

**Efecto de dos concentraciones de los
nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis
bacteriophora* (Poinar) y *Steinernema
carpocapsae* (Weiser) para el control de
Spodoptera frugiperda (Smith)**

José Miguel Saltos Intriago

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de dos concentraciones de los
nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis
bacteriophora* (Poinar) y *Steinernema
carpocapsae* (Weiser) para el control de
Spodoptera frugiperda (Smith)**

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

Presentado por

José Miguel Saltos Intriago

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto de dos concentraciones de los nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) y *Steinernema carpocapsae* (Weiser) para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith)

José Miguel Saltos Intriago

Resumen. Los nematodos entomopatógenos tienen gran potencial como control biológico de plagas en la agricultura. El maíz se considera en América latina y el Caribe como la principal fuente calorías. La necesidad en el cultivo del maíz de un manejo integrado de *Spodoptera frugiperda*, sin dejar residuos ni provocar resistencia del insecto a controles químicos, da la oportunidad al control biológico. Los objetivos del estudio fueron determinar la efectividad de los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* a dos concentraciones para el control de larvas de *S. frugiperda* y determinar el estadio larval más susceptible. Se evaluaron seis tratamientos: *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* a 2×10^8 y 4×10^8 de nematodos por hectárea; el insecticida benzoato de emamectina 7.5 g/ha y un testigo aplicado con agua. La evaluación para los dos estadios iniciales se realizó en maceteros dentro de una casa malla y para los estadios tercero, cuarto y quinto se realizó en campo. Los datos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y separación de medias con Duncan ($P \leq 0.05$). El uso de nematodos *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* para el control de la plaga *S. frugiperda* es efectivo, en la concentración de 4×10^8 /ha de ambos nematodos es donde se obtuvo el mayor porcentaje de mortalidad de larvas. *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* a 4×10^8 /ha controlaron mejor la larva de *S. frugiperda* en todos los estadios y a 2×10^8 /ha *S. carpocapsae* controló en los estadios primero, cuarto y quinto.

Palabras claves: Cultivo de maíz, estadios, gusano cogollero, mortalidad.

Abstract. Entomopathogenic nematodes have great potential as biological control of pests in agriculture. Corn is considered in Latin America and the Caribbean as the main source of calories. The need in the corn plantations for an integrated management of *Spodoptera frugiperda*, without leaving residues or causing insect resistance to chemical controls, gives the opportunity to biological control. The objectives of the study were to determine the effectiveness of the nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* at two concentrations for the control of *S. frugiperda* larvae and to determine the most susceptible larval stage. Six treatments were evaluated: *H. bacteriophora* and *S. carpocapsae* at 2×10^8 y 4×10^8 nematodes per hectare; the insecticide emamectin benzoate 7.5 g / ha and a control applied with water. The evaluation for the two initial stages was done in pots inside a mesh house and for the third, fourth and fifth stages was done out in the field. Data was distributed in a randomized complete block design with four repetitions and media separation with Duncan ($P \leq 0.05$). The use of nematodes *H. bacteriophora* and *S. carpocapsae* for the control of the pest *S. frugiperda* is effective; the highest percentage of mortality of larvae was obtained with the concentration of 4×10^8 /ha in both nematodes. *H. bacteriophora* and *S. carpocapsae* at 4×10^8 /ha controlled better the larva of *S. frugiperda* in all stages and at 2×10^8 /ha *S. carpocapsae* controlled in the first, fourth and fifth stages.

Key words: Corn crop, fall armyworm, mortality, stages.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	10
5. RECOMENDACIONES.....	11
6. LITERATURA CITADA.....	12

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Tratamientos evaluados para el control de cinco estadios de larvas de <i>S. frugiperda</i> (Smith). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, 2017.	5
2. Porcentaje de mortalidad de <i>S. frugiperda</i> (Smith) en cinco estadios larvales al ser expuestos a los nematodos <i>H. bacteriophora</i> (Poinar) y <i>S. carpocapsae</i> (Weiser). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	7
3. Porcentaje de mortalidad de cinco estadios de <i>S. frugiperda</i> (Smith) en la evaluación de dos concentraciones de <i>H. bacteriophora</i> (Poinar) y <i>S. carpocapsae</i> (Weiser). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	8

Figuras	Página
1. Parcela experimental y parcela útil, en el cultivo de maíz	6

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales que constituyen la principal fuente calórica en América Latina y el Caribe. Desde una vista subregional su importancia es mayor en México y Centroamérica, seguido por el Caribe y Sudamérica (FAO 2014). En Honduras, el maíz es uno de los granos básicos principales en la alimentación humana y animal, es el producto con más demanda del sector agroindustrial. Del área cultivable, 40% es destinada para su cultivo (Roca et al. 2013).

El daño ocasionado por insectos del orden Lepidoptera causan pérdidas en la producción de maíz hasta de un 40% en algunas regiones del país. En los últimos 20 años el porcentaje de daño no ha disminuido significativamente (Roca et al. 2013). Una alternativa para el control de plagas y con esto la reducción del uso de pesticidas es el cultivo de maíz genéticamente modificado (GM), se refiere a la transformación del maíz mediante la introducción de un gen en su genoma para expresar toxinas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), además tiene mayor rendimiento que los híbridos convencionales (Siebert et al. 2008). En el 2002 se convierte Honduras en el primer país que libera una variedad de maíz transgénico en la región, se impide la producción de maíz GM en sitios donde se considere pueda existir variedades silvestres del maíz (Roca et al. 2013). Aunque los cultivos transgénicos ofrecen la ventaja de reducir el uso de agroquímicos y obtener rendimientos más altos de acuerdo al potencial genético, este tipo de tecnología no es aceptada por una gran población por lo cual la tecnología no se ha masificado.

El gusano cogollero, nombre común del estadio larval de *Spodoptera frugiperda* (Smith), es considerado una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de maíz, que causa severos daños en plantas jóvenes al alimentarse del follaje que en numerosas poblaciones puede causar la destrucción del cultivo (Pitre 1988). Este insecto tiene seis estadios larvales: en los tres primeros estadios se alimenta de la superficie en las hojas tiernas sin causar mucho daño haciendo las denominadas ventanas de las hojas y en grandes poblaciones puede destruir plantas por destrucción del cogollo. Los estadios cuatro, cinco y seis presentan canibalismo quedando una o dos larvas por planta que migran al cogollo donde hacen el daño de perforación característico que provoca retraso o impide el desenvolvimiento de la nueva hoja, incluso puede causar daño a la espiga. Si la plaga se presenta antes o durante su emergencia, el daño lo provoca en los puntos de crecimiento tallo, hojas, flores y mazorcas. Las plantas jóvenes pueden ser destruidas muy rápidamente y las mayores seriamente retrasadas (King y Saunders 1984).

El control de *S. frugiperda* se realiza en muchas ocasiones sin la atención a criterios mínimos como el muestreo o los umbrales económicos y utiliza casi exclusivamente la aplicación de insecticidas desde una a seis veces en el ciclo de cultivo por parte de los productores (Bahena y Velásquez 2012). El control biológico de *S. frugiperda* desde hace más de 25 años genera un gran interés en la aplicación para su control (Carrillo 1993). El uso de parasitoides y depredadores es de gran importancia, el aumento de los mismos dentro de los campos de producción es una necesidad imperativa para cualquier productor de maíz.

La bacteria *B. thuringiensis* (Berliner) es el microorganismo más popular a nivel mundial para el control de plagas y también se ha usado para el control de cogollero. Estudios utilizando *B. thuringiensis* demostraron reducciones donde se aplicó correctamente el biopreparado ya que la efectividad técnica llegó a promediar 70% en los campos. La cantidad de mazorcas/planta no está influenciado directamente por *S. frugiperda* ni por el control, sin embargo, registraron incrementos en los parámetros del rendimiento en los campos asperjados (Fernández et al. 2002).

Evaluaciones en ambientes controlados de nematodos entomopatógenos asperjados al follaje con maquinaria agrícola para el control de gusano cogollero, demuestran la influencia del sistema de filtrado y boquillas de pulverización en la mortalidad de los nematodos entomopatógenos. También recomiendan dosificar correctamente la concentración de los nematodos entomopatógenos y el volumen total de aplicación (García et al. 2008).

Los nematodos entomopatógenos son utilizados como controladores de plagas insectiles, la literatura documenta mayor infección cuando son aplicados a hospederos en el suelo que en el follaje, debido a que el suelo es el reservorio natural de los nematodos por esto proporciona un buen sitio para la sobrevivencia e interacción con insectos, mientras en el follaje la desecación y los rayos UV provocan la eliminación rápida de los nematodos. Sin embargo, controles con la aplicación de nematodos han demostrado una eficiencia de 70 a 77% comparada con 84% de control que causa un tratamiento químico sobre *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae); se puede asumir su aplicación como un control de contacto debido al corto tiempo de sobrevivencia de los nematodos a la intemperie, esto los considera con una baja protección al follaje (Nicholls 2008).

El estado parasitario (infectivo juvenil) de los nematodos entomopatógenos portan una bacteria simbioide Gram-negativas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae que en ausencia del huésped del nematodo pocas veces se aíslan (Hinchliffe et al. 2010). El género y especie de las bacterias simbiodes son *Photorhabdus luminescens* y *Xenorhabdus nematophila* para los de nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) y *Steinernema carpocapsae* (Weiser), respectivamente (Boemare 2001). Los nematodos ingresan a sus hospederos por aberturas naturales (boca, espiráculos, ano) llegan a la hemolinfa y liberan la bacteria que rápidamente se multiplica matando por septicemia al hospedero en dos días. El ciclo del nematodo es de cuatro estadios donde el infectivo

juvenil es el tercero, al alimentarse del hospedero descompuesto por la bacteria llegan a su cuarto estadio (adulto macho y hembra) reproduciéndose hasta acabar con el alimento donde llegan a establecerse tres o cuatro generaciones, y dejan el hospedero en busca de otro que infectar (Adams y Nguyen 2001). Los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar la efectividad de los nematodos entomopatógenos *H. bacteriophora* (Poinar) y *S. carpocapsae* (Weiser) a dos concentraciones para el control de larvas de *S. frugiperda* (Smith).
- Determinar el estadio larval más susceptible de *S. frugiperda* (Smith) utilizando ambas especies.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El ensayo se realizó en la estación experimental de Control Biológico de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano, Valle del Yeguaré Departamento de Francisco Morazán, ubicada a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. El lugar está a una altura de 800 msnm. La precipitación promedio durante agosto, septiembre y octubre de 2017 fue de 295 mm y una temperatura promedio de 23 °C.

Establecimiento del experimento.

Las larvas de *S. frugiperda* pasan por seis estadios en 20 días donde presenta cambios hormonales y morfológicos (CATIE 1990). La evaluación del efecto de los nematodos entomopatógenos sobre las larvas de *S. frugiperda* se realizó en cinco estadios larvales. Estas evaluaciones fueron en ensayos por estadios en plantas de maíz, cada ensayo se realizó con larvas nuevas identificadas el estadio basándose en el tamaño de la cápsula cefálica (Villa-Castorena y Catalán-Valencia 2004). La evaluación del primer y segundo estadio, fue en plantas de maíz sembradas en maceteros de diámetro de 0.09 m y altura de 0.05 m, con 0.0214 m³ de volumen, colocados dentro de la casa malla. En este ensayo se sembró maíz en maceteros el 9 de octubre de 2017. Se sembraron cinco plantas por macetero distanciadas uniformemente, la siembra se realizó en 48 maceteros cantidad necesaria para evaluar el primer y segundo estadio simultáneamente. Se inició cuando las plantas en maceteros alcanzaron su etapa V0.5, se inoculó con larvas de *S. frugiperda*, tres días después se verificó el establecimiento de las larvas en las plantas y se realizó la aplicación de los tratamientos, luego de tres días se evaluó la mortalidad de larvas.

Las evaluaciones sobre larvas de tercer, cuarto y quinto estadio, fueron en plantas de maíz sembradas en una parcela en campo. Se sembró el maíz variedad comercial tuxpeño el 25 de agosto y 27 de septiembre de 2017. En cada fecha se sembró un lote con las mismas características. La distancia de siembra fue de 0.80 m entre hileras y 0.25 m entre plantas para una densidad total de 50,000 plantas/ha. Se fertilizó con 182 kg/ha de 18-46-0 y 137 kg/ha de urea, se controló la maleza a mano.

Las evaluaciones se iniciaron cuando el maíz alcanzó la etapa de V3. Todas las plantas del ensayo se inocularon con dos larvas de tercer estadio de *S. frugiperda*, tres días después se verificó el establecimiento de las larvas en el cogollo de las plantas y se realizó la aplicación de los tratamientos. A los tres días se evaluó la mortalidad de larvas. Una vez terminada la evaluación del tercer estadio las plantas se encontraban en la etapa vegetativa V3.5, se

procedió a eliminar las larvas vivas y muertas del tercer estadio en todas las plantas, para proceder a reinfestar las mismas plantas con dos larvas del cuarto estadio para su evaluación, tres días después se verificó el establecimiento, se aplicaron los tratamientos y luego de tres días se evaluó la mortalidad de larvas. En la evaluación del quinto estadio se sembró el cultivo de maíz nuevamente y cuando alcanzó la etapa vegetativa V3, se inoculó cada planta con dos larvas del quinto estadio, tres días después se evaluó el establecimiento, se aplicaron los tratamientos y luego de tres días se evaluó la mortalidad de larvas.

Tratamientos y aplicación.

Los tratamientos evaluados fueron *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* ambos nematodos en concentraciones de 2×10^8 y 4×10^8 infectivos juveniles por hectárea, un control químico con benzoato de emamectina 7.5 g/ha (gramos de ingrediente activo) y un testigo aplicado con agua, para un total de seis tratamientos distribuidos en cuatro bloques (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de cinco estadios de larvas de *S. frugiperda* (Smith). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, 2017.

Descripción	Concentración
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar)	2×10^8 /ha
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar)	4×10^8 /ha
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser)	2×10^8 /ha
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser)	4×10^8 /ha
Benzoato de emamectina	7.5 g/ha ^Ω
Testigo	Agua

^Ω Gramos de ingrediente activo por hectárea.

En las evaluaciones se realizó solo una aplicación con un volumen de mezcla de 200 L/ha, en la casa malla la aplicación de los tratamientos se realizó con un atomizador manual y en los ensayos de campo con una bomba de mochila manual marca Jacto PJH-20 con una boquilla de cono hueco con descarga de 1.3 L/min. La aplicación en las plantas fue dirigida al cogollo únicamente, estas se realizaron a las 17:00 horas.

Muestreos.

En los ensayos dentro de la casa malla el muestreo se realizó inspeccionando cinco plantas por unidad experimental, tres días después de la inoculación de las larvas y se determinó la cantidad de larvas establecidas en las plantas. Tres días después de aplicar los tratamientos se realizó el muestreo en cinco plantas de la unidad experimental para determinar la mortalidad de larvas. Las larvas muertas se retiraron y se colocaron en platos Petri

individuales donde permanecieron tres días, luego se disectaron para afirmar la mortalidad por infección de nematodos observados al microscopio.

En los ensayos de campo el muestreo se realizó en 10 plantas de cada unidad experimental tres días después de la infestación, se inspeccionaron los cogollos de las plantas y se determinó la cantidad de larvas establecidas alimentándose del follaje. Tres días después de la aplicación de los tratamientos se realizó el muestreo de igual forma se observaron 10 plantas por unidad experimental para determinar la mortalidad de larvas. Las larvas muertas se retiraron y se colocaron en platos Petri individuales donde permanecieron tres días, luego se disectaron para afirmar la mortalidad por infección de nematodos.

Variable.

Se evaluó la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* en cinco estadios por la infección de nematodos entomopatógenos observados al microscopio.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones para los ensayos en la casa malla y campo. Para la evaluación en maceteros cada unidad experimental consto de un macetero con cinco plantas por tratamiento. Para las tres evaluaciones en campo, cada unidad experimental estuvo conformada con cuatro hileras de maíz de seis metros de largo, en las dos hileras centrales se seleccionaron diez plantas (Figura 1).

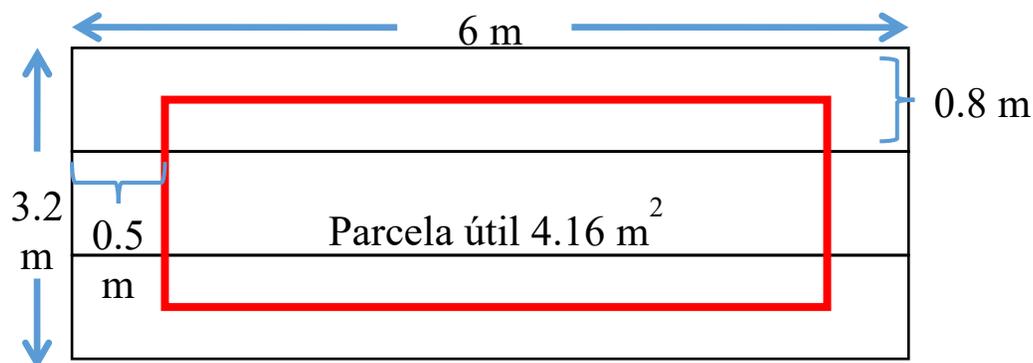


Figura 1. Parcela experimental y parcela útil, en el cultivo de maíz.

Análisis estadístico.

Para analizar los datos obtenidos de los ensayos se usó el programa estadístico SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.4. Mediante análisis de varianza GLM y una separación de medias utilizando diferencia mínima significativa (DMS) $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las larvas de primer estadio aplicadas con *H. bacteriophora* en concentración de 4×10^8 y *S. carpocapsae* en ambas concentraciones (2×10^8 y 4×10^8) presentaron el mismo control que benzoato de emamectina (Cuadro 2). El resultado concuerda con Epsky y Capinera (1993) que reportan en evaluaciones con el género *Steinernema* sp sobre larvas de *S. frugiperda*, la eficiencia de invasión no está relacionada con la concentración de nematodos. El testigo sin tratar presentó la mortalidad más baja de todos los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* (Smith) en cinco estadios larvales al ser expuestos a los nematodos *H. bacteriophora* (Poinar) y *S. carpocapsae* (Weiser). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Estadios				
	1	2	3	4	5
<i>H. bacteriophora</i> (Poinar) $2 \times 10^8 \Omega$	75 b ^λ	82 ab	75 b	82 b	82 c
<i>H. bacteriophora</i> (Poinar) $4 \times 10^8 \Omega$	94 a	88 ab	84 ab	92 ab	95 ab
<i>S. carpocapsae</i> (Weiser) $2 \times 10^8 \Omega$	88 ab	69 b	79 b	95 ab	85 bc
<i>S. carpocapsae</i> (Weiser) $4 \times 10^8 \Omega$	88 ab	88 ab	84 ab	95 ab	90 abc
Benzoato de emamectina	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Testigo	6 c	6 c	9 c	5 c	8 d
P	***	***	***	***	***
R ²	0.92	0.89	0.92	0.96	0.96
C.V.	15.31	18.24	15.10	10.58	9.76

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

*** Diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$).

^Ω Infecciosos juveniles por hectárea.

La mortalidad de larvas del segundo estadio de *S. frugiperda* fue igual para los tratamientos de *H. bacteriophora* 2×10^8 ; *H. bacteriophora* 4×10^8 ; *S. carpocapsae* 4×10^8 y benzoato de emamectina. El tratamiento con *S. carpocapsae* a la concentración de 2×10^8 presentó la mortalidad más baja. Los resultados obtenidos de *H. bacteriophora* concuerdan con Molina (2007) quien evaluó la patogenicidad del nematodo en *S. frugiperda*, determinando al nematodo entomopatógeno como un controlador potencial de *S. frugiperda*.

En el tercer estadio larval la mortalidad fue mayor con los nematodos *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* a la concentración de 4×10^8 no fue diferente estadísticamente de la mortalidad ocasionada por el benzoato de emamectina. Los resultados concuerdan con lo descrito con Negrisoli et al. (2010) quienes reportan no haber diferencia entre el género *Heterorhabditis* y *Steinernema* en el control de larvas de tercer estadio de *S. frugiperda* sobre plantas de maíz.

La evaluación sobre las larvas del cuarto estadio indicó que no hay diferencia en la mortalidad de las larvas, independientemente el nematodo y la concentración que se utilice, para el género *Steinernema* este resultado concuerda con Caccia et al. (2014) quienes evaluaron la eficiencia infectiva de este género con dos concentraciones sobre larvas de *S. frugiperda*, donde reportó que no hubo diferencia significativa y un alto porcentaje de infección. Las larvas del quinto estadio de *S. frugiperda* presentaron el mismo porcentaje de mortalidad para los tratamientos de *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* a la concentración de 4×10^8 y benzoato de emamectina. Así mismo, el tratamiento *H. bacteriophora* 2×10^8 presentó menor mortalidad que el tratamiento de *H. bacteriophora* 4×10^8 .

En la comparación de las concentraciones para todos los estadios larvales de *S. frugiperda*, se determinó que al evaluar *H. bacteriophora* a 2×10^8 y 4×10^8 no existió diferencia en la mortalidad de los cinco estadios larvales evaluados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de mortalidad de cinco estadios de *S. frugiperda* (Smith) en la evaluación de dos concentraciones de *H. bacteriophora* (Poinar) y *S. carpocapsae* (Weiser). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Estadios	<i>H. bacteriophora</i> (Poinar)		<i>S. carpocapsae</i> (Weiser)		Testigos	
	$2 \times 10^{8\Omega}$	$4 \times 10^{8\Omega}$	$2 \times 10^8 \Omega$	$4 \times 10^8 \Omega$	Benzoato de emamectina	Agua
Primero	75	94	88 a ^λ	88	100	6
Segundo	81	88	69 b	88	100	6
Tercero	75	84	79 ab	84	100	9
Cuarto	82	92	95 a	98	100	5
Quinto	82	95	85 ab	90	100	8
P	ns	ns	*	ns	ns	Ns
R ²	0.2	0.5	0.6	0.2	0.3	0.5
C.V.	15.1	10.2	13	12	0.32	122

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

^Ω Infecciosos juveniles por hectárea.

* Significativa ($P \leq 0.05$), ns: No significativo.

En cambio, para *S. carpocapsae* a 2×10^8 se observó que el estadio menos susceptible y que presentó menor mortalidad fue el segundo (Cuadro 2). No se encontró diferencias en mortalidad para los estadios primero, tercero, cuarto ni quinto; este resultando concuerda con Fuxa et al. (1988) en evaluaciones del género *Steinernema* sobre larvas de *S. frugiperda*, reportaron que las larvas de primer, tercer y quinto estadio no presentan diferencia significativa. Los estadios primero y cuarto presentaron mortalidades mayores significativamente que el segundo (Cuadro 3). Esto concuerda con lo reportado por Atwa et al. (2013) en larvas de *Spodoptera* sp, expuestas a *H. bacteriophora* mostraron un porcentaje de mortalidad mayor que aquellas expuestas a *S. carpocapsae*. Se asume el modo de acción activo de *H. bacteriophora* es por lo cual tiene mayor infección que el modo nictante (emboscador) de *S. carpocapsae*.

4. CONCLUSIONES

- El uso de nematodos entomopatógenos *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* para el control de la plaga *S. frugiperda* es efectivo, en la concentración de 4×10^8 /ha de ambos nematodos es donde se obtuvo el mayor porcentaje de mortalidad de larvas.
- *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* a 4×10^8 /ha controlaron mejor la larva de *S. frugiperda* en todos los estadios y a 2×10^8 /ha *S. carpocapsae* controló en los estadios primero, cuarto y quinto.
- Los nematodos entomopatógenos pueden ser una alternativa al tratamiento químico con benzoato de emamectina.

5. RECOMENDACIONES

- En el cultivo de maíz aplicar *S. carpocapsae* a 4×10^8 infectivos juveniles por hectárea.
- El nematodo *H. bacteriophora* se puede utilizar a concentraciones 2×10^8 a partir del primer estadio para el control de *S. frugiperda*.
- Estudiar la efectividad del nematodo entomopatógeno *H. bacteriophora* en concentraciones de 5×10^7 , 1×10^8 , 3.5×10^8 de infectivos juveniles por hectárea y de *S. carpocapsae* 3×10^8 .
- Estudiar la influencia del volumen de agua en la mezcla con los nematodos entomopatógenos.
- Evaluar el efecto de surfactantes en los nematodos entomopatógenos.

6. LITERATURA CITADA

- Adams BJ, Nguyen KB. 2001. Taxonomy and systematics. *In*: Gaugler R. ed. Entomopathogenic nematology. 1era ed. New York (United States of America): CABI. p.1 – 2. [consultado 2017 oct 13]. <https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=h0F-h4vP9coC&oi>
- Atwa AA, Hegazi EM, Khafagi WE, Abd El-Aziz GM. 2013. Interaction of the koinobiont parasitoid *Microplitis rufiventris* of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*, with two entomopathogenic rhabditids, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*. *J. Insect Sci.* 13(84):1-14.
- Bahena F, Velázquez J. 2012. Manejo agroecológico de plagas en maíz para una agricultura de conservación en el valle Morelia-Queréndaro. Uruapan: INIFAP. [consultado 2017 oct 13]. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3541/3904%20Manejo%20Agroecologico%20de%20plagas%20en%20ma%C3%ADz%20para%20una%20agricultura%20de%20conservaci%C3%B3n%20en.pdf>.
- Boemare N. 2001. Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. *In*: Gaugler R ed. Entomopathogenic nematology. 1era ed. New York (United States of America): CABI. p. 40 – 49. [consultado 2017 oct 13]. <http://www.sadrabiotech.com/catalog/Entomopathogenic%20Nematology%20BOOK.pdf>.
- Carrillo JL. 1993. Síntesis del control biológico de *Heliothis spp.* y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. *Folia Entomol. Mex.* 87:85-93.
- Caccia M, Del Valle E, Doucet M, Lax P. 2014. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa gelatopoeon* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomopathogenic nematode *Steinernema diaprepesi* (Rhabditida: Steinernematidae) under laboratory conditions. *Chilean Jar.* 74(1):123-126.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de maíz. Informe Técnico. 1(152):45-47.
- Epsky ND, Capinera JL. 1993. Quantification of invasion of two strains of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) into three lepidopteran larvae. *J. Nematol.* 25(2):173-180.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2014. Perspectiva de cosechas y situación alimentaria [internet]. Roma: SIMIA. [consultado 2017 oct 13]. <http://www.fao.org/3/a-i3899s.pdf>.
- Fernández J, Joa J, Jiménez C, Danger L, Andino M, González N. 2002. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) con *Bacillus thuringiensis* Berliner (cepa LBT-24) en la provincia de Granma, Cuba II. Centro Agrícola. 29(1):5-9.
- Fuxa JR, Richter AR, Agudelo-Silva F. 1988. Effect of host age and nematode strain on susceptibility of *Spodoptera frugiperda* to *Steinernema feltiae*. J. Nematol. 20(1):91-95.
- García LC, Raetano CG, Leite LG. 2008. Application technology for the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis indica* and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to control *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. Neotrop. Entomol. 37(3):305- 311.
- Hinchliffe SJ, Hares MC, Dowling AJ, Ffrench-Constant RH. 2010. Insecticidal toxins from the *Photorhabdus* and *Xenorhabdus* bacteria. Bentham Open. 3(1):83-100.
- King AB, Saunders JL. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos alimenticios anuales en América Central, Una guía para su reconocimiento y control. 1 ed. Londres (Inglaterra): Overseas Development Administration; [consultado 2017 oct 13]. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7090e/A7090e.pdf>.
- Molina Bustamante CR. 2007. Patogeneidad de nematodos del género *Rhabditis* y *Heterorhabditis* como posibles agentes de control biológico de larvas de Lepidópteros [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 11 p.
- Negrisola SN, García MS, Barbosa RC, Bernardi D, Da Silva A. 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and insecticide mixtures to control *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn crops. Crop Proteccion. 29(7):677- 683.
- Nicholls CI. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. 1 ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia; [consultado 2017 oct 13]. <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/ClaraNicholls.pdf?iv=190>.
- Pitre HN. 1988. A Complex of lepidopterous defoliator on sorghun and maize in southern Honduras. Ceiba. [consultado 2017 oct 13]. 29(2):353-361.
- Roca M, Trabanino R, Sanders A, Almendares C, Falk J. 2013. Honduras. In: Solleiro JL, Castañón R. ed. Introducción al ambiente del maíz transgénico análisis de ocho casos en Iberoamérica. 1 ed. México: AgroBio México y CambioTec. p. 277- 338. [consultado 2017 oct 13]. <https://www.researchgate.net/publication/296486412>.

- Siebert M, Babock J, Nolting S, Santos AC, Adamczyk JJ, Neese PA, King JE, Jenkins JN, McCarty J, Lorenz GM, Fromme DD, Lassiter RB. 2008. Efficacy of Cry1-F insecticidal protein maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol. 9(14):555-565.
- Villa-Castorena MM, Catalán-Valencia EA. 2004. Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para un modelo de predicción. Folia Entomol. Mex. 43(3):307-312.