último y probablemente el efecto del tamaño pequeño del tanque de la regadera. Posteriormente, se evaluó la eficacia de dos sistemas de liberación en campo (suspensiones acuosas vs. larvas de insectos infectadas) para controlar *C. daedalus*, utilizando un diseño completo al azar con 10 repeticiones y 6 tratamientos (Testigo absoluto, Regadera de jardín, Jacto Súper 600®, Maruyama

Abstract: *Cyparissius daedalus* has become a pest in African palm (*Elaeis guinnesis* J.) plantations on Colombia's eastern plains. It is currently controlled by releasing *S. carpocapsae* using a garden watering-can. Although such approach is considered effective in terms of control, it involves lengthy field application and high costs. The effect of Jacto Super 600, Maruyama MS256 and Royal Cándor commercial spraying equipment on *Steinernema carpocapsae* nematode mortality was thus compared with using a garden watering-can, measuring nematode mortality in different parts of each type of equipment. A split-plot design was employed, the main plot being for the spraying equipment and the subplot for samples. The garden watering-can caused minimum damage to nematodes (19% mortality) followed by Maruyama (44%) and Royal Cándor (58%). Jacto equipment presented the highest nematode damage (68%) but high *S. carpocapsae* uniformity in the mixing tank indicating thorough mixing capability. The effectiveness of two field nematode release systems (infected insect larvae and water suspensions) for controlling *C. daedalus* in an African palm crop were assessed by using a completely randomised design, having 10 replications and 6 types of treatment (control treatment, garden watering-can, Jacto Super 600, Maruyama MS256, Royal Cándor and *S. carpocapsae* infected *G. mellonella* larvae). Statistically significant differences were found between treatments regarding the absolute control. Treatments which used sprayers did not reveal significant differences amongst them, which may suggest that the pathogenic ability of *S. carpo-*

Fecha de recepción: 25 de marzo de 2004.

Aceptado para publicación: 01 de diciembre de 2004.

1 Ingeniera Agrónoma, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

2 Investigador, Cenipalma, Bogotá.

3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: fileivab@unal.edu.co

MS256®, Royal Cónдор® y Larvas de *Galleria mellonella* infectadas con *S. carpocapsae*). El control de *C. daedalus* fue superior con los equipos de aspersión al compararlos con la liberación de larvas de *G. mellonella*. El estudio mostró que los equipos evaluados permiten reducir considerablemente el tiempo de aplicación por unidad de superficie y que la técnica de aplicación afecta la cantidad de *S. carpocapsae* vivos que alcanza la corona de la palma y por consiguiente su eficacia como bio-controlador. Esta investigación es una referencia básica para estudios que integren control biológico con técnicas de aplicación.

Palabras clave: Control biológico, manejo integrado de plagas, entomología, mecanización, cultivos de plantación.

capsae was not significantly affected by the equipment and that nematodes remained alive until reaching the palm crown. Nematode release using *G. mellonella* larvae presented the lowest *C. daedalus* control. The commercial sprayers assessed here showed increased field capacity when compared to the garden watering-can. Application method affected nematode mortality and, in turn, control effectiveness. This work forms the basis for further research looking at technology for applying entomopathogenic nematodes when used against pests.

Key words: Biological control, integrated pest management, entomology, mechanisation, plantation crops.

Introducción

EL BARRENADOR GIGANTE de la palma *Cyparissius daedalus* Cramer (Lepidóptera: Castniidae) fue considerado plaga secundaria en las plantaciones de palma del oriente del país; pero a partir de 1998 cobró importancia debido al incremento acelerado de su población y al daño que causa tanto en la calidad y extracción del aceite, como en la producción de los racimos y de las palmas en general (Calvache *et al.*, 2000). El insecto barrena las espigas y genera pudriciones, comprometiendo total o parcialmente el racimo de acuerdo con el estado de desarrollo; luego dirige su ataque hacia el interior del estúpite, dando como resultado palmas improductivas e incluso destruidas totalmente. Por lo anterior, se está utilizando como alternativa de manejo el nematodo entomoparásito *Steinernema carpocapsae*, dado que muestra un buen porcentaje de control en larvas, pupas y prepupas de *C. daedalus*, tanto en condiciones de laboratorio (70-90%) como en campo (50-60%) (Higuera, 2002).

Un limitante importante para el uso comercial de nematodos entomoparásitos es el método de liberación. Se ha reportado la utilización de jeringas dosificadoras para *S. feltiae* sobre larvas de *Tecia solanivora* en cultivos de papa, conservando la integridad del nematodo en dosis de aplicación homogénea, pero sólo es recomendable en parcelas experimentales (Corredor, 2002). Jasson y Scott (1994) encontraron alta eficiencia (65-80%) en el control del daño producido por *Cylas formicarius* en las raíces de la papa dulce, con dos métodos de liberación: suspensiones acuosas del nematodo y larvas de insecto

tos infectadas con éste. Así mismo, con una regadera de jardín y vaciando una suspensión de nematodos *S. carpocapsae* directamente sobre la corona de la palma, Higuera (2002) encontró buenos porcentajes de control (50-60%) sobre diferentes estados de *C. daedalus*. Este método, sin embargo, demanda alto uso de mano de obra y puede resultar costoso.

A pesar de su importancia, la evaluación de los métodos de aplicación de control biológico de plagas ha recibido poca atención (Gan-Mor y Matthews, 2003). En Colombia, estudios conjuntos entre Corpoica y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia confirman la importancia de estas evaluaciones (Garzón, 2004; Jiménez, 2002). La literatura sobre evaluación de técnicas de aplicación usando nematodos entomoparásitos es particularmente escasa (McCoy *et al.*, 2000; Lello *et al.*, 1996) y en nuestro medio resulta prácticamente desconocido el efecto de equipos convencionales para la aspersión de plaguicidas sobre la eficacia bio-controladora de los nematodos entomoparásitos.

El presente trabajo se propuso encontrar técnicas eficientes de aplicación de *S. carpocapsae* para el control de *C. daedalus*, de relativamente alto rendimiento ($\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$), fácil utilización y bajos costos. Las hipótesis de trabajo fueron: i) Las características de los equipos de aspersión afectan la población del nematodo entomoparásito; ii) Las técnicas de aplicación afectan de manera diferencial la eficacia del nematodo en el control del insecto plaga.

Materiales y métodos

El trabajo se hizo durante el primer semestre del año 2002 en una plantación comercial de palma en el municipio de San Martín (Meta), Llanos Orientales de Colombia.

Métodos

El trabajo se dividió en tres fases: i) Reactivación e incremento en la producción de nematodos; ii) Calibración y evaluación de los equipos; iii) Efectividad patogénica

(aplicación en campo). En la Tabla 1, se describen los equipos y materiales utilizados durante el estudio.

i. Reactivación e incremento en la producción de nematodos: se hicieron infecciones semanales de *S. carpocapsae* cepa DD136, sobre larvas de último instar de *G. mellonella*, utilizando cajas de petri con arena de río esterilizada. Cada caja contenía 10 larvas de *G. mellonella* y 1.500 nematodos. La efectividad del nematodo se evaluó con base en la cantidad de larvas muertas después de 48 horas de estar expuestas a éste.

Tabla 1. Equipos y materiales utilizados durante la evaluación de técnicas de aplicación del nematodo entomoparásito *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) para el control del barrenador gigante de la palma.

Equipos de aplicación	Características
Regadera convencional de jardín	Tanque plástico con capacidad para 3 l; caudal de 69,8 ml·seg ⁻¹ ; sin sistema de agitación.
Jacto Súper 600®	Nebulizadora neumática accionada por el toma de fuerza (TDF) del tractor; bomba centrífuga con descarga de 150 l·min ⁻¹ ; presión de trabajo 60 psi, tanque de 600 l, sistema de agitación mecánica.
Maruyama MS256®	Bomba de pistón accionada por motor a gasolina Robin NY 15®; tanque con capacidad para 200 l; presión de trabajo 30 psi; sistema de agitación hidráulica; lanza Capri RC-346E adaptada a un aguilón de 2,5 m de longitud; boquilla de cono hueco RC-350A151X.
Royal Cándor®	Fumigadora de espalda, con palanca; bomba hidráulica de pistón; presión de trabajo 19 psi; sin sistema de agitación; lanza Capri RC-346E adaptada a un aguilón de 2,5 m de longitud; boquilla de cono hueco ref. RC-350A151X.
Otros materiales y equipos	
Cepa DD-136 de <i>S. carpocapsae</i>	Pertenece al Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma), obtenida de la Universidad de Florida (California).
Cría de <i>G. mellonella</i> ; Registros de producción de nematodos y <i>G. mellonella</i> ; Dietas para cría de <i>G. mellonella</i>	Las larvas de último instar de <i>G. mellonella</i> son utilizadas para la reproducción del nematodo.
Tractor marca Fendt No.2 Turbo matic 75HP Escalera extensible, palines, machetes, cronómetro Estereoscopio, cajas de petri plásticas y de vidrio, tubos de ensayo, pipetas (0,5 y 10 ml), estufa y refrigerador, beakers	

ii. Calibración y evaluación de los equipos: para la evaluación de los equipos regadera convencional de jardín, Jacto®, Maruyama® y Royal Cándor®, se llenaron con agua corriente los tanques de mezcla según su capacidad y se estableció el tiempo promedio empleado por cada equipo para descargar 1 litro de agua (Tabla 2). Previamente, con los equipos Jacto® y Maruyama® se ajustaron las presiones de trabajo correspondientes.

El efecto directo del equipo sobre los nematodos se evaluó mediante un diseño de parcelas divididas (Parcelas principales: equipos de aspersión; Subparcelas: sitios de muestreo). La mortalidad natural del organismo, antes del tanque de mezcla se estable-

Tabla 2. Capacidad del tanque, presión de trabajo y tiempo promedio empleado por los equipos de aspersión para descargar 1 litro de suspensión acuosa de *S. carpocapsae*.

Equipo	Capacidad del tanque (l)	Presión de trabajo (psi)	Tiempo promedio (seg)
Regadera de jardín	3	-----	14,3 ± 0,01
Jacto Super 600®	600	30,0	5,9 ± 0,47
Maruyama MS256®	100	30,0	59,8 ± 2,49
Royal Cándor®	20	18,9	148,9 ± 3,54

ció tomando para cada equipo 50.000 nematodos y adicionándolos en un litro de agua destilada estéril (ADE). Esta misma concentración se utilizó en los

tanques de mezcla de los equipos con agua corriente. Probablemente el agua corriente utilizada no tuvo efecto letal significativo sobre los nematodos, tal y como se deduce de los resultados (presentados más adelante) al comparar la mortalidad de los nematodos en la muestra testigo con la del tanque de mezcla de la regadera de jardín.

Para determinar el efecto directo del equipo sobre los nematodos se hicieron dos evaluaciones en diferentes partes de los equipos. En la primera, se compararon las variables: cantidad de nematodos vivos (V), muertos sin daño físico aparente (MSDF) y muertos con daño físico (MCDF) en el tanque de mezcla (TM) y a salida de del equipo (SE); en la segunda, se compararon las mismas variables con los equipos Maruyama® y Royal Cándor® en TM, salida de bomba (SB), antes de boquilla (AB) y SE. Para el efecto, en cada sitio se tomaron 3 muestras de 50 cc cada una de la suspensión de nematodos (Tabla 3). Para el análisis estadístico, la variable V fue sometida a un análisis de covarianza, con el fin de eliminar el efecto de la covariable mortalidad natural (antes de TM). Por su parte, las variables MSDF y MCDF se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de promedios de Bonferroni, utilizando el programa SAS versión 8.0 (SAS, 2000). Esta prueba se usó puesto que permite encontrar diferencias entre pares de medias muy similares.

iii. Efectividad patogénica (aplicación en campo): Con los equipos evaluados en la fase anterior se hizo la aplicación en campo, utilizando 500.000 nematodos por palma ($\text{nem}\cdot\text{pal}^{-1}$) en suspensión acuosa, sobre 60 palmas adultas (edad 18 años) que presentaban síntomas característicos de ataque por *C. daedalus*. Simultáneamente se hizo la liberación de nematodos

Tabla 3. Sitios de muestreo para la determinación del porcentaje de mortalidad de *S. carpocapsae* con los equipos evaluados.

Equipos	Sitios de muestreo				
	Antes tanque de mezcla	Tanque de mezcla (TM)	Salida de bomba (SB)	Antes de boquilla (AB)	Salida del equipo (SE)
Regadera de Jardín	X	X	-	-	X
Jacto Súper 600®	X	X	-	-	X
Maruyama MS256®	X	X	X	X	X
Royal Cándor®	X	X	X	X	X

por medio de larvas de *G. mellonella* infectadas con *S. carpocapsae*. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 10 repeticiones y 6 tratamientos: Testigo absoluto ($0 \text{ nem}\cdot\text{pal}^{-1}$), Regadera de jardín (Testigo relativo), Jacto Súper 600®, Maruyama MS256®, Royal Cándor® y Larvas de *G. mellonella*. Las variables a evaluar fueron: total de larvas afectadas, total de pupas y prepupas afectadas y porcentaje de eficacia en el control de *C. daedalus*. La evaluación se hizo 14 días después de la liberación mediante muestreo destructivo de palmas, revisando las bases peciolares e inflorescencias presentes. Igualmente, se determinó el número de larvas sanas, enfermas o muertas discriminadas por tamaño, y el número de prepupas y pupas sanas y muertas encontradas en cada uno de los niveles de la palma (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros para la determinación del tamaño de larvas y ubicación de los diferentes estados de desarrollo de *C. daedalus* en la palma.

Tamaño	Ubicación
Pequeñas < 3 cm	Nivel 1: Hojas 17 - 25
Medianas 3 - 7 cm	Nivel 2: Hojas 25 - 33
Grandes > 7 cm	Nivel 3: Hojas 33 - 41

La infección de *G. mellonella* con *S. carpocapsae* se llevó a cabo en laboratorio, colocándolas dentro de bolsas de tul (dos larvas por bolsa). Posteriormente, en cada palma se pusieron 3 bolsas de tul, en la parte baja del pecíolo de las hojas, distribuyéndolas dentro de los niveles 1, 2 y 3 en la corona de la palma. La liberación se hizo ocho días después de la infección, en las horas de la tarde para evitar la desecación de las larvas antes de la emergencia de los nematodos. La evaluación de la eficacia en el control se hizo 14 días después de terminada la emergencia de los nematodos.

Para las variables Total de larvas afectadas y Total de pupas y prepupas afectadas se hizo un análisis de covarianza, siendo la covariable el total de larvas, prepupas y pupas encontradas en cada palma al momento de la evaluación. Los resultados se sometieron a pruebas de contrastes ortogonales para identificar las diferencias entre tratamientos. Para determinar el porcentaje de eficacia (mortalidad) se hizo un análisis de varianza y también pruebas de comparación de contrastes ortogonales.

Resultados y discusión

Reactivación e incremento en la producción de nematodos

La producción de *S. carpocapsae* obtenida durante los meses en que se desarrolló el trabajo mostró un aumento abrupto en los últimos meses (Figura 1) debido al incremento en el pie de cría del insecto huésped, luego de la adquisición de un nuevo apiario (colmenas de abejas en las cuales *Galleria mellonella* es plaga). El nematodo mostró una alta agresividad (>95%): de las 1.000 larvas de último instar de *G. mellonella* que fueron expuestas a la infección, 954 larvas fueron infectadas. La producción total alcanzada durante este periodo fue de 159.408.404 nematodos, dando un promedio por larva de 167.000 nematodos. Esto indica un rango de producción óptima de nematodos (Bustillo, 1976; Ortiz *et al.*, 1994; Higuera, 2002).

Calibración y evaluación de equipos

• Comparación equipos de aspersión vs sitios de muestreo: Tanque de mezcla (TM) y salida

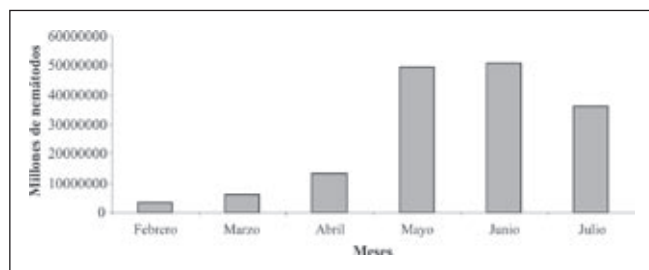


Figura 1. Producción de *Steinernema carpocapsae* bajo condiciones de laboratorio, durante el período de ensayo a 25° C y 70% H.R.

del equipo (SE): En la primera parte de la segunda fase, la única variable que presentó diferencias estadísticas significativas fue la cantidad de nematodos vivos (V). Según la prueba de comparación de Bonferroni, hubo diferencias altamente significativas entre los equipos Jacto® y Royal Cándor® con respecto a la regadera de jardín (Tabla 5), mostrando esta última los mejores resultados en cuanto a la supervivencia e integridad física de *S. carpocapsae* (Tabla 6).

Con el equipo Jacto®, V se redujo casi en 50% en TM con respecto a lo encontrado antes del tanque, y la mortalidad del entomoparásito se duplicó, indicando un posible efecto directo del sistema de agitación. Probablemente la mortalidad de *S. carpocapsae* aumentó por el choque que estos sufren al ser expulsados contra las paredes del tanque, debido a la fuerza centrífuga generada durante la agitación y por los golpes de las aspas del propio agitador. La cantidad de nematodos vivos continuó disminuyendo en SE, pero las mortalida-

Tabla 5. Prueba de comparación de promedios de Bonferroni ($p < 0.06$) para la variable de respuesta cantidad de *S. carpocapsae* vivos (supervivencia) en el ensayo de calibración y evaluación de equipos.

Comparaciones	G.L.	Valor t	Pr > t
Jacto vs Maruyama	7	-1.86	0.1046 ns
Jacto vs Regadera	7	-8.19	0.0001**
Jacto vs Royal	7	-0.43	0.6768 ns
Maruyama vs regadera	7	-2.07	0.0770 ns
Maruyama vs Royal	7	2.31	0.0545*
Royal vs Regadera	7	7.69	0.0001**

* Diferencias significativas ** Altamente significativas ns: no significativas.

Tabla 6. Promedio de nematodos encontrados por sitio de muestreo luego de la evaluación de los equipos de aspersión utilizados para la liberación de *S. carpocapsae*.

Variables	Sitios de muestreo								
	Antes de tanque de mezcla			Tanque de mezcla (TM)			Salida del equipo (SE)		
	V	MSDF	MCDF	V	MSDF	MCDF	V	MSDF	MCDF
Regadera	2144 ± 182,3 a	233,3 ± 84,8 ab	0 a	1823 ± 223,4 a	229,3 ± 84,6 a	1 ± 0,80 a	1741 ± 187,8 a	147,8 ± 143,8 a	1,7 ± 1,20 a
Jacto Super 600®	2302 ± 51,7 a	162,2 ± 61,2 b	0 a	1192 ± 59,4 b	405,0 ± 71,5 a	6,7 ± 6,23 a	750 ± 183,7 b	316,8 ± 42,4 a	10 ± 8,16 a
Maruyama MS256®	1446 ± 64,7 b	368,7 ± 30,2 a	0 a	744 ± 106,9 b	370,3 ± 145,2 a	12 ± 5,88 a	812 ± 10,46 b	297,6 ± 141,5 a	18 ± 3,55 a
Royal Cándor	1989 ± 183,7 a	228,7 ± 19,2 ab	0 a	727 ± 267,9 b	218,3 ± 218,3 a	10 ± 2,16 a	834 ± 229,47 b	368,4 ± 121,9 a	18,7 ± 9,17 a

V: Vivos. MSDF: Nematodos muertos sin daño físico. MCDF: Nematodos muertos con daño físico.

La comparación de promedios se hizo a nivel de columnas.

Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas, según prueba de Bonferroni, $\alpha = 0.06$.

des no aumentaron. Es posible que los nematodos que resultaron muertos en TM hayan sido destruidos totalmente dentro del equipo de aspersión en su recorrido desde el tanque hacia la corona de la palma, y las muertes registradas en SE hayan ocurrido en la última fase del recorrido por efecto del choque que sufre la mezcla al entrar en contacto con la corriente de aire o bien por pérdidas presentadas en el trayecto hasta alcanzar los niveles foliares.

Con respecto a lo observado antes de TM, los equipos Maruyama® y Royal® también presentaron una reducción de aproximadamente 50% en V, pero no se presentó un aumento significativo en las mortalidades del entomoparásito en TM. Este resultado podría mostrar una distribución heterogénea de *S. carpocapsae* dentro del volumen de agua debido a la escasa agitación observada con estos equipos.

La cantidad de *S. carpocapsae* por muestra encontrada dentro de TM de los equipos de aspersión, con respecto a la concentración inicial (2.500 nem·50 ml⁻¹), mostró las mayores variaciones con Royal® y Maruyama® (Figura 2). En contraste, la regadera de jardín y Jacto® alcanzaron una mayor homogeneidad de los nematodos dentro del volumen de agua. Estos resultados pueden indicar la eficiencia del sistema de agitación para el caso de Jacto®, mientras que en la regadera, el tamaño pequeño del tanque de mezcla pudo facilitar este comportamiento.

En términos generales, la regadera de jardín presentó los mejores resultados para la supervivencia de *S. carpocapsae* y homogenización de la mezcla. Por su parte, Jacto® mantuvo una mezcla homogénea, pero con daño considerable al nematodo. El equipo Maruyama® se destacó por generar bajo efecto nocivo sobre los nematodos, pero la agitación fue insuficiente para mantener

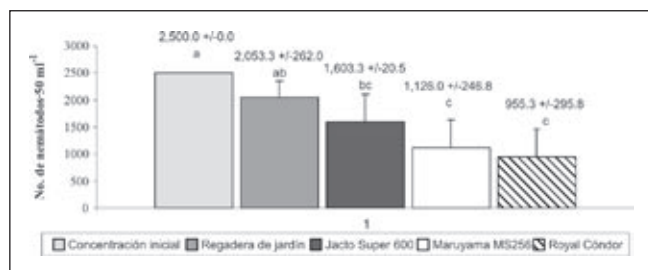


Figura 2. Concentración de *Steinernema carpocapsae* en el tanque de mezcla de los equipos de aspersión evaluados frente a la concentración inicial.

una mezcla homogénea. Una posible ayuda para la homogenización, sin afectar la integridad física de *S. carpocapsae*, es el uso de un coadyuvante como Tween 20 al 2% (Corredor, 2002).

• **Comparación entre Maruyama® y Royal Cóndor® en todos los sitios de muestreo:** En la segunda parte de la segunda fase, en la cual se compararon las variables V, MSDF y MCDF con los equipos Maruyama® y Royal Cóndor® en TM, SB, AB y SE, el análisis estadístico mostró que no existieron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas. Las mortalidades en TM en Maruyama® probablemente fueron provocadas por su sistema de agitación hidráulico, dado que para trabajar con el equipo a presiones reducidas, como en este caso a 30 psi, se requiere un retorno considerable, el cual pudo generar daños letales a *S. carpocapsae*; en el caso de Royal Cóndor®, la mortalidad pudo ser provocada durante la succión del líquido y el recorrido a través de la cámara de presión y la manguera de descarga.

Efectividad patogénica (aplicación en campo)

En esta tercera fase, el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($F = 44.27$; $gl=1$; $54 p<0.01$) para la variable total de larvas afectadas entre los tratamientos que contenían *S. carpocapsae* con relación al testigo absoluto (0 nem·pal⁻¹) y al tratamiento liberación de larvas de *G. mellonella*. Las comparaciones entre los demás tratamientos no fueron significativas (Tabla 7).

Se encontró una alta variabilidad en la cantidad de larvas por palma a pesar de que las plantas tomadas para la evaluación eran similares (Tabla 8), destacándose la presencia de diferentes instares larvales dentro de las palmas, con un alto número de larvas medianas afectadas por el nematodo. Sin embargo, debe tenerse

Tabla 7. Prueba de comparación de promedios mediante contrastes ortogonales ($p<0.05$) para la variable de respuesta total de larvas afectadas en el ensayo efectividad patogénica.

Comparaciones	Valor t	Pr > t
Testigo vs Resto	7.03	0.0001**
Regadera vs Resto	-0.01	0.9926 ns
Larvas <i>G. mellonella</i> vs Equipos	-3.66	0.0006**
Jacto vs Resto	1.11	0.2734 ns
Maruyama vs Royal	0.07	0.9443 ns

* Diferencias significativas ** Altamente significativas ns: no significativas.

Tabla 8. Población de larvas de *C. daedalus* encontradas 14 días después de la liberación de *S. carpocapsae* en campo utilizando diferentes técnicas de aplicación.

Tratamientos	Número de larvas sanas (por instar)				Número de larvas afectadas (por instar)			
	Pequeña	Mediana	Grande	Promedio	Pequeña	Mediana	Grande	Promedio
Testigo	35	28	13	7,6 ± 1,26 a	0	0	0	0,0 ± 0,00 a
Regadera de jardín	15	8	6	2,9 ± 0,63 a	10	21	1	3,2 ± 0,82 ab
Jacto Super 600®	23	39	8	7,0 ± 1,37 a	4	66	7	7,7 ± 1,71 b
Maruyama MS256®	27	50	20	9,7 ± 1,68 a	7	66	11	8,4 ± 1,98 b
Royal Cóndor®	14	6	9	2,9 ± 0,59 a	22	14	0	3,6 ± 0,77 ab
Larvas de <i>G. mellonella</i>	22	20	12	5,4 ± 0,06 a	14	8	0	2,2 ± 0,50 a

Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas, según prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$. La comparación de promedios se hizo a nivel de columnas.

en cuenta que una porción importante de las larvas pequeñas atacadas por el entomoparásito se degradan fácilmente o pueden ser devoradas por algún insecto depredador, dificultando su hallazgo (Higuera, 2002); así la cantidad de larvas de este tamaño afectadas pudo ser considerablemente mayor al reportado en el cuadro mencionado.

El total de pupas y prepupas afectadas mostró diferencias significativas ($F=5.72$; $gl=5$; $54 p<0.01$) entre la liberación hecha mediante la regadera de jardín y el resto de tratamientos (Tabla 9). El mayor porcentaje de control lo reportó la regadera de jardín (Tabla 10). Probablemente esto ocurre puesto que la regadera permite ubicar el nematodo estratégicamente cerca de los estados de pupa y prepupa en la corona de la palma, los cuales son estados inmóviles del insecto. Es posible que esta característica sea la responsable del menor control obtenido con los demás tratamientos, resultando un mayor número de pupas y prepupas no afectadas por *S. carpocapsae*, puesto que al no localizarse adecuadamente el entomoparásito se reduce la probabilidad de infección sobre el insecto.

Tabla 9. Prueba de comparación de promedios mediante contrastes ortogonales ($p<0.05$) para la variable de respuesta total de pupas y prepupas afectadas en el ensayo efectividad patogénica.

Comparaciones	Valor t	Pr > t
Testigo vs Resto	1.41	0.1631 ns
Regadera vs Resto	-2.13	0.0381*
Larvas <i>G. mellonella</i> vs Equipos	0.09	0.9249 ns
Jacto vs Resto	-0.26	0.7931 ns

* Diferencias significativas ** Altamente significativas ns: no significativas.

Tabla 10. Población de pupas y prepupas de *C. daedalus* encontradas 14 días después de la liberación de *S. carpocapsae* en campo, utilizando diferentes técnicas de aplicación.

Tratamiento	Número de pupas y prepupas			
	Sanas	Promedio	Afectadas	Promedio
Testigo				
Regadera de jardín	5	0,5+/-0,37 a	12	1,2+/-1,10 a
Jacto Súper 600®	11	1,1+/-0,76 a	9	0,9+/-0,46 a
Maruyama MS256®	9	0,9+/-0,53 a	7	0,7+/-0,56 a
Royal Cóndor®	5	0,5+/-0,46 a	3	0,3+/-0,40 a
Larvas <i>G. mellonella</i>	7	0,7+/-0,62 a	5	0,5+/-0,46 a

Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas, según prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$.

La variable de respuesta Porcentaje de mortalidad mostró diferencias altamente significativas ($F=22.51$; $gl=5$; $54 p<0.01$) entre los tratamientos que usaron nematodos con respecto al testigo absoluto y entre los equipos de aspersión y la liberación de larvas de *G. mellonella* infectadas con *S. carpocapsae*. La regadera de jardín y Royal® mostraron los mayores promedios de eficacia en el control de insecto (Figura 3). Jacto® y Maruyama® presentaron controles similares entre sí y ligeramente inferiores al reportado con la regadera. La liberación de larvas de *G. mellonella* infectadas con el nematodo alcanzó un porcentaje de control relativamente importante, pero mostró un comportamiento inferior al reportado con los equipos de aspersión y la regadera.

Con relación a la mortalidad de larvas de *C. daedalus* por efecto de *S. carpocapsae* en cada nivel foliar de la palma, no existieron diferencias significativas ($F=1.38$; $gl=4$; $10 p<0.01$) entre tratamientos. Sin embargo, con Jacto®

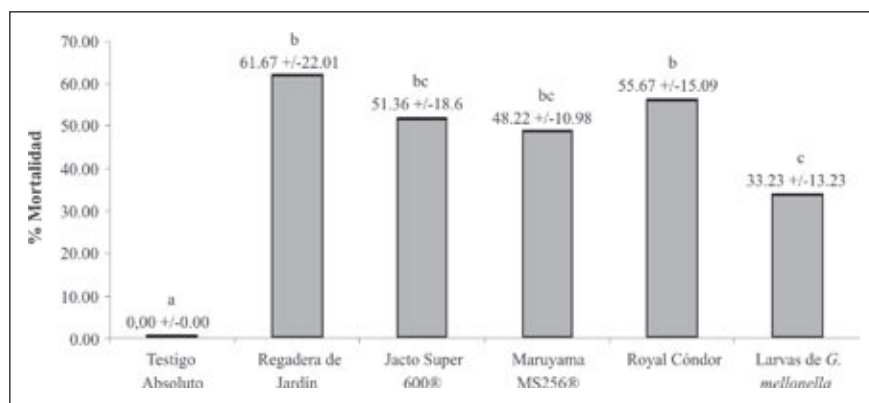


Figura 3. Eficacia de control expresada como mortalidad promedio (%) sobre las poblaciones de *C. daedalus*, 14 días después de la liberación en campo de *S. caropcapsae* utilizando diferentes sistemas de aplicación.

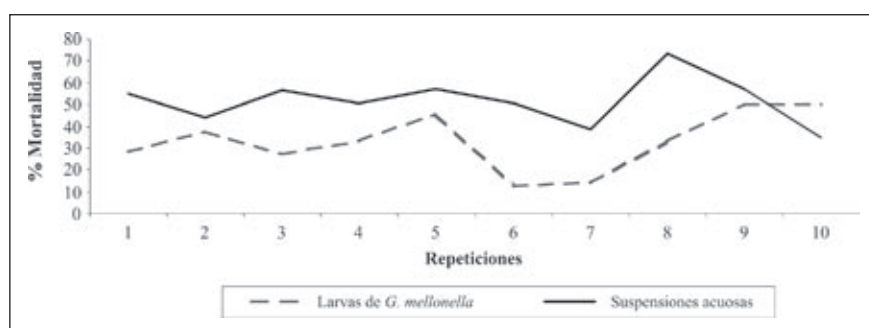


Figura 4. Eficacia de control sobre *C. daedalus* obtenida con dos sistemas de liberación en campo de *S. caropcapsae*.

y Maruyama® se obtuvo una mejor distribución de la mezcla de nematodos en los diferentes niveles foliares de la planta (Tabla 11). El efecto de la corriente de aire en el caso del primer equipo, y la combinación boquilla de cono – presión, en el caso del segundo, probablemente

favorecieron una mejor distribución de esa mezcla hacia el interior de las bases peciolares. La distribución que se logra con la regadera de jardín muestra un mayor control en los niveles dos y tres, puesto que la mezcla sale en forma de chorro permitiendo que escurra hacia niveles inferiores. Royal® presentó un comportamiento similar al encontrado con la regadera. La liberación con larvas de *G. mellonella* presentó el menor control en los diferentes niveles foliares; probablemente debido a que las larvas en la corona de la palma quedan muy expuestas a condiciones ambientales adversas reduciéndose la cantidad de juveniles infectivos de *S. caropcapsae*.

En general, la presente investigación mostró que la liberación de *S. caropcapsae* con suspensiones acuosas ejerció un mayor control sobre los diferentes estados de desarrollo de *C. daedalus*, que el encontrado con larvas infectadas de *G. mellonella* (Figura 4). Esto sugiere que con suspensiones acuosas se le brindan mejores condiciones al nematodo

Tabla 11. Población de larvas de *C. daedalus* distribuidas por niveles foliares, encontradas 14 días después de la liberación en campo de *S. caropcapsae* utilizando diferentes técnicas de aplicación.

Larvas	Nivel foliar 1		Nivel foliar 2		Nivel foliar 3		Promedio
	Sanas	Afectadas	Sanas	Afectadas	Sanas	Afectadas	
Tratamiento							
Testigo	0,8 +/- 1,03 a	0,0 +/- 0,00 a	2,8 +/- 2,48 ab	0,0 +/- 0,00 a	4,0 +/- 2,57 ab	0,0 +/- 0,00 a	7,6
Regadera de jardín	0,5 +/- 0,70 a	0,1 +/- 0,31 ac	0,9 +/- 0,99 ab	0,9 +/- 0,73 a	1,1 +/- 1,56 ab	2,6 +/- 1,22 abc	6,1
Jacto Súper 600®	1,0 +/- 1,56 a	1,3 +/- 1,70 c	2,7 +/- 2,66 ab	3,4 +/- 3,33 c	3,3 +/- 4,66 ab	3,0 +/- 2,78 bc	14,7
Maruyama MS256®	0,7 +/- 1,05 a	1,0 +/- 1,56 ac	4,5 +/- 3,80 a	3,0 +/- 1,63 bc	4,5 +/- 6,65 a	4,4 +/- 4,35 c	18,1
Royal Cóndor®	0,4 +/- 0,69 a	0,1 +/- 0,31 ac	1,0 +/- 0,81 b	1,4 +/- 0,51 abc	1,4 +/- 1,24 b	2,2 +/- 1,39 abc	6,2
Larvas de <i>G. mellonella</i>	0,7 +/- 1,88 a	0,0 +/- 0,00 a	2,2 +/- 1,75 b	1,0 +/- 1,05 ab	2,5 +/- 2,02 b	1,2 +/- 1,13 ab	7,6

La comparación de promedios se realizó a nivel de filas. Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas, según prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$.

moparásito, modificando la dosis de nematodos efectivamente aplicada por palma y por consiguiente su eficacia bio-controladora. De otro lado, se evidenció que los equipos de aspersión utilizados en el estudio proporcionaron un mejor rendimiento, en términos de tiempo por unidad de superficie, al encontrado con la forma convencional de liberación de los nematodos entomoparásitos (regadera de jardín) (Tabla 12). Se concluye, que las técnicas alternativas de aplicación evaluadas permiten hacer aplicaciones oportunas para el control sanitario de *C. daedalus*, con reducción de costos. De otro lado, se recomienda profundizar en estas investigaciones sobre técnicas de aplicación de nematodos, así como desarrollar mejores sistemas de agitación para el manejo de suspensiones acuosas de estos entomoparásitos.

Tabla 12. Rendimiento diario de aplicación del nemátodo *S. carpocapsae* en campo con los equipos de aspersión utilizados para el ensayo de efectividad patogénica.

Equipos	Rendimiento	
	(h·ha ⁻¹)	(ha·día ⁻¹)
Regadera	10	0,8
Royal Cóndor®	6	1,0
Maruyama MS256®	2,5	2,4
Jacto Super 600®	0,2	24

Bibliografía

Bustillo, A. 1976. Patogenicidad de nematodo *Neoplectana carpocapsae* en larvas, prepupas y pupas de *Oxydia trychiata*. Revista Colombiana de Entomología 2(4), 139-144.

Calvache, H.; P. Franco; J. Aladana y R. Aldana. 2000. Plagas de la palma de aceite en Colombia. Bogotá. 90 p.

Corredor, L. 2002. Procedimientos básicos para el control de *Tecia solanivora* con el nematodo entomoparásito *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) Cepa Colombia. Traba-

jo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 108 p.

Gan-Mor, S. y G. A. Matthews. 2003. Recent developments in sprayers for application of biopesticides: an overview. Biosystems Engineering 84(2), 119-125.

Garzón, I. 2004. Evaluación de un bioplaguicida a base en *Lecanicillium lecanii* aplicado con un equipo neumático para el control de *Trialeurodes vaporariorum*. Trabajo de grado, Facultad Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Higuera, O. 2002. Evaluación de *S. carpocapsae* como controlador microbiano de *C. daedalus* en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el municipio de San Martín (Meta). Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 84 p.

Jasson, R. y L. Scott. 1994. Application methods for entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae): aqueous suspensions versus infected cadavers. Florida Entomologist Online 77(2), 281-284.

Jiménez, G. L. 2002. Evaluación de técnicas de aplicación de un bioplaguicida a base de *Verticillium lecanii*, para el control de la mosca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en un cultivo de habichuela. Trabajo de grado, Facultad Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 72.

Lello, E. R.; M. N. Patel; G. A. Matthews y D. J. Wright. 1996. Application technology for entomopathogenic nematodes against foliar pests. Crop Protection 15 (6), 567-574.

McCoy, C. W.; D. I. Shapiro; L. W. Duncan y K. Nguyen. 2000. Entomopathogenic nematodes and other natural enemies as mortality factors for larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Biological Control 19, 182-190.

Ortiz, L.; H. Calvache y E. Luque. 1994. Control microbiano de *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipterigidae) con el nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en Tumaco (Nar.). Revista Palmas 15(1), 29-37.

SAS. 2000. The SAS System. Institute Inc. in the USA and other countries for Windows® Release 8.0 (TS2MO).