

RESEARCH/INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE DOS CEPAS DE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS (STEINERNEMATIDAE, HETERORHABDITIDAE) PARA EL CONTROL DEL SALIVAZO (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) EN CAÑA DE AZÚCAR

P. F. Grifaldo-Alcántara¹, R. Alatorre-Rosas², J. A. Villanueva-Jiménez^{3*},
F. Hernández-Rosas⁴, S. P. Stock⁵, y G. Ramírez-Valverde²

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Producción Agrícola, Av. Independencia Nacional # 151, Autlán de Navarro, Jalisco, 48900, México; ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 56230 México; ³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Km 88.5 Carr. Fed. Xalapa-Veracruz, M. F. Altamirano, Veracruz, 91963, México; ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km 348 Carr. Fed. Córdoba-Veracruz, Amatlán de los Reyes, Veracruz, 94946, México; ⁵The University of Arizona, Department of Entomology, Forbes 410, PO Box 210036, Tucson, AZ 85721-0036, USA; *Corresponding author: javj@colpos.mx

RESUMEN

Grifaldo-Alcántara, P. F., R. Alatorre-Rosas, J. A. Villanueva-Jiménez, F. Hernández-Rosas, S. P. Stock, y G. Ramírez-Valverde. 2019. Evaluación de dos cepas de nematodos (Steinernematidae, Heterorhabditidae) para el control del salivazo (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar. *Nematropica* 49:83-90.

El salivazo o mosca pinta es una plaga importante de la caña de azúcar que comprende un complejo de especies en los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia* (Hemiptera: Cercopidae). El control de estos insectos se lleva a cabo mediante insecticidas químicos, sin embargo, no siempre se logra un control efectivo. También se han aplicado hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y se ha propuesto el uso de nematodos entomopatógenos (NEP). En este estudio se midió la infectividad de dos cepas nativas de NEP, *Steinernema* sp. CP13ES perteneciente al grupo IV (bicornutum-certophorum-riobrave) y *Heterorhabditis indica* CP13JA, colectadas en parcelas con caña de azúcar del Ingenio Constancia y el Ingenio El Potrero, en Veracruz, México. Los ensayos de campo se realizaron en dos áreas de abasto de estos ingenios azucareros. Ambas cepas se mezclaron con el dispersante Break-Thru® y se asperjaron en parcelas de caña de azúcar infestadas con ninfas del salivazo. En el primer ensayo se probó la eficacia de las dos cepas de NEP más el dispersante, con la finalidad de elegir la cepa más apropiada. En el segundo ensayo se evaluó la cepa de *Steinernema* sp. en parcelas muestrales de 1 m². Los resultados del primer ensayo demostraron que ambas cepas fueron significativamente similares ($P > 0,05$) en su virulencia: el porcentaje de mortalidad observado con la cepa de *H. indica* fue de 73% y de *Steinernema* sp. 62%. Los resultados del segundo ensayo demostraron que la cepa de *Steinernema* sp. fue capaz de mantener significativamente bajas las poblaciones de salivazo ($P = 0,25$) durante 4 días comparado con el testigo, donde las poblaciones de ninfas se duplicaron en el mismo periodo de tiempo. Estos estudios demuestran el potencial de las cepas nativas de NEP para el control de ninfas del salivazo en México.

Palabras clave: Bioinsecticida, control biológico, mosca pinta, nematodos entomopatógenos, salivazo

ABSTRACT

Grifaldo-Alcántara, P. F., R. Alatorre-Rosas, J. A. Villanueva-Jiménez, F. Hernández-Rosas, S. P. Stock, and G. Ramírez-Valverde. 2019. Evaluation of two nematode strains (Steinernematidae: Heterorhabditidae) for the control of spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) nymphs in sugarcane. *Nematropica* 49:83-90.

The spittlebug or froghopper is an important pest of sugarcane that encompasses a complex of species in the genera *Aeneolamia* and *Prosapia* (Hemiptera: Cercopidae). Control of these insects is carried out with chemical insecticides; however, effective control is not always achieved. Also, entomopathogenic fungi, such as *Metarhizium anisopliae*, have been applied, and the use of entomopathogenic nematodes (EPN) has been proposed. In this study, we assessed the field virulence of two native strains, *Steinernema* sp. CP13ES (group IV, bicornutum-certophorum-riobrave) and *Heterorhabditis indica* CP13JA, collected from sugarcane fields of Constanca and La Gloria sugarcane mills in Veracruz, Mexico. Field trials were conducted in two areas of these sugarcane mills. Both strains were mixed with the adjuvant Break-Thru[®] and were sprayed in sugarcane plots infested with spittlebug nymphs. In the first trial, we tested the efficacy of the two EPN strains in conjunction with a dispersant agent to select the most appropriate strain. In the second trial, we evaluated *Steinernema* sp. strain considering 1-m² field plots. Results from trial 1 showed that both strains were significantly similar ($P > 0.05$) in their virulence: *H. indica*, recorded 73% mortality and *Steinernema* sp. 62%. Results from trial 2 demonstrated that the *Steinernema* strain was able to maintain a significantly lower ($P = 0.25$) spittlebug population for 4 days when compared to the control, whereas the nymph populations doubled during the same time period. These studies show the potential of the native EPN for field control of spittlebug nymphs in Mexico.

Key words: Bioinsecticide, biological control, entomopathogenic nematodes, froghopper, spittlebug

INTRODUCCIÓN

El salivazo o mosca pinta es un complejo de especies plaga de los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia* (Hemiptera: Cercopidae) (Bustillo *et al.*, 2011). Su distribución comprende desde el sureste de los Estados Unidos de América hasta el noreste de Argentina (Peck *et al.*, 2001). La diversidad de especies varía dependiendo de la región y/o condiciones microambientales. En el estado de Veracruz, México, este complejo lo representan especies del género *Aeneolamia*, (*A. albofasciata* y *A. contigua*) y del género *Prosapia* (*P. teapana* y *P. simulans*). Las ninfas de esta plaga se alimentan de las raicillas. Aunque el daño más relevante lo hacen los adultos en la lámina foliar, al inyectar saliva con enzimas proteolíticas que secan el área cercana donde insertan el estilete; esto puede ocasionar hasta un 70% de reducción en la productividad de la caña de azúcar, con pérdidas monetarias que fluctúan de 840 a 2100 millones de dólares anuales (Thompson, 2004; Gómez, 2007).

El control de esta plaga considera primordialmente la aplicación de insecticidas y el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) para combatir adultos, e incluye el uso de trampas pegajosas para la captura masiva de adultos, y el paso de la rastra fitosanitaria para facilitar la desecación de huevecillos (Allard *et al.*, 1990; Samson *et al.*, 2006; Tiago *et al.*, 2011). Sin embargo, estos métodos no ofrecen un control satisfactorio de los estados ninfales, los cuales se encuentran protegidos por una sustancia proteica espumosa, denominada “saliva” (Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). Otra de las alternativas biológicas para el control del salivazo es la utilización de nematodos entomopatógenos (NEP), los cuales han demostrado ser efectivos en el control de esta plaga en Brasil y Colombia (Leite *et al.*, 2005; Salguero *et al.*, 2012). En México se han aislado varias cepas de NEP, sin embargo, aún no se explora suficientemente su potencial para el control de esta plaga a nivel local (Leite *et al.*,

2005; Pillay *et al.*, 2009; Batista *et al.*, 2014). En este estudio, se investigó la virulencia de dos cepas nativas de *Steinernema* sp. (CPVC13) y *Heterorhabditis indica* (CP13JA), en ninfas del complejo *Aeneolamia-Prosapia*, en dos parcelas de caña de azúcar de la región Central de Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de especies de salivazo

Un día antes de las aplicaciones de los NEP, se colectaron 40 a 50 ninfas alrededor de cada una de las parcelas experimentales, se colocaron en cámaras de cría y se alimentaron con plántulas de caña de azúcar de 60 días de edad, variedad CP-72-2086. Los adultos emergidos se identificaron a nivel de especie mediante la clave dicotómica de Clark *et al.* (1976). Para determinar el predominio de las especies presentes, se comparó la cantidad de especies presentes en el muestreo en las parcelas de las diferentes localidades e Ingenios mediante la prueba de χ^2 ; se utilizó la prueba exacta de Fisher cuando la presencia de algunas especies fue menor al 5%.

Cepas de NEP y preparación del inóculo

Las cepas nativas de nematodos entomopatógenos *Steinernema* sp. cepa CP13ES (bicornutum-certophorum-riobrave) y *Heterorhabditis indica* cepa CP13JA, se aislaron desde muestras de suelo colectadas en parcelas de caña de azúcar en la localidad La Estrella, municipio de Tezonapa (18°36' LN, 96°41' LW, 220 msnm) y en la localidad Jareros, municipio de Úrsulo Galván (19°14' LN, 96°18' LW, 20 msnm), en el estado de Veracruz, México. Ambas cepas se propagaron en larvas de *Galleria mellonella* (L.) siguiendo procedimientos descritos por Kaya y Stock (1997). Los juveniles infectivos (JI) emergentes de cadáveres se colectaron, desinfectaron y almacenaron de acuerdo a los métodos descritos por Kaya y Stock (1997).

Para los estudios de campo se preparó un inóculo de 1×10^7 juveniles infectivos (JI), el cual se colocó sobre hojas de papel filtro (Whatman #1) de 24x27 cm. El papel filtro se colocó en bolsas de plástico con cierre hermético y se almacenó a 4°C antes de su traslado a campo. Pevio a la aplicación, se removió el papel de filtro embebido con los

nematodos y estos se colocaron en recipientes individuales de plástico de 15 L. Seguidamente se agregaron 8 L de agua más la dosis recomendada (1.2 mL) del coadyuvante Break-Thru® (Bayer) para mantener homogenizada la suspensión de los NEP (dosis recomendada: 30 mL/ha en 200 L de agua). Los recipientes se agitaron vigorosamente durante 3 min para liberar a los JI del papel filtro. La suspensión se vertió en un tanque aspersor de 20 L, equipado con boquilla de abanico (abertura mayor a 500 μ m), a una presión de 80 lb pulg⁻² (Shapiro-Ilan *et al.*, 2006). El testigo consistió en la aplicación de 20 L de agua más 3 mL del dispersante Break-Thru®.

Características de los sitios experimentales

Las parcelas utilizadas en los experimentos se seleccionaron con base en las siguientes características: 1) alta infestación con salivazo, según lo reportado por los técnicos cañeros encargados de la zona, 2) suelos sin problemas de inundación, y 3) parcela sin tratamiento químico previo (al menos 1 mes). Además, la caña de azúcar se encontraba en fase resoca 1 a 5. Las aplicaciones se realizaron en agosto y septiembre de 2014 y 2015, durante los picos de población más altos de la plaga (García-García *et al.*, 2006). En cada ensayo, las parcelas se irrigaron antes y después de las aplicaciones para favorecer la sobrevivencia y el desplazamiento de los nematodos. En ambos ensayos, las aplicaciones se realizaron entre las 6 y 7 h de la mañana, con humedad relativa (HR) ambiental cercana a saturación (98 a 100%) y radiación solar mínima.

Ensayo 1: Comparación de la virulencia de las cepas en campo

Este ensayo se realizó en 2014, en cuatro localidades del estado de Veracruz (Cuadro 1). Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones por cada localidad (Fig. 1). Los tratamientos fueron: T1: *Steinernema* sp. + dispersante (Break-Thru®), T2: *H. indica* + dispersante, y T3: Testigo con aplicación de agua + dispersante. Cada parcela experimental consistió de tres surcos de 10,0 x 3,6 m largo/ancho, con la parcela útil en el área central de 4,0 x 2,4 m largo/ancho (Fig. 1), donde se localizaron y demarcaron 10 ninfas en el suelo, al enterrar un alambre de acero inoxidable con un

Cuadro 1. Localidades del estado de Veracruz, México, donde se aplicaron los nematodos entomopatógenos nativos sobre ninfas de salivazo en caña de azúcar.

Ingenio	Localidad y municipios del estado de Veracruz, México	Localización geográfica	Variedad de caña de azúcar
Constancia	Estrella, Acatlán	18°33'34.6" N 96°38'00.0" W	CP 72-2086, ITV 92-1424, Mex 69-290
Constancia	Rancho Tablas, Acatlán	18°33'53.8" N 96°39'00.0" W	Mex 69-290
Potrero	California, Ejido Ojo de Agua, Amatlán de los Reyes	18°51'22.9" N 96°59'53.1" W	ITV 290, CP 72-2086
Potrero	Rincón de Otates, Amatlán de los Reyes	18°55'62.4" N 96°52'28.9" W	Mex 79-431

banderín de plástico a un lado del salivazo. La parcela experimental consistió en una de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. La suspensión de NEP aplicada en cada parcela fue de 66.000 JI m² (2.376.000 JI por repetición en 36 m²), de acuerdo al protocolo descrito por Leite *et al.* (2005). En los surcos de separación entre parcelas experimentales solo se aplicó agua sin la suspensión de NEP.

El efecto de los NEP se evaluó cinco días después de cada aplicación. Para ello, se colectaron cuidadosamente las 10 ninfas de cada repetición que se marcaron previamente con los banderines. Para mantener vivas las ninfas, se colocaron en contenedores individuales con trozos de plántulas de caña de azúcar; los contenedores se mantuvieron por dos días en cámaras húmedas hechas con placas Sarstedt (AC & Co; Nümbrecht, Alemania) y papel filtro estéril. Seguidamente, las ninfas se diseccionaron bajo microscopio estereoscópico (AmScope™ Sw-2t13z Iluminación) para confirmar la presencia de NEP. El porcentaje de mortalidad se calculó con 10 ninfas por tratamiento

y localidad. Los datos se sometieron a un análisis de varianza con el modelo mixto: $R_{ij} = \mu + \tau_i + S_j + \tau S_{ij} + E_{ij}$, donde: $S_j \sim N(0, \sigma_s^2)$, $\tau S_{ij} \sim N(0, \sigma_{\tau s}^2)$, τ_i = Efecto del tratamiento i , S_j = Efecto aleatorio del sitio j , S_{ij} = Efecto del tratamiento del sitio j y el tratamiento i , R = Porcentaje de ninfas muertas por nematodos. Posteriormente se realizó la prueba de medias DMS de Fisher con corrección de Bonferroni, mediante el paquete estadístico Infostat v. 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

Ensayo 2: Valoración en campo de *Steinernema* sp. sobre ninfas de salivazo

Para establecer el segundo ensayo, solo se utilizó la cepa de *Steinernema* sp., debido a que este género se encuentra presente en diferentes ingenios azucareros; además, a temperaturas de 30 a 35° C la emergencia de JI de la cepa CP13ES ocurre rápidamente (5 ó 6 días), con una generación de adultos (datos no publicados). Se seleccionaron dos parcelas colindantes de 10 x 80 m cada una, tanto en la localidad de California, como en Rincón del Otate (Cuadro 1). El inóculo consistió en una suspensión de JI a una concentración de 66.000 JI/m² en 19 L de agua y el dispersante (agregado en la misma concentración que en el primer ensayo). En el testigo se aplicó agua y dispersante. La aplicación se realizó de la misma forma que en el ensayo 1. En cada parcela se seleccionaron de forma sistemática y en zigzag, nueve puntos de muestreo de 1,0 m², con una planta de caña de azúcar en el centro. En cada punto de muestreo se contaron las ninfas presentes en la base de la planta. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el modelo de regresión de Poisson: $\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5$

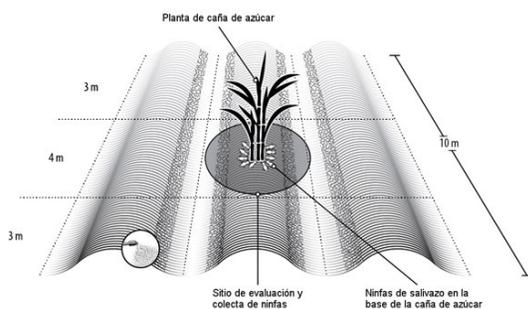


Figura 1. Delimitación de la parcela útil en la parcela experimental (repetición) de caña de azúcar y forma de aplicación de los nematodos entomopatógenos en los surcos. La parte central indica el punto de evaluación y colecta de las ninfas de salivazo.

+ $\beta_6 XIX2 + \beta_7 XIX3 + \beta_8 XIX4$, donde la covariable fue el número de ninfas al inicio del experimento; las interacciones del modelo ($XIX2$, $XIX3$ y $XIX4$) se representaron con la respuesta de los tratamientos en los días 2, 3 ó 4. Las variables “dummy” tomaron los siguientes valores: $X1 = 1$, si es del Tratamiento 1 (*Steinernema* sp.), ó $X1 = 0$, si es del Tratamiento 2 (Testigo); $X2 = 1$, si es del día 2 ó $X2 = 0$ si es de otra forma; $X3 = 1$, si es del día 3, ó $X3 = 0$ si es de otra forma; $X4 = 1$, si es del día 4, ó $X4 = 0$, si es de otra forma; $X5 =$ Número de ninfas al inicio del experimento; $y =$ Número de sobrevivencia de ninfas. La significancia de los términos del modelo se realizó a través de la prueba de Wald. Con la finalidad de observar si los NEP influyen en la capa de protección natural de las ninfas, se evaluó en forma cualitativa la cantidad de saliva producida por cada ninfa en cada uno de los nueve puntos de muestreo, para lo cual se utilizó la siguiente escala: nivel alto = 3, mediano = 2, bajo = 1. La cantidad de saliva se analizó con el siguiente modelo de medidas repetidas en el tiempo, basado en una matriz de correlación de simetría compuesta: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + T_j + \tau T_{ij} + E_{ij}$; donde: $\mu =$ Media general; $Y_{ij} =$ Cantidad de saliva en el tratamiento i , y el tiempo j ; $\tau_i =$ Efecto de Tratamiento i ; $T_j =$ Efecto de Tiempo j ; $\tau T_{ij} =$ Efecto de interacción tiempo j y tratamiento i ; $E_{ij} =$ Error experimental en el tiempo i en el tratamiento j . Este análisis se realizó con el paquete estadístico Infostat v. 2015 (Di Rienzo et al., 2015).

RESULTADOS

A. albobfasciata fue la única especie presente en las cuatro parcelas y predominó en el Ingenio Constancia para ambas localidades ($P = 0,50$); en el caso del Ingenio El Potrero, esta especie solo predominó en la localidad California ($P < 0,0001$), observándose el mayor número de especies en la localidad de Rincón de Odate; en ambas parcelas, la diferencia entre las especies del complejo *Aeneolamia* y el complejo *Prosapia* es significativa ($P = 0,042$) (Cuadro 2). Aunque *Prosapia teapana* se registró en tres de las cuatro localidades, siempre se presentó en bajas proporciones.

Los resultados del primer ensayo demostraron que ambas cepas de NEP fueron efectivas en causar la muerte de las ninfas del salivazo. La virulencia de ambas cepas fue similar, registrándose 73% (E.E. (5,47 %) de mortalidad de ninfas para *H. indica*, y 62% (E.E. 4,77 %) para *Steinernema* sp.

La prueba de medias mostró que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en la proporción de mortalidad causada por ambas cepas. Sin embargo, las comparaciones entre la mortalidad de los tratamientos con respecto al testigo (14%) fueron significativas ($P = 0,015$, Fig. 2). No se encontraron efectos atribuibles a la interacción entre los sitios y los tratamientos ($P = 0,88$), o a los sitios experimentales *per se* ($P = 0,99$).

En el segundo ensayo se observó una interacción significativa ($P = 0,0001$) entre el tratamiento (*Steinernema* sp. + dispersante) y el tiempo de evaluación (Fig. 3); la cantidad observada de ninfas que fueron tratadas con *Steinernema* sp. + dispersante fue distinto al del testigo ($P = 0,0001$); es decir, la aplicación de esta cepa mantuvo significativamente bajas las poblaciones de ninfas durante los 4 días de la evaluación, mientras que en el testigo las poblaciones de ninfas aumentaron en el tiempo ($P < 0,0001$). La variable “producción de saliva” no fue de utilidad en el ensayo, ya que no mostró una clara diferencia entre tratamientos ($P = 0,07$), con la interacción entre el tiempo y el tratamiento ($P = 0,46$), ni con el tiempo como factor principal ($P = 0,27$).

DISCUSIÓN

En este estudio se demostró que las dos cepas nativas de NEP evaluadas tienen potencial para el control de las ninfas del salivazo en México. En estos ensayos se observó que los NEP nativos son capaces de atravesar la capa espumosa que protege a las ninfas de salivazo y causar una mortalidad moderada (62% a 75%). Batista y Auad (2010) notaron que *Steinernema riobrave* y *Heterorhabditis amazonensis* ocasionaron mortalidad de 71 y 57% respectivamente, en ninfas de *Mahanarva spectabilis*, con un inóculo de 2000 NEP/mL. Salguero et al. (2012) encontraron que con *Heterorhabditis* sp. se logró mayor mortalidad de *Aeneolamia varia* (76%), que con *Steinernema* sp. (42%). De forma similar, Ferrer et al. (2004), demostró que *Heterorhabditis bacteriophora* es capaz de causar hasta 75% de mortalidad en ninfas de *A. varia* en una dosis de 5×10^7 JI/ha. Leite et al. (2005) utilizaron *Heterorhabditis* sp. a dosis de $6,6 \times 10^7$ JI/ha y obtuvieron entre 43 y 74% de mortalidad de ninfas de *Mahanarva fimbriolata* en caña de azúcar.

Cuadro 2. Presencia de especies de salivazo o mosca pinta en las localidades donde se aplicaron los nematodos entomopatógenos nativos, en Veracruz, México.

Ingenio	Localidad	Variedad de la caña	Especie de la mosca pinta	% de presencia
Constancia	Estrella	CP 72-2086	<i>Aeneolamia albofasciata</i> = <i>postica</i>	100
		ITV 92-1424		
		Mex 69-290		
Constancia	Rancho Tablas	Mex 69-290	<i>A. albofasciata</i> = <i>postica</i>	98
			<i>Prosapia teapana</i>	2
Potrero	California	ITV 290	<i>A. albofasciata</i> = <i>postica</i> <i>Prosapia simulans</i> <i>P. teapana</i>	91
		CP 72-2086		6
				3
Potrero	Rincón del Otate	Mex 79-431	<i>A. albofasciata</i> = <i>postica</i>	43
			<i>Aeneolamia contigua</i>	38
			<i>P. simulans</i>	12
			<i>P. teapana</i>	7

Si bien ambas cepas fueron efectivas, en el segundo ensayo se utilizó la cepa de *Steinernema* sp. por tener características más favorables para su propagación en condiciones de laboratorio. En este estudio se observó que *Steinernema* sp. también mantuvo la población de ninfas en niveles bajos cuando fueron comparados con la densidad en la parcela testigo, donde la población incrementó al final del periodo de evaluación.

Esta investigación también sugiere que *Steinernema* sp. cepa CPVC13 y *H. indica* cepa CPJA13 están pre adaptadas a las condiciones de temperatura y humedad presentes en la región. En referencia a esto Kung *et al.* (1991), Grewal *et al.* (1994) y Shapiro-Ilan *et al.*, 2006, propusieron que las cepas de NEP nativas son proclives a tener mayor eficiencia en el control de sus huéspedes en su sitio de origen, en comparación con los organismos introducidos. Finalmente, las cepas evaluadas demostraron una efectividad similar a la

observada en estudios previos y sugieren su potencial para el control del salivazo.

A pesar de que no se observaron diferencias en el tamaño de la saliva que cubría a las ninfas tratadas y no tratadas con *Steinernema*, se requerirán trabajos de laboratorio para dilucidar si esta capa protectora de espuma es capaz de reducir el potencial de los NEP como agentes de control biológico en este complejo de especies. Parada (2014) realizó ensayos de patogenicidad en laboratorio con cepas de *Heterorhabditis* y *Steinernema* aisladas de suelo de la zona Central de Veracruz, inoculadas sobre *A. albofasciata*; determinó que ambos nematodos fueron capaces de atravesar la saliva que protege a la ninfa, matar y desarrollarse en los cadáveres, y producir una nueva progenie.

Si bien no se revisó el efecto ocasionado por el uso de un dispersante como Break-Thru® en la efectividad en el control de ninfas de salivazo, los valores obtenidos confirman lo encontrado en investigaciones previas (Parada, 2014). Debido a que la gran diversidad de formulaciones de los coadyuvantes podría tener un efecto aditivo e inclusive negativo en los NEP, se requerirá evaluar su efecto con estas u otras cepas que presenten potencial como agentes de control biológico. Por otro lado, será necesario intensificar los estudios de aplicación en campo con presencia de ninfas en diferentes niveles de infestación y con diferentes dosis de NEP aplicados. Además, será indispensable estudiar cómo estandarizar la producción masiva de estas cepas antes de poder utilizar alguna de ellas comercialmente. Esto

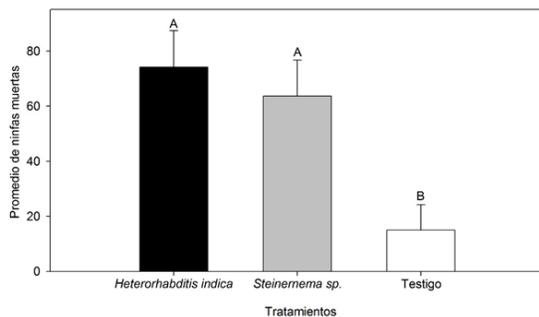


Figura 2. Prueba de medias para la infectividad en campo de *Steinernema* sp. y *Heterorhabditis indica*. Barras con misma letra indican que no existen diferencias entre sí.

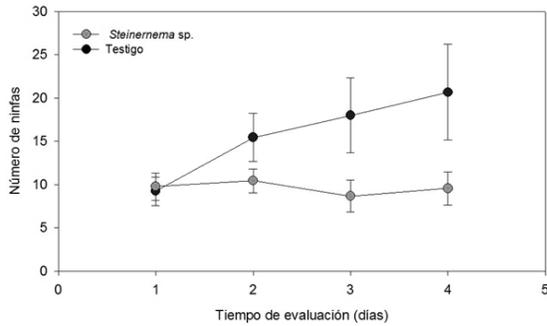


Figura 3. La interacción entre tratamientos y el tiempo de evaluación indica que el nematodo *Steinernema* sp. mantiene bajas las poblaciones de ninfas de salivazo, las cuales se incrementan paulatinamente en el testigo.

podría reducir de forma considerable el uso de insecticidas como los carbamatos, organoclorados y organofosforados, varios de ellos ya prohibidos en diferentes países, incluido México.

LITERATURA CITADA

- Alatorre-Rosas, R., y F. Hernández-Rosas. 2015. Mosca pinta, *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Hemiptera: Cercopidae). Pp. 141-164 in Arredondo-Bernal, H., and L. A. Rodríguez del Bosque. Casos de control biológico en México. México, Ed. Colegio de Postgraduados.
- Allard, G. B., C. A. Chase, J. B. Heale, J. E. Isaac, and C. Prior. 1990. Field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Hemiptera: Cercopidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 55:41-46.
- Batista, E. S de P., and A. M. Auad. 2010. Application methods of entomopathogenic nematodes for control of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae). *Biocontrol Science and Technology* 20:1079-1085.
- Batista, E. S. de P., A. M. Auad, V. Andaló, and C. M. de O. Monteiro. 2014. Virulence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) to spittlebug *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae). *Arquivos do Instituto Biológico* 81:145-149.
- Bustillo P., G. Rosero., S. Moreno., N. López, V. Castro, y O. Vargas. 2011. Control biológico del salivazo *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Evaluación de nematodos entomopatógenos. Serie Divulgativa-CENICAÑA, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, (15).
- Clark, W. E., G. E. Ibarra-Díaz, and H. W. Van Cleave. 1976. Taxonomy and biology of spittlebugs of the genera *Aeneolamia* Fennah and *Prosapia* Fennah (Cercopidae) in Northeastern Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 34:13-24.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada, and C. W. Robledo. 2015. InfoStat Versión 2015. Universidad Nacional de Córdoba. Grupo Córdoba, Argentina. InfoStat, FCA. <http://www.infostat.com.ar>
- Ferrer, F., M. Arias, A. Trelles, G. Palencia, J. M. Navarro, y R. Colmenarez. 2004. Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 72:39-43.
- García-García, C. G., J. López-Collado, M. E. Nava-Tablada, J. A. Villanueva-Jiménez, y J. Vera-Graziano. 2006. Modelo de predicción de riesgo de daño de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology* 35:677-688.
- Gómez, L. L. A. 2007. Manejo del salivazo *Aeneolamia varia* en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Río Cauca. Informe especial. *Carta Trimestral Cenicaña* 29:10-17.
- Grewal, P. S., S. Selvan, and R. Gaugler. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: Niche breadth for infection, establishment and reproduction. *Journal of Thermal Biology* 19:245-253.
- Kaya, H. K., and S. P. Stock. 1997. Chapter IV- Techniques in insect nematology. Pp. 281-324 in Lacey, L. A. (ed.) *Manual of Techniques in Insect Pathology*. London: Academic Press.
- Kung, S.-P., R. Gaugler, and H. K. Kaya. 1991. Effects of soil temperature, moisture, and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology* 57:242-249.

- Leite, L. G., L. A. Machado, R. M. Goulart, F. M. Tavares, and A. B. Filho. 2005. Screening of entomopathogenic nematodes (Nemata: Rhabditida) and the efficiency of *Heterorhabditis* sp. against the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Fabr.) (Hemiptera: Cercopidae). Neotropical Entomology 34:785-790.
- Salguero, C. A. M., A. E. B. Pardey, J. C. L. Núñez, U. C. Valderrama, y G. D. R. Sánchez. 2012. Virulencia de nematodos entomopatógenos para el control del salivazo *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) en caña de azúcar. Revista Colombiana de Entomología 38:260-265.
- Parada, D. O. 2014. Efecto del tipo de suelo en la persistencia de nematodos entomopatógenos y patogenicidad sobre el salivazo de la caña de azúcar. Tesis. Posgrado de Fitosanidad-Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 51 p.
- Peck, D., U. Castro, F. López, A. Morales, and J. Rodríguez. 2001. First records of the sugarcane and forage grass pest, *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), from South America. Florida Entomologist 84:402-409.
- Pillay, U., L. A. Martin, R. S. Rutherford, and S. D. Berry. 2009. Entomopathogenic nematodes in sugarcane in South Africa. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association 82:538-541.
- Samson, P. R., T. N. Staier, and J. I. Bull. 2006. Evaluation of an application procedure for *Metarhizium anisopliae* in sugarcane ratoons for control of the white grub *Dermolepida albobirtum*. Crop Protection 25:741-747.
- Shapiro-Ilan, D. I., D. H. Gouge, S. J. Piggott, and J. P. Fife. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. Biological Control 38:124-133.
- Thompson, V. 2004. Associative nitrogen fixation, C4 photosynthesis, and the evolution of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) as major pests of neotropical sugarcane and forage grasses. Bulletin of Entomological Research 94:189-200.
- Tiago, P. V., H. M. de L. Souza, J. B. Moysés, N. T. de Oliveira, and E. A. de L. A. Lima. 2011. Differential pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and the control of the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. Brazilian Archives of Biology and Technology 54:435-440.

Received:

27/III/2018

Accepted for publication:

16/V/2018

Recibido:

Aceptado para publicación: