


Control integrado de la gallina ciega *Phyllophaga vetula* Horn (Coleoptera: Melolonthidae) con agentes entomopatógenos en Oaxaca, México

Integrated control of white grubs *Phyllophaga vetula* Horn (Coleoptera: Melolonthidae) with entomopathogenic agents in Oaxaca, Mexico

Jaime RUIZ VEGA , Teodulfo AQUINO BOLAÑOS, María Eugenia SILVA RIVERA y Sergio GIRÓN PABLO

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional U. Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca). Calle Hornos 1003 Santa Cruz Xoxocotlán. C. P. 71230, Oaxaca, México. E-mails: jvega@ipn.mx, jruizv@yahoo.com y aquino22@hotmail.com  Autor para correspondencia

Recibido: 30/01/2012 Fin de primer arbitraje: 02/04/2012 Primera revisión recibida: 27/04/2012
Fin de segundo arbitraje: 26/06/2012 Segunda revisión recibida: 30/06/2012 Aceptado: 20/07/2012

RESUMEN

En México el combate de gallinas ciegas se realiza utilizando generalmente insecticidas químicos, por lo que es necesario encontrar métodos alternativos de control. Con este propósito, se evaluaron un hongo entomopatógeno y nematodos para el control de larvas de *Phyllophaga vetula* Horn en dos tipos de experimentos: semicontrolados y de campo. En experimentos semicontrolados se encontró que se requiere de una larva de segundo estadio/planta para afectar significativamente ($p \leq 0,05$) a plantas de maíz (*Zea mays* L.) en V2, mientras que en la etapa V4 se requieren de cuatro larvas por planta. Se encontró que el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* Metsch (1×10^5 esporas/cm²) y la combinación de *M. anisopliae* (1×10^5 esporas/cm²) y el nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (25 Juveniles Infeccivos (JI)/cm²) requirió de 20 días para lograr un 87,5 % de control. Además se encontró que *Steinernema carpocapsae* Weiser (cepa ALL) fue el tratamiento con el mayor porcentaje de control después del insecticida, mostrando que con una dosis de 10 JI/cm² es posible obtener un control significativo ($p \leq 0,05$). Los experimentos de campo mostraron que la combinación de entomopatógenos más sobresaliente fue *M. anisopliae* a una dosis de 2×10^8 esporas/planta + *S. carpocapsae* a una dosis de 1500 JI/planta

Palabras clave: *Metarhizium anisopliae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*

ABSTRACT

In Mexico, chemical control of white grubs is frequently used; therefore, it is necessary to find alternative control methods. An entomopathogenic fungi and nematodes were evaluated against larvae of *Phyllophaga vetula* Horn under semi-controlled and field conditions. The semi-controlled experiment revealed that maize (*Zea mays* L.) in the V2 development stage tolerated only one grub per plant, while four larvae per plant were necessary to cause a significant damage to maize plants in V4 stage. In another experiment, it was found that *Metarhizium anisopliae* Metsch. (1×10^5 spores/cm²) and the combination of *M. anisopliae* (1×10^5 spores/cm²) + *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (25 Infective Juveniles (IJ)/cm²) achieved an 87.5 % control in 20 days. Besides, it was found that *Steinernema carpocapsae* Weiser (ALL strain) achieved a similar control rate as the insecticide, showing that it was possible to get a significant control ($P \leq 0,05$) with only 10 IJs/cm². In the field experiments the most outstanding combination was *M. anisopliae* at 2×10^8 spores/plant + *S. carpocapsae* at a dose of 1500 IJs/plant.

Key words: *Metarhizium anisopliae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*

INTRODUCCIÓN

La gallina ciega, conocida también como chisa, es una plaga que ataca una gran cantidad de cultivos, encontrándose al maíz, papa, trigo, tomate, frutales y pastizales entre los más afectados. El daño se presenta en manchones desde las etapas tempranas de desarrollo, adquiriendo las plantas coloraciones violetas debido a la deficiencia inducida de fósforo

por daño radicular y mostrando poco vigor, marchitez y posteriormente muerte de la planta (Ruiz *et al.*, 1998). Las gallinas ciegas tienen importancia en todo México (Ramírez-Salinas *et al.*, 2000; Rodríguez del Bosque, 1993); en la zona maicera del altiplano Mexicano cada año se ven afectadas entre 400.000 a 500.000 ha. En el estado de Oaxaca no se cuenta con información que permita cuantificar la magnitud del daño causada por gallina ciega en maíz, pero los

daños severos pueden representar pérdidas del 50 a 90 % de rendimiento esperado, debido principalmente a la disminución de la densidad de la población del cultivo (Ruiz *et al.*, 1998).

En México, los mayores esfuerzos para el combate de gallina ciega se enfocan hacia el control químico utilizando insecticidas, como el carbofuran y el fosforoditioato que han sido ya prohibidos por su alta toxicidad y residualidad (Albert, 1988; Solís *et al.*, 1999). Por estas razones es necesario encontrar alternativas de control más económicas y con menor impacto ecológico; una posible opción es el control biológico integrado utilizando nematodos y hongos entomopatógenos.

Koppenhöfer *et al.* (2004) evaluaron *Steinernema glaseri* Steiner y *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar en ensayos de campo y laboratorio, encontrándolos igual de efectivos como *Steinernema scarabaei* Stock y Koppenhöfer contra gallinas ciegas. Kard *et al.*, (1988), determinaron que los nematodos o juveniles infectivos (JI) de *Heterorhabditis* sp. y *H. bacteriophora* controlaron más del 60% de un complejo de larvas que incluía a *Phyllophaga anxia* LeConte, *Phyllophaga fusca* Froelich y *Polyphylla comes* Casey. Villalobos (1992) reportó que el hongo *Metarhizium anisopliae* Metsch. tiene potencial para controlar varias especies de *Phyllophaga*, *Macrodactylus* y *Anomala*, mientras que Burges (1998) considera que *Beauveria bassiana* Balsamo, *Beauveria brongniartii* Sacc. y *M. anisopliae*, pueden utilizarse para el control de insectos del suelo, especialmente contra larvas de escarabeidos y curculiónidos.

Con los objetivos de determinar la fluctuación poblacional de una de las especies rizófagas más abundante en la región, *Phyllophaga vetula* Horn, el efecto de diferentes densidades de gallina ciega sobre la producción de materia seca en maíz, así como para evaluar la capacidad de control de gallinas ciegas (*P. vetula*) con dos especies de nematodos entomopatógenos exóticos (*H. bacteriophora*, *S. carpocapsae*) un nativo (*S. feltiae*) y un hongo entomopatógeno nativo (*M. anisopliae*), se realizó el presente trabajo bajo condiciones semicontroladas y de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó del año 2000 al 2001, en experimentos semicontrolados y de campo;

los primeros se realizaron en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional y los experimentos de campo en tres diferentes comunidades: Cuilapan de Guerrero, San Antonio Huitepec y en El Infiernillo, comunidad de San Antonio Huitepec, Oaxaca. Como actividad complementaria, se determinó la fluctuación poblacional de los adultos de gallina ciega.

Experimentos semicontrolados

En estos experimentos, realizados a la intemperie, se sembró el maíz en bolsas plásticas (24 cm de diámetro) conteniendo aproximadamente 13 kg de suelo húmedo, de textura franca, previamente esterilizado, las cuales después de perforarse para favorecer el drenaje, se enterraron al ras del suelo. Una semana después de la emergencia, se dejó solamente una planta por bolsa.

Se realizaron dos tipos de experimentos semicontrolados, uno para evaluar la tolerancia de las plantas de maíz a la gallina ciega y otro para evaluar distintos métodos para su control biológico, incluyendo combinaciones de hongos y nematodos entomopatógenos.

Umbral de tolerancia

Se utilizaron larvas de *P. vetula* provenientes de adultos que fueron colectados utilizando trampas tipo Luiz de Queiroz (Badilla *et al.*, 1999) durante los meses de mayo-junio de los años 2000 y 2001. La identificación a nivel de especie se realizó con base en su morfología por el Dr. Cuauhtemoc Deloya del INECOL, Xalapa, Ver., México. Las trampas se establecieron en las localidades de Sta. Cruz Xoxocotlán (1550 msnm) y El Infiernillo (1982 msnm) y permanecieron encendidas por tres horas después de la puesta del sol. Las trampas se colocaron sobre un bote de 20 litros, donde se colectaban los mayates que caían en la trampa. Diariamente se extrajeron los adultos y se colocaron en bandejas de 30 x 40 x 15 cm con suelo húmedo para que ovopositaran.

Cuando las plantas de maíz alcanzaron la etapa V2 y V4 (dos y cuatro hojas liguladas visibles) se aplicaron seis tratamientos consistentes en la adición de 0, 2, 4, 6, 8, 10, larvas de *P. vetula* de segundo estadio por bolsa, registrando los datos de altura de planta y etapa de desarrollo cada semana. Se dejaron las larvas hasta el inicio de la floración del

maíz y en esta etapa se cuantificaron los efectos sobre la producción de materia seca, tanto subterránea como aérea. Para esto, se extrajeron las bolsas del suelo y se separaron las raíces de los tallos y hojas, se pesaron en báscula granataria y después se secaron en estufa por 48 h a 72 °C.

Antes de realizar el análisis estadístico, con el programa Statistical Analysis System (2002), se realizó una transformación de los datos de porcentaje de mortalidad por medio de la raíz cuadrada del arco-seno. Se realizó el análisis de varianza de las variables mencionadas, además del porcentaje de plantas muertas, y mediante la prueba de Tukey se compararon las medias ($p \leq 0,05$).

Métodos de control

En estos experimentos se depositaron cinco larvas de segundo estadio por bolsa cuando el maíz alcanzó la etapa V4, distribuyendo los tratamientos completamente al azar y estableciendo 14 repeticiones por tratamiento. Las larvas de segundo estadio tienen una longitud dorsal aproximada a los 2,5 cm (Morón, 1986). Una semana después se aplicó una dosis del hongo *M. anisopliae* a razón de 1×10^5 esporas/cm², y tres días después otras bolsas recibieron por separado una dosis de 25 Juveniles Infeccivos/cm² de los nematodos *H. bacteriophora*, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* y la combinación de *H. bacteriophora* + *S. feltiae*, además de *S. feltiae* + *S. carpocapsae*. También se combinó el hongo *M. anisopliae* con los nematodos *H. bacteriophora*, *S. feltiae* y *S. carpocapsae*, a las mismas dosis, y se incluyó un tratamiento testigo con el insecticida Granudin® 4% (diazinon) a razón de 25 kg/ha.

Los nematodos se reprodujeron en larvas de *Galleria mellonella* L. y una vez colectados, se conservaron en refrigeración a 10 °C por un período máximo de dos semanas antes de aplicarlos con un aspersor manual a las bolsas. El hongo entomopatógeno se reprodujo en arroz y se aplicó adherido a este, haciendo una cavidad a un costado de la planta y tapándolo con suelo.

Cada diez días a partir de la aplicación de los

tratamientos, en dos repeticiones, se evaluó el porcentaje de control de larvas. Para esto, se extraían las bolsas y se vaciaban en una bandeja para buscar las larvas sobrevivientes. A los 60 días, con las cuatro repeticiones remanentes, se realizó un análisis de varianza y Prueba de Tukey para la comparación de medias de porcentaje de control total (SAS, 2002).

Para el año 2001 el experimento se estableció con los mismos tratamientos, pero estos se aplicaron en etapa V2 del maíz. Tanto en 2000, como en 2001, la mortalidad final de las larvas se determinó cuando las plantas de maíz alcanzaron la etapa de floración masculina.

Experimentos de campo

En el verano del 2000, bajo condiciones de temporal, se establecieron tres experimentos de campo, dos en San Antonio Huitepec (El Carrizal y El Infiernillo) y otro en Cuilapam de Guerrero; todas las localidades pertenecen al Estado de Oaxaca. En el Cuadro 1 se presentan algunas características de los sitios experimentales.

Se evaluaron seis tratamientos con base en el hongo *M. anisopliae* a 2×10^8 esporas/planta, además de los nematodos *H. bacteriophora*, *S. feltiae* y *S. Carpocapsae* a 200 JI/planta. Otros tratamientos resultaron de la combinación de *S. Carpocapsae* + *M. anisopliae*. También se establecieron tratamientos con insecticida químico Granudin 4% (diazinon, 40 g de i. a. / kg) y sin control (testigo) sólo con agua destilada, para un total de ocho tratamientos. Se emplearon parcelas de cinco surcos de 10 m de largo, considerando como parcela útil los tres surcos centrales. Se utilizó la semilla del maíz local, conocida como Criollo Bolita.

En el año 2001 se trabajó en cuatro sitios, ya que se estableció otro en Cuilapam, en un suelo con más pendiente, pues estos suelos son comunes en el área. Los experimentos se sembraron del 15 de mayo al 28 de julio. Se incluyeron tratamientos adicionales (400 JI/planta) para evaluar los nematodos a dosis mayores. La aplicación de los tratamientos fue en la etapa V2 del maíz. En ambos años, durante el desarrollo del cultivo se registró el desarrollo

Cuadro 1. Características de los sitios donde se establecieron los experimentos de campo en el estado de Oaxaca, México.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Pendiente (%)
El Infiernillo	16° 54' 33"	97° 11' 56"	1982	< 1,0
El Carrizal	16° 55' 19"	97° 11' 32"	1676	< 1,0
Cuilapam	17° 00' 24"	96° 47' 38"	1602	3,5

fenológico, altura de plantas y número de plantas acamadas (caídas). A la cosecha se evaluó el número de plantas y mazorcas, peso de la mazorca, rendimiento del forraje y el rendimiento del grano.

En ambos años se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS (2002), realizando análisis de varianza y la prueba de Duncan con un $\alpha = 0,05$ para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimentos semicontrolados

Umbral de tolerancia del maíz a larvas de *P. vetula*

En el experimento del año 2000, a los 64 días después de la aplicación de las larvas a plantas de maíz en etapa V4, se observó un efecto significativo ($p \leq 0,05$) sobre la altura de planta con el tratamiento de 10 larvas/planta (Cuadro 2). Sin embargo, a los 36 días se observó una reducción significativa de la altura de planta con cuatro larvas por planta, y a los

64 días el mismo tratamiento causó una reducción promedio de 22 cm con relación al testigo. En la evaluación de materia seca (64 dds), este mismo tratamiento tuvo una reducción de más de 30 g/planta (Cuadro 2); la tendencia a un efecto real de la densidad de larvas se observa mejor con la altura media, ya que ésta muestra una disminución proporcional al número de larvas, excepto con seis larvas/planta, donde tiende a incrementar pero sin diferencias significativas con respecto a cuatro larvas/planta.

Cuando las gallinas ciegas se aplicaron una semana después de la emergencia del maíz, la tolerancia se redujo. En el Cuadro 3 se observa una disminución significativa ($p \leq 0,05$) del peso radicular con cuatro larvas/planta, por lo que el tratamiento de dos larvas/planta es el umbral de tolerancia para esta etapa.

Los umbrales económicos para el control químico o biológico de las gallinas ciegas varían considerablemente. Sifuentes (1985), recomendó controlarlas cuando en 20 muestras tomadas a 30 cm de profundidad, se encontraran seis o más larvas. DiPirro *et al.* (1999) recomendaron realizar el control

Cuadro 2. Altura media de planta (cm) y producción de materia seca (g/planta) en follaje de maíz (*Zea mays* L.) al aplicar las larvas de *Phyllophaga vetula* en la etapa V4, en el estado de Oaxaca, México.

Densidad (larvas/planta)	Altura media de la planta (cm) a los 36 dds	Altura media de la planta (cm) a los 64 dds	Materia seca (g/planta) a los 64 dds
0	31,0 a †	79,0 a	110,9 a
2	26,4 ab	72,2 ab	94,3 ab
4	18,4 b	57,0 ab	79,5 ab
6	24,0 ab	64,2 ab	102,1 ab
8	21,2 ab	52,2 ab	80,9 ab
10	21,0 ab	39,4 b	44,3 b

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).
dds: Días después de la siembra

Cuadro 3. Producción de materia seca y porcentaje de mortalidad de plantas de maíz (*Zea mays* L.) al aplicar las larvas de *Phyllophaga vetula* en la etapa V2, en el estado de Oaxaca, México.

Densidad (larvas/planta)	Materia seca (g/planta)	Peso seco de raíz (g)	Mortalidad (%)
0	110,9 a †	7,5 a	0,0 a
2	94,3 ab	6,2 a	66,6 ab
4	79,5 ab	0,0 b	41,6 ab
6	102,1 ab	0,0 b	61,1 ab
8	80,9 ab	0,0 b	83,3 b
10	44,3 b	0,0 b	80,0 b

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

químico cuando el muestreo resulte en un porcentaje de muestras positivas del 60 %, asegurando que con esta infestación se alcanza el umbral de control de siete larvas/m de surco. Cuando el porcentaje de infestación es de 40-60 %, se pueden buscar alternativas al control químico. Saunders *et al.* (1998) encontraron que el umbral económico para esta plaga en maíz fue de ocho a diez larvas/m².

Métodos de control de larvas de *P. vetula*

En el año 2000, el insecticida Granudín® presentó el mayor porcentaje de mortalidad (100 %) y un Tiempo de Control Promedio (TCP) de 20 días (Cuadro 4). El segundo mejor tratamiento, con TCP de 20 días y con 87,5 % de control, fue el establecido con la combinación del hongo *M. anisopliae* (1,7 g/cm²) + el nematodo *H. bacteriophora* (25 JI/cm²), pero sin diferencias significativas con el insecticida. El mayor control y menor TCP logrado con la combinación de entomopatógenos indica una complementariedad entre ellos, ya que el control obtenido con el hongo fue del 62,5 %, mientras que el del nematodo fue de 37,5 %.

En el año 2001, *S. carpocapsae* fue el tratamiento biológico con mayor porcentaje de control, lo cual mostró que con una dosis de 10 JI/cm² es posible obtener un control aceptable. La combinación de *S. carpocapsae* con *H. bacteriophora* resultó en menores porcentajes de control, pero estadísticamente iguales a los obtenidos con *S. carpocapsae* y *M. anisopliae* aplicados solos. También las combinaciones hongo-nematodo mostraron valores reducidos de porcentaje de control (Cuadro 5), lo cual

puede ser el resultado de interferencias entre ambos organismos; incluso algunas especies de nematodos podrían no beneficiarse o afectarse por la presencia de hongos. Se ha encontrado que *B. bassiana* puede evitar la penetración de los nematodos si se aplica 48 h antes que los nematodos (Barbercheck y Kaya, 1990).

Experimentos de campo

Incidencia de gallinas ciegas

En el año 2000, la incidencia promedio de gallina ciega fue de 34,5 larvas/m² para el sitio El Infiernillo. Para El Carrizal y Cuilapam 1, donde se tuvo una baja captura de adultos, se registró una media de 9,4 y 5,3 larvas/m², respectivamente, por lo cual se consideran con un nivel de infestación intermedio. Se considera que una infestación alta sobrepasa 11 larvas por m² (De DiPirro *et al.*, 1999).

Para el año del 2001 en el sitio El Infiernillo se registró una densidad de población de 48 larvas/m², la cual es alta comparada con los sitios de Cuilapam 1 y 2, donde sólo se encontró un máximo de cuatro larvas/m². Sin embargo, la variedad criolla empleada en El Infiernillo es relativamente tolerante a la gallina ciega, dado su alto volumen radicular, produciendo incluso una gran cantidad de raíces aéreas. En general las variedades de maíz de tierras altas tienen sistemas radiculares muy profusos y son tardías. Jackson (2000) reportó que en Michoacán, las variedades de maíz toleran el daño radicular dado su alto volumen radicular.

Cuadro 4. Porcentaje de control y tiempo letal promedio para larvas de *Phyllophaga vetula* al aplicar dos agentes entomopatógenos, en el estado de Oaxaca, México.

Hongo (1,7 g arroz/cm ²)	Nematodo (25 juveniles infectados/cm ²)	Control (%)	Tiempo de control promedio (días)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0	62,5 abc †	53 a
<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	87,5 ab	20 c
<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Steinernema feltiae</i>	43,8 abc	53 a
<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Steinernema carpocapsae</i>	75,0 abc	20 c
0	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	37,5 bc	53 a
0	<i>Steinernema feltiae</i>	68,8 abc	20 c
0	<i>Steinernema carpocapsae</i>	31,3 c	55 a
0	<i>H. bacteriophora</i> + <i>S. feltiae</i>	62,5 abc	53 a
0	<i>S. feltiae</i> + <i>S. carpocapsae</i>	50,0 abc	30 b
0	0	62,5 abc	35 b
Insecticida Granudín® 4% (50 kg/ha)		100,0 a	20 c

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Rendimientos de maíz

En el año 2000 se cosecharon sólo dos experimentos, el de Cuilapam y el Carrizal, debido a que el de El Infiernillo fue severamente afectado por acame como consecuencia de una lluvia torrencial ocurrida el 22 de septiembre.

En el experimento establecido en Cuilapam, los efectos de los tratamientos no fueron estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$). Sin embargo, el testigo absoluto fue el tratamiento menos rendidor. En el experimento establecido en El Carrizal se observó que la combinación *S. carpocapsae* + *M. anisopliae* (Sc + Ma) produjo los mayores rendimientos, los cuales se asociaron con un mayor tamaño de mazorca (Cuadro 6). Estos rendimientos son mayores a los obtenidos con *S. carpocapsae* (Sc) por sí solo, lo cual indica una interacción positiva entre el nematodo y el hongo.

El efecto positivo de la aplicación conjunta de nemátodos + hongos entomopatógenos ya se había mencionado previamente, pero también podría haber efectos negativos. Barbercheck y Kaya (1991) encontraron que larvas de *Spodoptera exigua* atacadas por *B. bassiana* fueron más susceptibles a la infección de *H. bacteriophora*, pero no a *S. carpocapsae*.

Durante el año 2001, solamente se obtuvieron diferencias significativas en el experimento ubicado en la localidad de El Infiernillo, el más infestado con gallina ciega (Cuadro 7). Los mayores rendimientos y menores porcentajes de acame se obtuvieron con el insecticida Granudín®, seguido por los tratamientos de *S. feltiae* (Sf), *S. carpocapsae* (Sc) + *M. anisopliae* (Ma) y *H. bacteriophora* (Hb). Los rendimientos de forraje siguieron un patrón similar a los de grano, pero los obtenidos con Sc + Ma, así como los obtenidos con Sf fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0,05$) entre ellos y a los obtenidos con el insecticida.

Cuadro 5. Peso seco del follaje de maíz (*Zea mays* L.) y porcentaje de control de larvas de *Phyllophaga vetula*, en el estado de Oaxaca, México Año 2001.

Descripción del tratamiento	Peso seco (g/planta)	Control (%)
Ma 6×10^8 esporas/planta	3,0 a †	80,1 abc
Ma 6×10^8 esporas/planta + Hb (10 JI/cm ²)	2,9 a	53,3 bc
Ma 6×10^8 esporas/planta + Sf (10 JI/cm ²)	1,9 b	73,0 abc
Ma 6×10^8 esporas/planta + Sc (10 JI/cm ²)	3,1 a	67,6 abc
Hb(10 JI [†] /cm ²)	3,4 a	53,2 bc
Sf(10 JI/cm ²)	3,6 a	67,1 abc
Sc(10 JI/cm ²)	2,3 ab	87,8 ab
Sf (5 JI/cm ²) + Hb (5 JI/cm ²)	2,2 ab	40,3 bc
Sc (5 JI/cm ²) + Hb (5 JI/cm ²)	1,9 b	80,2 abc
Testigo (sin control)	1,6 b	67,0 abc
Insecticida Granudín® 4% (25 kg/ha)	3,3 a	100,0 a

Ma: *Metarhizium anisopliae*; Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*; Sf: *Steinernema feltiae* y Sc: *Steinernema carpocapsae*
 JI: Juveniles Infeccivos

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 6. Rendimientos de grano (kg/ha) de maíz (*Zea mays* L.) en El Carrizal, estado de Oaxaca, México. Año 2000.

Tratamiento	Peso por mazorca (g)	Rendimiento de grano (kg/ha)
Hb 200 JI [†] /planta	107,5 a	2340 cd
Sf 200 JI/planta	138,7 ab	3001 abc
Ma 2×10^8 esporas/planta	117,7 b	2472 bcd
Sc 200 + Ma 6×10^8	157,8 a	3302 a
Sc 200 JI/planta	108,0 b	2296 d
Sc 400 JI/planta	114,0 b	2349 cd
Granudín® 4% (25 kg/ha)	135,5 ab	3092 ab
Testigo (sin control)	118,2 b	2454 bcd

Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*; Sf: *Steinernema feltiae*; Ma: *Metarhizium anisopliae* y Sc: *Steinernema carpocapsae*
 JI: Juveniles Infeccivos

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

Cabe mencionar que *S. feltiae* es un nemátodo aislado en el estado de Oaxaca (Ruiz *et al.*, 2003), lo cual podría explicar su mayor eficiencia de control con relación a los nematodos exóticos *S. carpocapsae* y *S. bacteriophora*. Lacey *et al.*, (2001), recomiendan la utilización de nematodos nativos, ya que además de que los nematodos exóticos podrían encontrar un antagonismo fuerte con los nativos, estos últimos mostraron una mayor movilidad en los bioensayos realizados.

CONCLUSIONES

En su desarrollo temprano, el maíz puede tolerar entre dos a cuatro larvas/planta de *P. vetula*.

En condiciones semicontroladas *S. feltiae* solo, o la combinación de *M. anisopliae* con *H. bacteriophora*, produjeron los mayores porcentajes de control, lo cual implica una interacción positiva entre ambos agentes de control.

Tomando en cuenta solo los experimentos de campo con presencia significativa de gallina ciega, se puede concluir que los organismos entomopatógenos *S. carpocapsae* (1.500 JI/planta) en combinación con *M. anisopliae* (2×10^8 esporas/planta) o *S. feltiae* (1.500 JI/planta) por sí solo, son recomendables para el control de larvas de *P. vetula*.

LITERATURA CITADA

Albert, L. 1988. Contaminación de los alimentos por productos químicos. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México. 32 p.

Cuadro 7. Rendimiento de grano y forraje de maíz (*Zea mays* L.) y porcentaje de acame en El Infiernillo, estado de Oaxaca, México. Año 2001.

Tratamiento	Rendimiento de grano (kg/ha)	Rendimiento de forraje (kg/ha)	Acame (%)
Hb 1.500 JI [†] /planta	3311 ab †	5202 c	79,2 a
Sf 1.500 JI/planta	3780 ab	6808 abc	77,7 a
Ma 2×10^8 esporas/planta	2842 b	5508 c	82,7 a
Sc 1.500+ Ma 6×10^8 esp/planta	3587 ab	7210 ab	76,0 a
Hb 3.000 JI/planta	3477 ab	6171 abc	71,2 a
Sf 3.000 JI/planta	2953 b	5495 bc	75,2 a
Granudín® 4 % (25 kg/ha)	4112 a	911 a	20,7 b
Testigo	3256 b	6082 bc	85,5 a
Sc 3.000 JI/planta	3118 b	6043 bc	85,2 a
Sc 1.500 JI/planta	3118 b	5839 bc	81,2 a

Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*; Sf: *Steinernema feltiae*; Ma: *Metarhizium anisopliae* y Sc: *Steinernema carpocapsae*
 JI: Juveniles Infeccivos

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

Badilla F., M.; C. S. Chacón y C. Sáenz. 1999. Utilización de trampas de luz para la captura de adultos de *Phyllophaga* spp. en caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 51: 59-65.

Barbercheck, M. E. and H. K. Kaya. 1990. Interactions between *Beauveria bassiana* and the Entomogenous Nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. Journal of Invertebrate Pathology 55: 225-234.

Barbercheck, M. E. and H. K. Kaya. 1991. Competitive interactions between entomopathogenic nematodes and *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in soilborne larvae of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Environmental Entomology 20 (2): 707-712.

Burges, H. D. 1998. Formulation of mycoinsecticides. In: H. D. Burges (Ed.). Formulation of microbial biopesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 131-187.

Dipirro, M.; P. A. Glosoza and M. J. Weiss, 1999. White grub management. Entomology Department. North Dakota State University. 7 p.

Jackson, T. 2000. Corn growing in crisis in the Valleys of Mexico. Scarab Biocontrol News 5: 3-4.

Lacey L. A.; J. S. Rosa, N. O. Simoes, J. J. Amaral and H. K. Kaya 2001. Comparative dispersal and larvicidal activity of exotic and Azorean isolates of

- entomopathogenic nematodes against *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Eur. J. Entomol.* 98: 439-444.
- Kard, B. M. R.; F. Hain and W. M. Brooks. 1988. Field suppression of white grub species (Coleoptera: Scarabaeidae) by the entomogenous nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *Journal of Economic Entomology* 81: 1033-1040.
- Koppenhöfer, A. M.; E. M. Fuzy, R. Crocker, W. Gelernter and S. Polavarapu. 2004. Pathogenicity of *Steinernema scarabaei*, *Heterorhabditis bacteriophora* and *S. glaseri* to twelve white grub species. *Biocontrol Sci. Technol.* 14: 87-92.
- Morón, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* Harris en México. (Insecta: Coleóptera). Instituto de Ecología, Jalapa, Veracruz, México. 341 p.
- Ramírez Salinas, C. y A. E. Castro Ramírez. 2000. El complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de maíz, en El Madronal, municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) 79: 17- 41.
- Rodríguez del Bosque, L. A. 1993. Abundancia estacional y ecología de Coleópteros rizófagos: un estudio durante 15 años en agroecosistemas del norte de Tamaulipas. *In: M. A. Morón* (Ed). *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*. Veracruz, México. Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, México. p. 7-15.
- Ruiz V., J.; F. Arce, J. García y H. K. Kaya. 1998. Colecta de nematodos entomopatógenos para el control de larvas de escarabeidos en Oaxaca. *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, México.* p. 254-256.
- Ruiz V., J.; T. Aquino B., H. K. Kaya y P. Stock. 2003. Colecta y evaluación de nematodos entomopatógenos para el control de gallinas ciegas *Phyllophaga vetula* (Horn) en Oaxaca, México. *Folia Entomol. Mex.* 42: 167-175.
- Saunders, J. L.; D. Coto y A. B. S. King. 1998. Las plagas invertebradas de cultivos alimenticios anuales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 306 p.
- Sifuentes, J. A. 1985. Plagas del maíz en México. Folleto Técnico No. 85. Tercera edición. INIA-SARH, México, D. F.
- Solís, A. J. F.; H. H. González, G. E. Hernández y M. F. J. Flores. 1999. Control químico de *Scyphophorus acupunctatus* en Jalisco. *Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, México.* p. 679-683.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. Institute Incorporation, SAS/STAT. User's Guide, Version 9.0, SAS Institute Inc., Cary North Caroline, USA.
- Villalobos, J. F. 1992. The potential of entomopathogens for the control of white grub pests of corn in México. p. 253-260. *In: T. A. Jackson and T. R. Glare* (Eds.). *Use of pathogens in scarab pest management*. Intercept Ltd., Andover, Hampshire.