

**Evaluación de los nematodos
entomopatógenos *Heterorhabditis
bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para
el control del picudo del camote *Cylas
formicarius* (Fabricius)**

**Kristian Andrea Pineda Castillo
Renata Rusconi Trigueros**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de los nematodos
entomopatógenos *Heterorhabditis
bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para
el control del picudo del camote *Cylas
formicarius* (Fabricius)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Kristian Andrea Pineda Castillo
Renata Rusconi Trigueros**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Evaluación de los nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para el control del picudo del camote *Cylas formicarius* (Fabricius)

**Kristian Andrea Pineda Castillo
Renata Rusconi Trigueros**

Resumen. Los nematodos entomopatógenos son agentes de control biológico de plagas. La necesidad de un manejo integrado de plagas en el cultivo de camote para el control del picudo *Cylas formicarius*, sin dejar residuos ni provocar resistencia de este a los insecticidas, da el origen al control biológico. Se establecieron dos ensayos en la Escuela Panamericana, Honduras. Se evaluó la efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* utilizando 200 y 400 millones por hectárea en ambas especies. Se evaluó la mortalidad de picudos adultos y larvas en campo. Hubo cinco bloques completos al azar y una separación de medias con prueba Duncan ($P \leq 0.05$). Ambas especies de nematodos fueron igualmente efectivas. Se determinó la concentración letal (Cl) 50 y 99%; y tiempo letal (Tl) 50 y 99% en pupas y picudos adultos en el laboratorio utilizando análisis Probit. Para el control de *Cylas formicarius* adulto con *Steinernema carpocapsae* en 5 días se determinó un Cl₅₀ y un Cl₉₉ de 394 y 520 nematodos/insecto, respectivamente y el Tl₅₀ y Tl₉₉ de 0.46 y 4.28 días, respectivamente, a una concentración de 5,000 nematodos/insecto. Utilizando *Heterorhabditis bacteriophora* se determinó un Cl₅₀ y un Cl₉₉ de 414 y 3057 nematodos/insecto, respectivamente y el Tl₅₀ y Tl₉₉ de 2.62 y 13 días, respectivamente, a una concentración de 5,000 nematodos/insecto.

Palabras clave: Control biológico, Cl₅₀, Cl₉₉, Tl₅₀, Tl₉₉.

Abstract. The entomopathogenic nematodes are agents of biological control of pests. The need for integrated pest management for the sweetpotato crop to control weevil *Cylas formicarius*, without leaving residue or provoking resistance to pesticides, gives origin to biologic control. Two essays were established at the Panamerican School, Honduras. The effectiveness of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* was evaluated using 200 and 400 million per hectare in both species. The mortality of adult weevils and larvae in the field was evaluated. There were five randomized complete blocks and a mean split with Duncan test ($P \leq 0.05$). Both species of nematodes were equally effective. The lethal concentration (Cl) 50 and 99% was determined; and lethal time (Tl) 50 and 99% in pupae and adult weevils in the laboratory using Probit analysis. For control of adult *C. formicarius* with *Steinernema carpocapsae* in 5 days, a Cl₅₀ and a Cl₉₉ of 394 and 520 nematodes / insect, respectively, and the Tl₅₀ and Tl₉₉ of 0.46 and 4.28 days, respectively, were determined at a concentration of 5,000 nematodes/insect. Using *Heterorhabditis bacteriophora*, a Cl₅₀ and a Cl₉₉ of 414 and 3057 nematodes/insect, respectively, and the Tl₅₀ and Tl₉₉ of 2.62 and 13 days, respectively, were determined at a concentration of 5,000 nematodes /insect.

Key words: Biological control, Cl₅₀, Cl₉₉, Cl₉₉, Tl₅₀, Tl₉₉.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA.....	14
7. ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Especie de nematodo y concentración aplicada por hectárea.....	4
2. Especie y concentración de nematodos utilizada para determinar la CI ₅₀ , CI ₉₉ , TI ₅₀ , y TI ₉₉ para control de pupas y adultos de <i>Cylas formicarius</i>	6
3. Evaluación del comportamiento de <i>Cylas formicarius</i> adultos al ser expuestos a los nematodos <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> . Promedio de picudos adultos encontrados 7 días después de cada aplicación.....	8
4. Evaluación del comportamiento de pupas de <i>Cylas formicarius</i> al ser expuestas a los nematodos <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> . Promedio de pupas encontrados en el cultivo de camote 7 días después de cada aplicación.....	9
5. Concentraciones letales de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> para causar mortalidad de <i>Cylas formicarius</i> adulto.....	9
6. Concentraciones letales calculadas en el análisis Probit de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> para causar mortalidad de pupas de <i>Cylas formicarius</i>	10
7. Tiempos letales para causar mortalidad de <i>Cylas formicarius</i> adulto por <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> a una concentración de 5,000 nematodos/insecto.	10
8. Tiempos letales para causar mortalidad de pupas de <i>Cylas formicarius</i> por <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> y <i>Steinernema carpocapsae</i> a una concentración de 5,000 nematodos/insecto.	11
Anexos	Página
1. Tendencia del comportamiento comparativo entre concentraciones de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> evaluadas en picudo adulto durante 13 días.....	16
2. Tendencia del comportamiento comparativo entre concentraciones de <i>Steinernema carpocapsae</i> evaluadas en picudo adulto durante 5 días.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas L.*) es un cultivo que pertenece a la familia de las Convolvulaceae. A pesar de su similitud con la papa (*Solanum tuberosum*), no están emparentados ya que el camote es una raíz reservante. El camote constituye el octavo cultivo de importancia alimenticia después del trigo, arroz, papa, tomate, maíz, yuca y bananas (IPC 2017). Se siembra en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo por su fácil propagación y pocos requerimientos de insumos, agua, fertilizantes y a su habilidad de crecer bajo altas temperaturas (SAGARPA 2015). En Honduras, la producción de camote se extenderá en 800 ha para la exportación al mercado de Estados Unidos de América y Europa en la temporada 2016-2017. Honduras percibe aproximadamente 45 millones de dólares al año debido a las exportaciones de camote (Salgado 2016).

El camote es hospedero de varios insectos que se alimentan de diferentes partes de la planta, por ejemplo, perforan las raíces o se alimentan del tallo de la planta. Uno de los insectos considerados como una gran amenaza para este cultivo es el picudo del camote *Cylas formicarius*. El picudo del camote es un insecto holometábolo, las larvas son las que causan mayor daño a la planta, ya que se alimenta de las raíces tuberosas y forman galerías que hacen que el tubérculo pierda calidad. Los adultos se alimentan del follaje y no directamente del tubérculo y se encargan de colocar los huevos (Alcázar Sedano y Vera Cisneros 2001).

El ciclo de vida de *Cylas formicarius* es de aproximadamente 35 y 40 días por lo cual se pueden tener de 5 a 8 generaciones por año. Los adultos pueden vivir hasta 110 días, las hembras depositan los huevos color crema, dentro de los tubérculos, raíces y tallos, al finalizar ellas cubren con sus heces los huevos. Un picudo hembra puede poner hasta 250 huevecillos en su vida, los picudos adultos suelen aparearse y ovopositar durante la noche. Los huevos eclosionan entre 5-14 días, las larvas recién eclosionadas se alimentan de la superficie del tubérculo para luego perforarlo (SENASA 2016).

Dentro de las prácticas culturales para el control del picudo se usa la selección de semilla sana y su desinfección y se eliminan los rastrojos del cultivo anterior. Además, se utilizan plantas que provienen de cultivo de tejidos, rotación de cultivos, variedades resistentes, cosecha temprana, y el uso de control químico (Fuentes y Chujoy 2009). Se utilizan trampas de feromonas para picudo adulto que atraen a las hembras, se colocan 16 trampas por hectárea instaladas aproximadamente un mes después de la siembra (Maza et al. 2000).

En Honduras son tres los productos químicos utilizados en el manejo de camote. Fipronil se aplica 15 días después de establecido el cultivo para controlar gusano alambre, gallina ciega, tijerillas, larvas del follaje y picudo del camote. A los 30 a 45 días después se aplica Imidacloprid y de los días 60 a 80 se aplica bifentrina, se pueden aplicar por medio del riego o con bombas de mochila directamente al suelo. Al momento de exportar los productores se enfrentan con problemas como residuos de plaguicidas y es por eso que ellos buscan otras alternativas.

El control biológico se ha vuelto una alternativa viable para el control del picudo del camote. Existe un hongo entomopatógeno que infecta al picudo del camote llamado *Beauveria bassiana* el cual se aplica como pulverización foliar en combinación con trampas de feromonas o inyectado al suelo a través del riego por goteo (Mukhopadhyay et al. 2011).

Los nematodos entomopatógenos usados para el control de *Cylas formicarius*, se han convertido en una alternativa para el control de picudo. Los nematodos son gusanos redondos de cuerpo suave que son parásitos obligados, aunque pueden ser facultativos de insectos, se encuentran naturalmente en el suelo y localizan a su hospedero por emisiones de dióxido de carbono, vibraciones y otras señales químicas (Tofangsazi et al. 2015). El éxito de la utilización de nematodos en control biológico se debe a las características benéficas que estos poseen como ser virulencia, potencial reproductivo y tolerancia al medio ambiente. Los nematodos pueden desplazarse por el agua en el suelo y son bastante móviles. El estadio infectivo juvenil es el que ingresa a los insectos, mide alrededor de 500 y 800 micrones y están asociados con una bacteria simbiótica especie-específica (Fimbres Cubillas y Flores-Lara 2016). Dentro de las familias de nematodos más utilizados están Heterorhabditidae y Steinernematidae (Shapiro-Ilan et al. 2012). En las cuales se encuentran los géneros *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae*.

Heterorhabditis bacteriophora es hospedero de la bacteria *Photorhabdus luminescens* la que posee una relación de simbiosis y es necesaria para el nematodo pueda alimentarse y reproducirse (Anderson y Hodkin 2007). En su ciclo de vida la primera generación son hembras hermafroditas y la segunda generación se da por reproducción sexual, es decir, existen hembras y machos, los juveniles pasan por cuatro estadios hasta convertirse en adultos. *Steinernema carpocapsae* presenta una relación simbiótica con la bacteria *Xenorhabdus nematophila*. El estadio infectivo juvenil es el que infecta al insecto, este se alimenta y evoluciona al cuarto estadio y se convierten en adultos y copulan. Las hembras producen huevecillos que eclosionan, para dar lugar a la segunda generación de adultos (Fimbres Cubillas y Flores-Lara 2016). *Steinernema carpocapsae* y *Heterorhabditis bacteriophora* localizan a su presa de forma activa y responde a ciertos impulsos físicos y químicos producidos por el insecto como emisiones de CO₂ y vibraciones (García del Pino 1994).

El objetivo del estudio fue determinar la efectividad de los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* en el control de larvas y adultos de *Cylas formicarius* en campo y determinar la concentración y tiempo letal 50 y 99% de ambas especies de nematodos para el estado de pupas y adultos.

2. METODOLOGÍA

Determinación de la efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para el control de *Cylas formicarius* en el campo.

Ubicación. El ensayo se realizó en los meses de mayo a julio de 2017 en la parcela número 1 de la estación experimental de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Honduras. La precipitación promedio durante los meses que se realizó el ensayo fue de 765 mm. La estación experimental está ubicada a 800 msnm y la temperatura promedio en esos mismos meses fue de 23.5°C.

Cuadro 1. Especie de nematodo y concentración aplicada por hectárea.

Especie de nematodo	Concentración nematodos en millones/ha
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	200
	400
<i>Steinernema carpocapsae</i>	200
	400
Testigo	0

Establecimiento del experimento. El cultivo de camote se sembró en parcela número 1, en el mes de marzo a una densidad de 17500 plantas por hectárea. Cada unidad experimental consistió de 7.5 m² con 5 m de largo × 1.5 m de ancho el cual contenía 25 plantas. Se muestreo antes de las aplicaciones de nematodos. En el ensayo se evaluaron cinco tratamientos: *Heterorhabditis bacteriophora* a 200 y 400 millones de nematodos por hectárea, *Steinernema carpocapsae* a 200 y 400 millones de nematodos por hectárea, y un testigo absoluto con agua (Cuadro 1). Hubo cuatro repeticiones de cada tratamiento.

Tratamientos y aplicaciones. Los tratamientos se aplicaron cada 3 semanas durante 9 semanas. Los nematodos se aplicaron usando una bomba de mochila marca Jacto PJH-20 con una boquilla de cono hueco con una descarga de 1.3 l/min.

Muestreo. Se muestreó previamente a la aplicación y 7 días después de cada aplicación. Se muestrearon tres plantas por unidad experimental para evaluar la incidencia de *Cylas formicarius*. Para evaluar la población adulta del picudo, se inspeccionaron los tallos, el envés de las hojas, y el suelo alrededor de las plantas, se utilizaron los tubérculos para evaluar la incidencia de larvas. Tres tubérculos fueron extraídos de plantas diferentes en cada unidad experimental, utilizando una pala. Una vez extraídos los tubérculos fueron lavados y fraccionados cuidadosamente para la extracción de larvas y pupas. El muestreo permitió evaluar la densidad poblacional de picudos adultos y larvas de cada tratamiento. Debido a que en cada muestreo los camotes fueron fraccionados se utilizaron diferentes tubérculos en cada evaluación.

Diseño experimental. Los tratamientos fueron distribuidos en el campo siguiendo un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cinco repeticiones. Cada parcela experimental constó de 7.5 m². La parcela útil estuvo conformada por cinco hileras centrales dejando hileras laterales como bordes y 5 m de largo en cada uno de los otros bordes. Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando un GLM y una separación de medias utilizando Duncan ($P < 0.05$) utilizando el programa SAS[®] versión 9.4.

Determinación de la concentración letal 50 y 99% y tiempo letal 50 y 99% para pupas y adultos de *Cylas formicarius* en laboratorio.

Ubicación. El estudio se realizó en el laboratorio de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana bajo condiciones controladas. Se evaluaron cinco concentraciones *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* (Cuadro 2). El ensayo consistió en determinar la Cl_{50} , Cl_{99} , Tl_{50} , y Tl_{99} para picudos adultos y pupas recolectadas en la parcela de camote una vez finalizado el primer ensayo.

Cuadro 2. Especie y concentración de nematodos utilizada para determinar la CI_{50} , CI_{99} , TI_{50} , y TI_{99} para control de pupas y adultos de *Cylas formicarius*.

Especie de nematodo	Concentración (nematodos/insecto)
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	500
	889
	1581
	2811
	5000
<i>Steinernema carpocapsae</i>	500
	889
	1581
	2811
	5000
Testigo	0

Establecimiento del experimento.

Recolección y desinfección. Se recolectaron 480 picudos adultos de la parcela experimental ubicada en el lote #1 de la estación experimental de control biológico. Los adultos se desinfectaron en una solución de cloro al 0.1% por 30 segundos y luego se sumergieron en agua estéril para eliminar residuos de cloro. Las 480 pupas fueron extraídas seccionando tubérculos previamente desinfectados.

Preparación de platos Petri. Se prepararon 96 platos Petri de 92 mm de diámetro por 16 mm de alto que contenían una base de yeso sólido y se colocó una pieza de papel filtro sobre él. A los platos Petri que contenían picudos adultos se les agregó dos esquejes de camote y luego fueron rotulados con cada tratamiento y repetición.

Tratamientos. Las concentraciones utilizadas para ambas especies de nematodos entomopatógenos y ambos estadios del picudo fueron: 0, 500, 889, 1581, 2811 y 5000 nematodo/insecto. Se hicieron cuatro repeticiones por tratamiento. Para el cálculo de los nematodos a aplicar se preparó una solución madre la cual se diluyó para obtener las concentraciones deseadas. Los nematodos se extrajeron de la producción *in vivo* del laboratorio de control biológico. Se inoculó cada plato Petri con 3 ml de solución de cada concentración y se colocaron 10 picudos adultos o 10 pupas en cada plato Petri. Se taparon y sellaron con papel de parafina y se incubaron a 25°C.

Variables medidas. La unidad experimental consistió de 10 pupas o adultos de picudo por plato Petri. Se evaluó el número de pupas y adultos muertos por la infección de nematodos. La mortalidad de pupas y adultos de picudo se evaluó a las 24 horas de ser expuestos a los nematodos, durante 13 días para adultos infectados con *Heterorhabditis bacteriophora*, 5 días para adultos infectados con *Steinernema carpocapsae* y 3 días para pupas infectadas con *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae*.

Diseño experimental. Los datos fueron distribuidos con un diseño completamente al azar (DCA), para seis concentraciones con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de 10 insectos (pupas o adultos). Para calcular el tiempo letal (TI) y concentración letal (CI) se utilizó el modelo de regresión Proc Probit en el programa SAS 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para el control de *Cylas formicarius* en campo.

En el porcentaje de picudos vivos encontrados en el muestreo realizado antes de la aplicación (AA) no se encontró diferencia significativa en el promedio de picudos adultos por tratamiento, 7 días después de la primera aplicación se observa que la población de adultos en el tratamiento *Heterorhabditis bacteriophora* 400 millones presentó la menor reducción significativamente ($P \leq 0.05$) comparada con *Steinernema carpocapsae* a 200 y 400 millones. Los tratamientos no presentaron diferencia significativa entre sí, pero sí presentaron menor población de picudos adultos que el testigo (Cuadro 3), lo que concuerda con Chicas Nolasco y Mojica Espinoza (2016) quienes determinaron que *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* tienen la misma efectividad en el control de adultos de *Cosmopolites sordidus*.

Cuadro 3. Evaluación del comportamiento de *Cylas formicarius* adultos al ser expuestos a los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae*. Promedio de picudos adultos encontrados 7 días después de cada aplicación.

Tratamiento	Aplicación			
	AA	1	2	3
<i>H. bacteriophora</i> 200 millones	4.0	1.5ab [¥]	1.5bc	3.5b
<i>H. bacteriophora</i> 400 millones	5.0	2.0a	2.3b	1.8b
<i>S. carpocapsae</i> 200 millones	2.3	0.5b	0.8bc	1.3b
<i>S. carpocapsae</i> 400 millones	3.8	0.5b	0.3c	2.0b
Testigo	3.3	3.5a	6.5a	7.5a
Probabilidad	0.503	0.016	0.004	0.018
R ²	0.350	0.700	0.770	0.690
C.V.	39.410	42.800	50.360	34.150

¥ = Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) con prueba Duncan.

AA: Antes de la aplicación.

Los porcentajes de pupas vivas encontrados en el testigo antes de la aplicación de nematodos muestran ser diferentes solamente de *Heterorhabditis bacteriophora*

200 millones, mientras que 7 días después de la tercera aplicación se encontró diferencia significativa de todos los tratamientos con respecto al testigo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Evaluación del comportamiento de pupas de *Cylas formicarius* al ser expuestas a los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae*. Promedio de pupas encontrados en el cultivo de camote 7 días después de cada aplicación.

Tratamiento	AA	Aplicación		
		1	2	3
<i>H. bacteriophora</i> 200 millones	2.2b [¥]	2.6bc	2.2b	1.6b
<i>H. bacteriophora</i> 400 millones	4.2ab	3.2b	2.0b	1.6b
<i>S. carpocapsae</i> 200 millones	3.0ab	1.6c	1.2b	1.8b
<i>S. carpocapsae</i> 400 millones	3.2ab	3.0bc	2.8b	1.4b
Testigo	4.8a	5.8a	5.8a	5.4a
Probabilidad	0.074	0.005	0.219	0.085
R ²	0.530	0.690	0.430	0.520
C.V.	25.260	24.640	48.660	49.590

¥ = Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) con prueba Duncan.

AA: Antes de la aplicación.

Se determinó que la concentración de *Heterorhabditis bacteriophora* (Cuadro 5) que ocasionó el 99% de mortalidad de *Cylas formicarius* adulto fue de 3057 y la concentración de *Steinernema carpocapsae* que ocasionó el 99% de mortalidad de *Cylas formicarius* adulto fue de 520, 7.4 veces menor que *Heterorhabditis bacteriophora*.

Cuadro 5. Concentraciones letales de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para causar mortalidad de *Cylas formicarius* adulto.

Nematodo entomopatógeno	n	Pendiente	Cl ₅₀ Nematodos/insecto	Cl ₉₉ Nematodo/insecto
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (13 días)	240	0.001	414	3057
<i>Steinernema carpocapsae</i> (5 días)	240	0.001	394	520

n: población de picudo.

La concentración de *Heterorhabditis bacteriophora* que ocasionó el 50% de mortalidad de pupas de *Cylas formicarius* es de 17 y la concentración de *Steinernema carpocapsae* que ocasionó el 50% de mortalidad de pupas de *Cylas formicarius* es de 48, 2.8 veces más que *Heterorhabditis bacteriophora* (Cuadro 6). Los resultados concuerdan con Durón Alvarado (2016) quien probó *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para control

de *Hypothenemus hampei* e indicó que las CI₅₀ y CI₉₉ de *Steinernema carpocapsae* son más bajas que las de *Heterorhabditis bacteriophora*.

Cuadro 6. Concentraciones letales calculadas en el análisis Probit de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para causar mortalidad de pupas de *Cylas formicarius*.

Nematodo entomopatígeno	n	Pendiente	CI₅₀ Nematodos/insecto	CI₉₉ Nematodo/insecto
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (13 días)	240	0.0010	17	175
<i>Steinernema carpocapsae</i> (5 días)	240	0.0008	48	196

n: población de picudo.

Los tiempos letales 50 y 99 (TI₅₀ y TI₉₉) para el control de *Cylas formicarius* adulto con *Heterorhabditis bacteriophora* indican que se necesitan 2.62 días para causar el 50% de mortalidad de la población y 13 días para causar el 99% de mortalidad de la población, mientras que con *Steinernema carpocapsae* se necesitan 0.46 días para causar el 50% de mortalidad de la población y 4.28 días para causar el 99% de mortalidad de la población (Cuadro 7). Los resultados no concuerdan con Durón Alvarado (2016) quien probó *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* para control de *Hypothenemus hampei* e indicó que los TI₅₀ y TI₉₉ de *Steinernema carpocapsae* son más altos que los de *Heterorhabditis bacteriophora*.

Cuadro 7. Tiempos letales para causar mortalidad de *Cylas formicarius* adulto por *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* a una concentración de 5,000 nematodos/insecto.

Nematodo entomopatígeno	n	Pendiente	TI₅₀ (días)	TI₉₉ (días)
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	240	0.534	2.62	13.00
<i>Steinernema carpocapsae</i>	240	0.925	0.46	4.28

n: población de picudo.

Para el control de pupas de *Cylas formicarius* con *Heterorhabditis bacteriophora* se necesitan 0.73 días para causar el 50% de mortalidad de la población y 1.14 días para causar el 99% de mortalidad de la población, mientras que con *Steinernema carpocapsae* se

necesitan 0.62 días para causar el 50% de mortalidad de la población y 1.06 días para causar el 99% de mortalidad de la población (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tiempos letales para causar mortalidad de pupas de *Cylas formicarius* por *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* a una concentración de 5,000 nematodos/insecto.

Nematodo entomopatógeno	n	Pendiente	T₅₀ (días)	T₉₉ (días)
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	240	0.125	0.7387	1.140
<i>Steinernema carpocapsae</i>	240	0.335	0.6284	1.069

n: población de picudo.

4. CONCLUSIONES

- Los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* aplicados en concentraciones de 200 y 400 millones fueron igualmente efectivas para el control de larvas y adultos de *Cylas formicarius* en el campo.
- Se determinó que en la aplicación de nematodos entomopatógenos en laboratorio para el control de *Cylas formicarius* adulto, *Steinernema carpocapsae* obtuvo una mayor efectividad en la concentración y tiempo letal al compararlo con *Heterorhabditis bacteriophora*.
- Se determinó que en la aplicación de nematodos entomopatógenos en laboratorio para el control de pupas de *Cylas formicarius*, *Heterorhabditis bacteriophora* obtuvo una mayor efectividad en concentración letal, sin embargo, *Steinernema carpocapsae* obtuvo una mayor efectividad en tiempo letal.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de volúmenes de agua diferentes de aplicación.
- Evaluar las concentraciones de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* de 500, 889, 1581, 2811 y 5000 nematodos/insecto en el campo.
- Establecer una crianza de larvas de *Cylas formicarius* para obtener las suficientes para evaluar un ensayo parecido en el laboratorio.

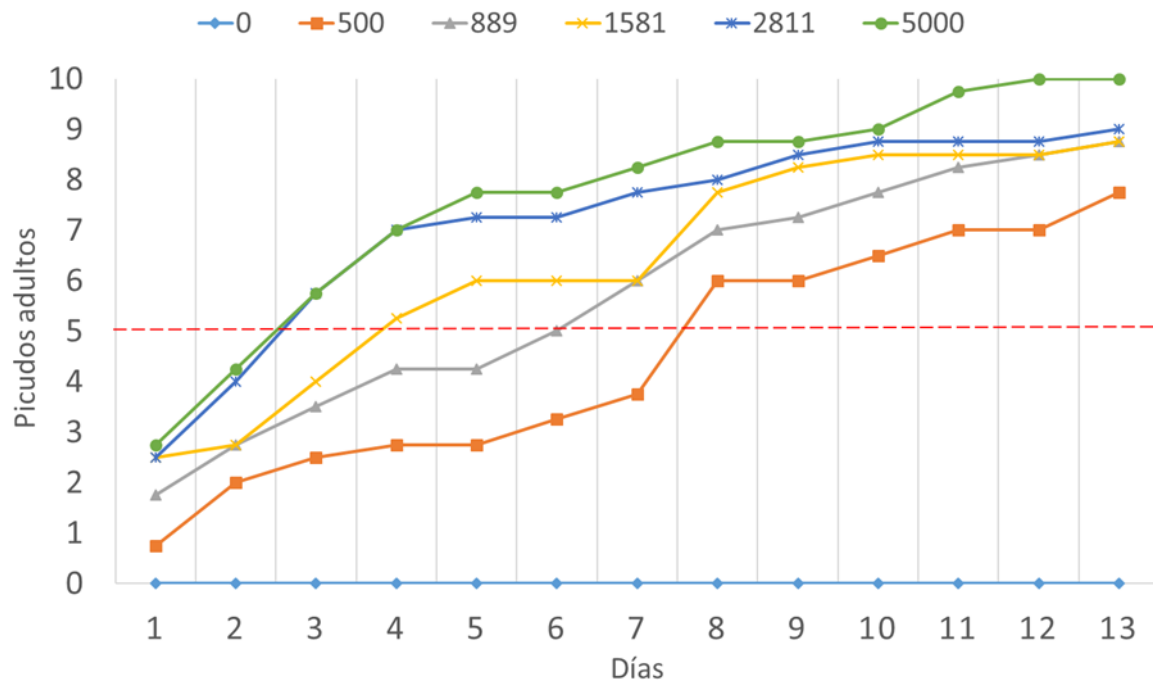
6. LITERATURA CITADA

- Alcazar Sedano J, Vera Cisneros F. 2001. Manejo integrado del gorgojo del camote o tetuán del boniato *Cylas formicarius* (Fab.) en Cuba. Lima (Perú): Centro Internacional de la Papa (CIP); [consultado 2017 ago 08]. 138 p. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/10/002479.pdf>
- Anderson P, Hodkin J. 2007. Wormbook: The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. The *Cylas elegans* research community; [consultado 2017 ago 07]. DOI/10.1895/wormbook.1.135.1
- Chicas Nolasco AA, Mojica Espinoza KR. 2016. Evaluación de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* mediante dos métodos para el control de *Cosmopolites sordidus* (German) en plátano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 14 p.
- Durón Alvarado MY. 2016. Estimación de la concentración y tiempo letal de los nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae* para el control de broca de café (*Hypothenemus hampei*) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 17 p.
- Fimbres Cubillas G, Flores-Lara Y. 2016. Potencialidad y retos del uso de nematodos entomopatógenos para el control biológico de plagas. I: Control biológico mediante una asociación simbiótica NEP-Bacteria. Universidad de Sonora (México): editorial unison-urn; [consultado 2017 sept 14]. https://www.researchgate.net/publication/303549085_Potencialidad_y_Retos_del_Uso_de_Nematodos_Entomopatogenos_para_el_Control_Biologico_de_Plagas_I_Control_biologico_mediante_una_asociacion_simbiotica_NEP-Bacteria_The_Potential_and_Challenges_of_the_U
- Fuentes S, Chujoy E. 2009. Chapter 18. Sweetpotato in South America. International Potato Center (CIP); [consultado 2017 sept 14]. DOI 10.1007/978-1-4020-9475-0_18
- García del Pino F. 1994. Los nematodos entomopatógenos (Rhabditida: Steinernematidae y Heterorhabditidae) presentes en Cataluña y su utilización para el control biológico de Insectos. Universidad Autónoma de Barcelona (España); [consultado 2017 ago 08]. www.tdx.cat/bitstream/10803/3686/1/fgp1de8.pdf
- IPC (Potato International Center). 2017. Datos y cifras del camote. Agricultural research for development. Lima (Perú): CGIAR Research Center; [consultado 2017 ago 07]. <https://cipotato.org/es/programas-de-investigacion/camote/datosycifrasdelcamote/>

- Maza N, Morales A, Ortiz O, Winters P, Alcázar J, Scott G. 2000. Impacto del manejo integrado del tetuán del boniato (*Cylas formicarius*) en Cuba. Instituto de Investigaciones en Viviendas Tropicales (INIVIT); [consultado 2017 ago 09]. https://www.researchgate.net/profile/Oscar_Ortiz6/publication/266243323_Impacto_del_manejo_integrado_del_tetuan_del_boniato_Cylas_formicarius_en_Cuba/links/5526abd30cf229e6d635a041/Impacto-del-manejo-integrado-del-tetuan-del-boniato-Cylas-formicarius-en-Cuba.pdf
- Mukhopadhyay SK, Chattopadhyay A, Chakraborty I, Bhattacharya I. 2011. Crops that feed the world 5. Sweetpotato. Sweetpotatoes for income and food security. Nadia (India): Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya; [consultado 2017 sept 14]. https://www.researchgate.net/publication/227332621_Crops_that_feed_the_world_5_Sweetpotato_Sweetpotatoes_for_income_and_food_security
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS); [consultado 2017 ago 07]. http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Hortalizas/Camote/Generalidades_Cultivo.aspx
- Salgado S. 2016. Productor agropecuario: cultivo de camote se extenderá en 800 ha en Honduras. Editorial La Prensa; [consultado 2017 ago 07]. <https://revistaproagro.com/cultivo-de-camote-se-extendera-en-800-hectareas-en-honduras/>
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria). 2016. Picudo del camote. Manejo fitosanitario para el picudo del camote *Cylas formicarius*. Tegucigalpa (Honduras); [consultado 2017 ago 05]. http://www.senasa.gob.hn/images/Fichas_Tecnicas/Manual-Picudo-del-Camote.pdf
- Shapiro-Ilan DI, Han R, Dolinski C. 2012. Entomopathogenic nematode production and application technology. The journal of nematology; [consultado 2017 ago 28]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3578468/>
- Tofangsazi N, Arthurs SP, Giblin-Davis M. 2015. Featured creatures. Entomopathogenic nematodes. Nematoda: rhabditida: families Steinernematidae and Heterorhabditidae. University of Florida (USA); [consultado 2017 sept 14]. Publication number: EENY-530 http://entnemdept.ufl.edu/creatures/nematode/entomopathogenic_nematode.htm#top

7. ANEXOS

Anexo 1. Tendencia del comportamiento comparativo entre concentraciones de *Heterorhabditis bacteriophora* evaluadas en picudo adulto durante 13 días.



Anexo 2. Tendencia del comportamiento comparativo entre concentraciones de *Steinernema carpocapsae* evaluadas en picudo adulto durante 5 días.

