

Evaluación de nematodos entomopatógenos para el control del picudo de la piña en el estado Táchira Venezuela

Evaluation of entomopathogenic nematodes to control pineapple weevil in Tachira state Venezuela

María García-Caicedo¹, Ángel Torres¹ y Ángel Ochoa¹

¹Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Táchira). Bramón, estado Táchira, Venezuela. Correo electrónico: mcaicedo@inia.gob.ve.

RESUMEN

El cultivo de la piña, *Ananas comosus* (L.) Merrill, se ve afectado por la incidencia de diversos insectos plaga, entre ellos el coleóptero *Metamasius dimidiatipennis* (Jekel), conocido como el picudo de la piña, que ocasiona daños al perforar tallos y hojas. Para su control se evaluaron cepas nativas y foráneas de nemátodos entomopatógenos (NEPs) pertenecientes a los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* (cepas 044, 037, 075, SCALL y HP88) en condiciones de laboratorio en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Táchira). Se utilizaron larvas del insecto en sus últimos dos estadios, colectados en plantaciones de piña, en el municipio Libertad, estado Táchira. Se determinaron tiempos letales (TL50 y TL95), dosis letales (DL50 y DL95) y un modelo de regresión tiempo-mortalidad para cada cepa de NEPs en el estadio juvenil infectivo (JI). Se evaluaron diferentes concentraciones de NEPs: 0, 100, 300, 500, 700 y 1.000 JI/ml, con cuatro repeticiones de cinco larvas de picudo, cada una en placas de Petri y se registró el número de individuos muertos cada 24 h durante 6 días. Las larvas muertas por nemátodos se reconocían por presentar una consistencia suave y olor no fétido. Entre las cepas nativas, 075 obtuvo mejor resultado con un DL50 y TL50 de 500 JI/ml y 2,05 días, respectivamente, seguida de 044 y 037, todas pertenecientes al género *Steinernema*.

Palabras clave: *Ananas comosus* (L.), Curculionidae, Bromeliaceae.

ABSTRACT

The pineapple, *Ananas comosus* L., known as the queen of the fruits, is used for fresh consumption, alcoholic drinks, pharmaceutical use, and fiber production. However, its production is affected by the incidence of various insect pests including *Metamasius dimidiatipennis*, known as the pineapple weevil. This insect infests the crop by perforating stems and leaves. For controlling this insect, native and foreign strains of entomopathogenic nematodes of the genus *Steinernema* and *Heterorhabditis* (Strains 044, 037, 075, SCALL, and HP88) were used under laboratory conditions at the INIA Táchira. Larvae of the insect in its last two stadia were collected from infested plants at Libertad County in Táchira. Lethal times (TL50 and TL95), lethal doses (DL50 and DL95) and a regression model of time Vs mortality were determined for each strain of entomopathogenic nematodes (EPNs) in its infective juvenile stage (IJ) at different concentrations: 0, 100, 300, 500, 700 and 1000 IJ/ml. Four replicates with 5 larvae each were placed in petri dishes along with the suspension of IJ added at each dose. The number of individuals killed was counted every 24 hours for 6 days. The nematode infested dead larvae were recognized for its soft consistency and no stinking smell. The native strain 075 gave the best performance with a DL50 and TL50 of 500 IJ/ml and 2,05 days, respectively, followed by strains 044 and 037, all in the genus *Steinernema*.

Key words: *Ananas comosus* L., Curculionidae, Bromeliaceae.

INTRODUCCIÓN

La piña, *Ananas comosus* (L) Merrill, es una planta perteneciente a la familia de las Bromeliáceas, es la tercera fruta tropical más importante a nivel mundial (FAO, 2011) y es reconocida como “la reina de las frutas” por sus cualidades en cuanto a sabor, aroma, tamaño y apariencia (Panamá, 2003).

En Venezuela, la piña es el quinto rubro vegetal en importancia económica después de la caña de azúcar, arroz, maíz y banano, ocupando el puesto número 13 entre los principales países productores con 360.000 t producidas en 2009 (FAO, 2011).

Las regiones productoras en el país son: andina (Táchira, Mérida, Trujillo), centro-occidental (Lara, Yaracuy), oriental (Sucre, Anzoátegui, Monagas) y sur del Orinoco. La región andina aporta 35% de la producción nacional de piña; teniendo el estado Táchira la ventaja de ofrecer una producción permanente durante todo el año, lo cual permite tener presencia continua en el mercado nacional (MPPAT, 2007).

El cultivo de la piña es una actividad agrícola importante desde el punto de vista económico y social. El área cultivada es 231 ha con una producción aproximada de 8.085 t y un valor estimado de 12.127.500 bolívares. A esta actividad se encuentran vinculadas 112 familias campesinas de pequeños y medianos agricultores, ubicados en el Hato de la Virgen y representa más 60% de la superficie cultivada (MPPAT, 2007).

El estado Táchira es una de las zonas productoras de este rubro, sin embargo su producción ha disminuido por la incidencia de un insecto plaga conocido como “gorgojo o picudo de la piña” *Metamasius dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae), ocasionando pérdidas considerables al productor (García-Caicedo *et al.*, 2012).

Este insecto es atraído por el olor de los tejidos en descomposición o por frutos sobre maduros de piña. En su estado larval el insecto hace galerías y perforaciones en la base de la planta o tallo, provocando una clorosis en las hojas que se tornan amarillentas y el fruto no madura

satisfactoriamente. En el peor de los casos, se provoca el volcamiento de la planta por pérdida de anclaje, debido a los severos ataques (Montilla *et al.*, 1997; Salas *et al.*, 1996).

Los productores de piña del municipio Libertad, estado Táchira, informan que el daño se localiza en el pedúnculo, coronas, hijos y hojas de la planta como resultado del proceso de alimentación del picudo en las etapas de larva y adulto. Además, estos daños son la puerta de entrada a hongos y bacterias que agravan el problema. Para el control de esta plaga, aplican indiscriminadamente productos químicos que perjudican la salud del productor y alteran el ecosistema, por este motivo se requiere impulsar investigaciones sobre alternativas en el control biológico del picudo.

El uso de controladores biológicos como los nematodos entomopatógenos (NEPs), constituyen una medida de control que puede incorporarse al Programa de Manejo Agroecológico de este insecto. Los NEPs pueden asperjarse al suelo durante la época de lluvias, momento en que este insecto plaga prolifera; son resistentes a ciertos productos químicos usados en la agricultura y poseen un efecto sinérgico con otros agentes entomopatógenos.

En muchos casos superan a otros patógenos provocando altos índices de mortalidad, poseen buena capacidad de adaptación a nuevos ambientes, tienen la habilidad de moverse en el suelo en la búsqueda de su hospedero si es necesario y no causan daños a las plantas ni a los mamíferos. No son perjudiciales para las personas y existe menos probabilidad que la plaga desarrolle resistencia (Rosales *et al.*, 1999).

El grupo más importante de nematodo asociados a insectos es el de los entomopatógenos, los cuales se encuentran ubicados en dos familias del orden Rhabditida: Steinernematidae y Heterorhabditidae. Los NEPs presentan una relación simbiótica con bacterias específicas (*Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, para las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae, respectivamente) que les confiere las particulares características del complejo nematodo-bacteria.

Dentro del ciclo de vida de los nematodos entomopatógenos se encuentra un estadio

llamado juvenil infectivo (JI), que es la única etapa infectiva y de vida libre de su ciclo. En esta fase pueden sobrevivir varios meses en el suelo sin alimentarse, buscando activamente hospedadores. El tiempo del ciclo de vida desde la infección hasta la salida de los juveniles es 7 a 10 días *Steinernema* y de 12 a 15 días *Heterorhabditis* (Soler *et al.*, 2003).

El desempeño de los nematodos se inicia cuando son atraídos por los gradientes de temperatura y dióxido de carbono que emiten los insectos hospederos. Los juveniles infectivos (JI) penetran en sus hospederos normalmente por los orificios naturales, boca, ano y espiráculos. No obstante, también pueden penetrar a través de las membranas intersegmentales (Bedding *et al.*, 1982; Peters *et al.*, 1994). Una vez que llegan a la hemolinfa del insecto, liberan la bacteria simbiote, que causa la muerte del insecto por septicemia en un periodo de 24 a 48 h.

Es importante destacar que estas bacterias están adaptadas para resistir el sistema inmune del insecto hospedador. La bacteria entomopatógena provee nutrientes para ella y para el nematodo mediante la secreción de una gran variedad de enzimas extracelulares que degradan los tejidos del hospedador, a la vez que se multiplican masivamente y producen condiciones favorables para la alimentación de los nematodos, los cuales, a su vez requieren la presencia de la bacteria simbiótica para reproducirse y completar su ciclo.

Además de estos aportes nutricionales que la bacteria proporciona al nematodo, también produce antibióticos y bactericidas que impiden la entrada de organismos oportunistas al cadáver del insecto.

Los nematodos se desarrollan hasta el estado adulto y se reproducen dentro del cadáver. En el caso de que los nutrientes se acaben, el ciclo termina en el estadio JI, que incorpora las bacterias y emigra del cadáver buscando nuevos insectos hospedadores (Soler *et al.*, 2003).

Los nematodos presentan un amplio número de hospederos, parte de estos insectos que habitan el suelo en algún momento de su ciclo de vida, la mayoría son susceptibles y pertenecen a los órdenes Lepidoptera y Coleoptera (*Melolontha*

spp., *Otiorynchus* spp., *Vesperus xatarti*, *Cosmopolites sordidus*, *Capnodis tenebrionis*, *Rhynchophorus ferrugineus*. Igualmente, son susceptibles algunas especies de los órdenes Thysanoptera (*Frankliniella occidentales*), Diptera (*Ceratitis capitata*) Homoptera (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum* y *Dysmicoccus vaccini*), Heteroptera (*Dysdercus peruvianus*), Isoptera (*Reticulotermes* spp.), Orthoptera (*Locusta migratoria*).

Además, se ha comprobado un importante efecto nematostático contra nemátodos fitopatógenos de los géneros *Meloidogyne* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Globodera* spp. y *Criconemátidos* (Peters, 1996; Soler *et al.*, 2003). En pruebas de laboratorio, *Steinernema carpocapsae*, por ejemplo, infesta a más de 250 especies de insectos pertenecientes a unas 75 familias que se extiende a casi once órdenes de insectos y pueden atacar a los estadios biológicos de larva, pupa y adulto (Salas, 1996).

En el picudo del agave *S. interstitialis* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) considerado como la principal plaga del agave pulquero *Agave atrovirens* Kart, agave tequilero (*A. tequilaza* Weber) y agave mezcalero (*A. angustifolia* Haw), se encuentran los mayores porcentajes de control en larvas de tercer estadio y adultos manejado con NEPs (Aquino *et al.*, 2006).

Una de las principales plagas que afecta a las palmeras de oriente próximo, oriente medio y del norte de África, es el picudo rojo o curculiónido ferruginoso (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier), que en la actualidad se están realizando controles biológicos a partir del uso de NEPs, concluyendo que este tratamiento biológico es una herramienta eficaz para el control de la plaga, puesto que su persistencia en la palmera es mayor a un producto químico comercial (Dembilio, 2011).

Cabe señalar, que se determinó la susceptibilidad *M. hemipterus sericeus* (L.) a la cepa CIAP-DEY-6 *Heterorhabditis* sp. (Evans *et al.*, 2009), así como, la susceptibilidad de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) presentes en la piña y plátano (Pozo *et al.*, 2008).

Este trabajo se realizó con la finalidad de evaluar cepas nativas y foráneas de NEPs en el control

de larvas *M. dimidiatipennis* en condiciones de laboratorio. Asimismo, será útil para futuras investigaciones sobre el manejo alternativo de este insecto en los agroecosistemas de piña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Táchira), municipio Junín, estado Táchira, a una altitud 1.050 m.s.n.m., temperatura promedio 21,87 °C ± 0,55 °C y humedad relativa promedio 79,27% ± 0,62%. La colecta *M. dimidiatipennis* se efectuó en lotes de piña abandonadas en la aldea Hato de la Virgen, parroquia Cipriano Castro, municipio Libertad, estado Táchira; localidad que se encuentra en una zona de vida con transición de bosque seco premontano hacia un monte espinoso premontano (Giraldo, 1998). Esta aldea está ubicada entre los 1.200 y 1.589 m.s.n.m., con un punto medio cuyas coordenadas son: norte 7°50'42,1" y oeste 72°20'37,4", humedad relativa 72% en promedio y una precipitación promedio anual de 942 mm, distribuidos durante todo el año. El régimen de lluvias es bimodal y se presenta una precipitación máxima de 134 mm en el mes de abril y una mínima de 25 mm en el mes de enero.

Previo a la evaluación de nematodos entomopatógenos en larvas *M. dimidiatipennis*, se seleccionaron las mejores cepas de nematodos nativos pertenecientes al cepario del INIA-Táchira. La selección se hizo tomando en cuenta los registros de mortalidad sobre larvas de último estadio *Galleria mellonella* (Lepidoptera:

Pyralidae), periodo durante el cual dicha mortalidad ocurre y el número promedio de JI estimado que se colecta en una larva (cadáver) *G. mellonella* en su último estadio. Las cepas de nematodos seleccionadas fueron reproducidas en larvas del último instar *G. mellonella*, a 23 °C, en cajas de Petri y papel filtro. A partir de las larvas muertas se recolectaron los JI, en trampas "White" modificadas durante 3 días para ser utilizados en el experimento. Las cepas evaluadas pertenecen a los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*, las cuales se detallan en el Cuadro 1.

En el desarrollo de las pruebas en laboratorio, se utilizó larvas de los dos últimos estadios del insecto *M. dimidiatipennis* colectados en sus primeros estadios en tallos de plantas de piña infestadas, en la parroquia Cipriano Castro, municipio Libertad, estado Táchira y, las cuales fueron sometidas a un período de cuarentena para asegurar que no estuvieran parasitadas o enfermas, en sus dos últimos instares y fueron alimentadas diariamente con tallos de plantas de piña.

La evaluación de la agresividad o rapidez de acción de las cepas NEPs sobre la población de larvas *M. dimidiatipennis*, determinaron los tiempos letales que indican el tiempo necesario para producir 50% (TL50) o 95% (TL95) de mortalidad, se efectuó mediante el Probit Analysis Program (Raymond, 1985), el cual consiste en la transformación logarítmica de las concentraciones y tiempos probados. De este modo, la distribución de la tolerancia de los insectos se vuelve normal y puede aplicarse universalmente a datos de susceptibilidad a insecticidas.

Cuadro 1. Cepas utilizadas en las evaluaciones de dosis letales (DL50 y DL95) y tiempos letales (TL50 y TL95) sobre larvas del picudo de la piña *Metamasius dimidiatipennis*.

Cepa	Especie	Origen
044	<i>Steinernema</i> sp.	Municipio Rafael Urdaneta, estado Táchira, Venezuela
037	<i>Heterorhabditis</i> sp.	Municipio Uribante, estado Táchira, Venezuela
075	<i>Steinernema</i> sp.	Municipio Libertad, estado Táchira, Venezuela
SCALL	<i>Steinernema carpocapsae</i>	Laboratorio de NEPs, OSU. Ohio, EE. UU
HP88	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Laboratorio de NEPs, OSU. Ohio, EE. UU

A partir de los tiempos letales, se calculó la eficacia, cuya relación TL95/TL50, a fin de conocer cuántas veces es necesario incrementar el TL50 para obtener el TL95, esto se manejó como un indicativo de la eficiencia de las cepas sobre el insecto plaga (Rosales, 1998).

Para determinar o comprobar que la muerte de las larvas *M. dimidiatipennis* era causada por NEPs, se utilizaron trampas White modificadas que consistían en placas de Petri previamente identificadas y desinfectadas, que tenían en el fondo un vidrio reloj cubierto con papel filtro, sobre el cual se colocaban las larvas muertas.

Se agregó agua destilada en el fondo de la placa hasta humedecer el papel filtro para la colecta de los JI que emergían de cada larva. Las larvas muertas por nematodos se reconocían por presentar una consistencia blanda y olor no fétido. Si las larvas muertas adquieren una coloración marrón claro, la muerte es causada por especies *Steinernema* (Figura 1); en cambio si la coloración es rojiza, entonces es por especies *Heterorhabditis* (Figura 2), señalados por Aquino *et al.* (2006).



Figura 1. Coloración característica de larvas de *Metamasius dimidiatipennis* infestadas con nematodos entomopatógenos del género *Steinernema*.



Figura 2. Coloración característica de larvas de *Metamasius dimidiatipennis* infestadas con nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis*.

Se estimaron las dosis letales de las diferentes cepas de NEPs en estudio, indicando las dosis necesaria o concentración de NEPs (JI/ml), para producir 50% (DL50) o 95% (DL95) de mortalidad de larvas *M. dimidiatipennis*. En este proceso se utilizaron cinco concentraciones por cada cepa (100, 300, 500, 700 y 1.000 JI/ml), obteniendo la ecuación de regresión dosis mortalidad, bajo las consideraciones explicadas.

En las pruebas de efectividad NEPs, se empleó un diseño factorial completamente aleatorizado con tres cepas nativas y dos cepas foráneas en cinco concentraciones de JI por cada cepa (100, 300, 500, 700 y 1.000 JI/ml/placa) y cinco repeticiones (cinco larvas por tratamiento y por repetición).

Se utilizaron placas de Petri 50 x 20 mm, con papel filtro en el fondo y se colocaron las larvas *M. dimidiatipennis*. La suspensión de nematodos para cada dosis se agregó uniformemente sobre el papel de filtro, las placas se rotularon y sellaron con cinta plástica, colocadas en un gabinete en oscuridad total y se dejaron a temperatura ambiente (23 °C).

El número de individuos muertos se registró cada 24 h durante 6 días consecutivos para determinar dosis letales (DL50 y DL95), así como para precisar los tiempos letales (TL50, TL95).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis Probit se muestran en el Cuadro 2. La estimación de tiempos letales 50 y 95 (TL50 y TL95, respectivamente), la eficacia y la ecuación de regresión de diferentes cepas de nematodo entomopatógenos en el control de larvas *M. dimidiatipennis* en condiciones de laboratorio para el modelo en el cuadro del Análisis de la Varianza ($P < 0,01$) mostraron una relación estadísticamente significativa entre las variables con 99% de nivel de confianza (Figura 3).

La cepa 075 resultó la más efectiva de las cepas nativas (1,5534) con una dosis de 500 JI/ml, en 2,05 días eliminó 50% y en 3,19 días eliminó 95% de las larvas *M. dimidiatipennis*. La cepa 044 con una dosis 500 JI/ml fue la segunda con una eficacia de 1,9364, un TL50 de 2,77 días y un TL95 de 5,48 días. La cepa 037 con una concentración de 100 JI/ml, tuvo una eficacia de 1,6956 y un TL50 de 5,47 días, esta última cepa, a una concentración de 700 JI/ml, alcanzó un TL50 de 2,46 días y un TL95 de 7,34 días (Figura 4).

Cuadro 2. Tiempos letales 50 y 95 (días) de diferentes concentraciones de JI/ml sobre larvas *Metamasius dimidiatipennis*.

Cepa de NEPs	Concentración JIs/ml	TL 50	TL95	Eficacia	Ecuación de regresión
SCALL	100	1,4441	2,6543	1,8381	$y = -1,96269 + 1,35911x$
SCALL	300	1,4966	2,6364	1,7616	$y = -2,15986 + 1,44317x$
SCALL	500	1,3743	2,1051	1,5317	$y = -3,09361 + 2,25098x$
SCALL	700	1,2497	1,9543	1,5638	$y = -2,91767 + 2,33467x$
SCALL	1.000	1,2108	1,9516	1,6119	$y = -2,68813 + 2,22018x$
HP88	100	2,5893	5,6409	2,1786	$y = -1,39563 + 0,539004x$
HP88	300	1,6764	2,3955	1,429	$y = -3,83453 + 2,28734x$
HP88	500	1,7944	2,9715	1,656	$y = -2,50749 + 1,3974x$
HP88	700	1,7997	2,0342	1,1303	$y = -12,6267 + 7,01589x$
HP88	1.000	1,1046	4,9995	4,5259	$y = -0,466501 + 0,42231x$
037	100	5,4671	9,2701	1,6956	$y = -2,36465 + 0,432521x$
037	300	3,1277	6,0373	1,9303	$y = -1,76812 + 0,565318x$
037	500	4,2533	7,8925	1,8556	$y = -1,9224 + 0,451982x$
037	700	2,4619	7,342	2,9823	$y = -0,82976 + 0,337047x$
037	1.000	3,072	5,8671	1,9099	$y = -1,80775 + 0,588468x$
075	100	3,1094	5,7838	1,8601	$y = -1,91238 + 0,615032x$
075	300	2,9754	5,9157	1,9882	$y = -1,66446 + 0,559416x$
075	500	2,0546	3,1916	1,5534	$y = -2,97201 + 1,44655x$
075	700	2,5014	5,2247	2,0887	$y = -1,51078 + 0,603984x$
075	1.000	2,3139	4,2392	1,8321	$y = -1,97687 + 0,854341x$
044	100	3,306	8,1745	2,4726	$y = -1,11699 + 0,337862x$
044	300	1,8209	6,5248	3,5833	$y = -0,636726 + 0,34968x$
044	500	2,7728	5,3693	1,9364	$y = -1,75662 + 0,633509x$
044	700	2,2931	5,4845	2,3918	$y = -1,18181 + 0,51539x$
044	1.000	2,3544	5,4779	2,3266	$y = -1,23986 + 0,526609x$

x= día; y= mortalidad; eficacia= TL 95/TL 50.

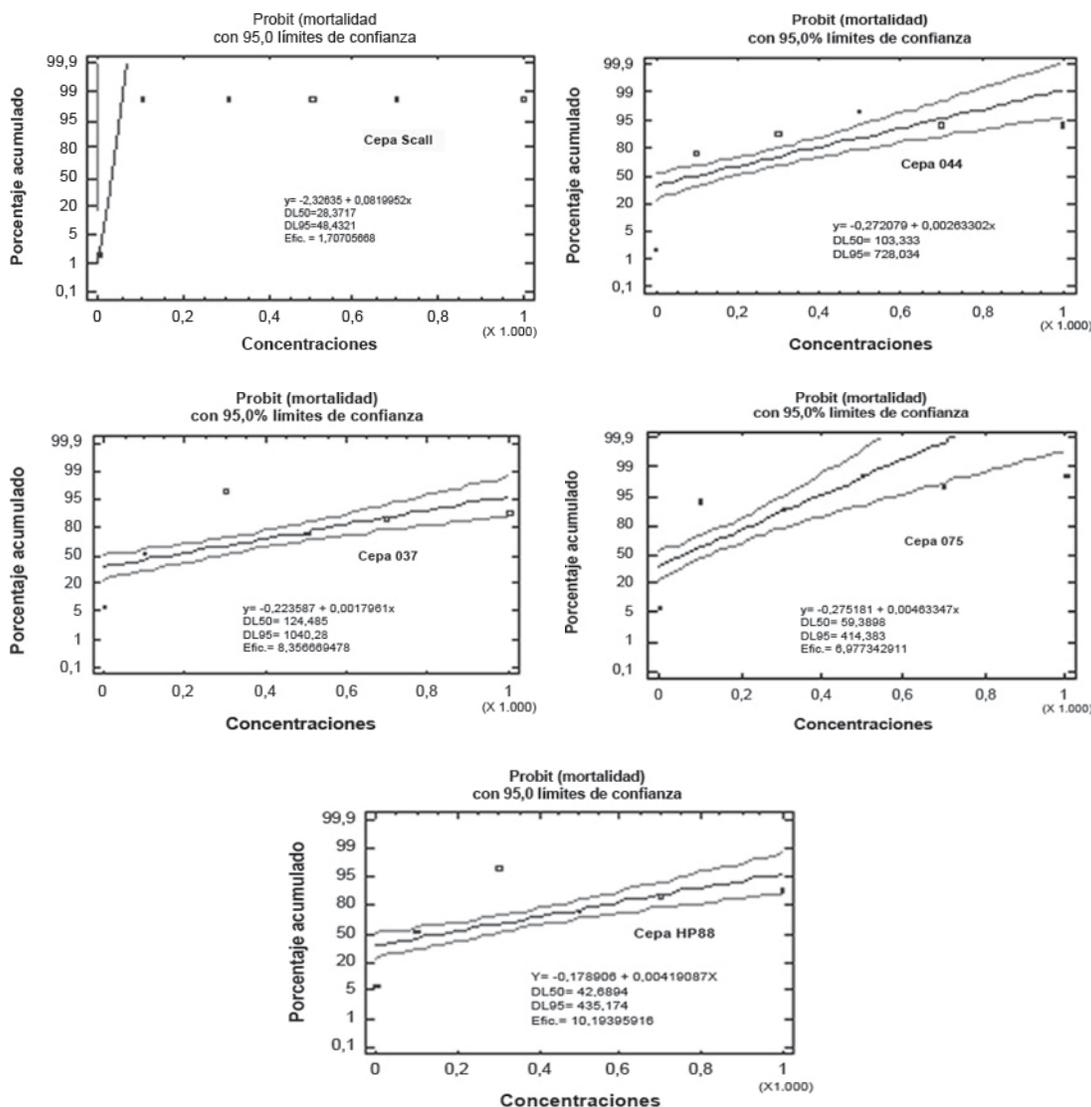


Figura 3. Tiempos letales 50 y 95 de diferentes cepas y concentraciones de JI/ml sobre larvas de *Metamasius dimidiatipennis*.

Por otra parte, de las cepas foráneas estudiadas se encontró que la cepa SCALL mostró mayor efectividad respecto a la cepa HP88. El TL50 para SCALL fue menor de 1,5 días para todas las concentraciones estudiadas y el TL95 fue menor de 2,7 días. La cepa HP88 con una concentración de 700 JI/ml obtuvo un TL50 de 1,80 días y un TL95 de 2,03 días. Sin embargo, la cepa HP88 en dosis mayor a 100 JI/ml tiene un TL50 menor a 1,8 días y un TL95 menor a 5,0 días. En la cepa SCALL, al incrementar la concentración no se

encontraron diferencias significativas en cuanto al TL50.

No obstante, se observó que a una concentración de 700 y 1.000 JI/ml el TL95 disminuye en relación a las otras concentraciones. Para la cepa HP88 se encontró que a mayores concentraciones disminuye el TL50, pero la TL95 aumenta, mientras que en las cepas nativas se encontró que al aumentar las concentraciones disminuye el TL50 y TL95.

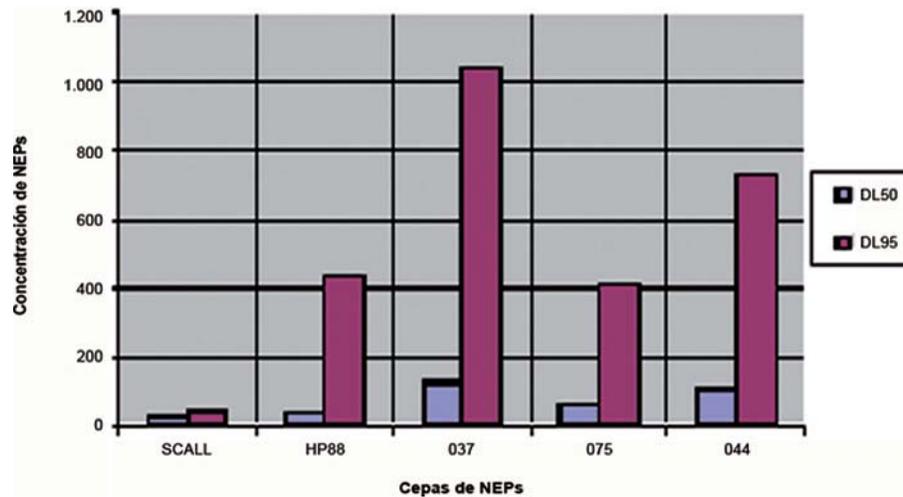


Figura 4. Dosis letales 50 y DL95 de diferentes cepas de NEPs a diferentes concentraciones.

Las dosis letales (DL50 y DL95) obtenidas a partir del análisis Probit, para cada una de las cepas evaluadas a diferentes concentraciones, se muestran en el Cuadro 3. Asimismo, se observa que de las cepas nativas estudiadas, se consiguieron los mejores resultados de DL50 en la cepa 075 con una eficacia de 6,98 seguida por la cepa 044 y luego la cepa 037, todas ellas eliminaron 50% de las larvas con concentraciones menores a 124,5 JI/ml. Sin embargo, para lograr 95% de mortalidad, la cepa 075, requirió una concentración de 414,4 JI/ml, seguida de la cepa 044 con 728,03 JI/ml y finalmente la cepa 037 con 1.040,28 JI/ml.

De las cepas foráneas, SCALL fue la que mostró mayor eficacia con respecto a HP88, además de

presentar un mejor desempeño frente a las cepas nativas, SCALL logró con pequeñas dosis, las menores DL50 y DL95, respectivamente.

Estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio de evaluación de algunas cepas foráneas y venezolanas en el control del gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae), donde se cita que las cepas que originaron mayor mortalidad fueron *S. carpocapsae*, FRG-15 (*Heterorhabditis* sp.) y HV1 (*Heterorhabditis* sp.) con 80+14,49; 76+21,9 y 64+16,73% de mortalidad, respectivamente, con concentraciones de: 0, 1.000, 2.000, 4.000, 5.000 JI/gorgojo (Rosales *et al.*, 1998).

Cuadro 3. Dosis letales 50 y 95 de diferentes concentraciones de JI/ml sobre larvas *Metamasius dimidiatipennis*.

Cepa	DL50	DL95	Eficacia	Ecuación regresión
SCALL	28,3717	48,4321	1,70705668	$y = -2,32635 + 0,0819952x$
HP88	42,6894	435,174	10,19395916	$y = -0,178906 + 0,00419087x$
037	124,485	1.040,28	8,356669478	$y = -0,223587 + 0,0017961x$
075	59,3898	414,383	6,977342911	$y = -0,275181 + 0,00463347x$
044	103,333	728,034	7,04551305	$y = -0,272079 + 0,00263302x$

y= mortalidad; x= concentración; Eficacia= DL 95 / DL 50.

De esta manera, en evaluaciones realizadas en el estudio de manejo integrado *S. interstitialis* con nematodos y hongos entomopatógenos, en agave mezcalero, se encontró que solo se necesitan de 8 días para eliminar 100% de larvas y 52 a 60 días para eliminar un mínimo 70% y un máximo 100% de poblaciones de picudos adultos negros, con dosis que van desde 4.500 a 9.000 nematodos por insecto (Aquino, 2006). Sin embargo, estos resultados dependen del tipo de cepa a utilizar, así como de sus concentraciones. Cada cepa posee un potencial variable de agresividad, lo que amerita su evaluación previa.

El trabajo realizado sobre el efecto de nematodos entomopatógenos sobre larvas *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans* (Coleoptera: Melolonthidae), demostró que los tratamientos en los que se empleó el género *Steinernema* se observaron los más altos valores de penetración, siendo iguales o superiores a 80%. El tratamiento SNI-7-10 alcanzó 100% de penetración (n=23), seguido de SNI-7-5 (91%, n=23), SNI-13-5 (80%, n=20) y SNI-13-10 (78%, n=18). En contraste, los tratamientos con *Heterorhabditis* presentaron los menores porcentajes de penetración, siendo el más bajo H_C-13-5 con un valor 52,9% (n=17; Molina *et al.*, 2007).

La variación en los resultados puede deberse a que la patogenicidad de una cepa de nematodo varía según la existencia de diferentes niveles de susceptibilidad o resistencia en las distintas poblaciones del insecto. Adicionalmente, sugieren que esta susceptibilidad puede estar modificada por el estrés en el medio ambiente y su respuesta fisiológica ante este. Por lo tanto, es necesario emplear insectos a partir de crías para garantizar una respuesta homogénea y generalizable, controlando factores de variación como los anteriormente mencionados (Sirjusingh *et al.*, 1992).

La efectividad de los nematodos entomopatógenos respecto a la mortalidad de larvas *M. dimidiatipennis*, está en función directa a los niveles de concentración del nematodo y sus variaciones son un reflejo de la interacción existente entre la susceptibilidad del hospedero y la capacidad de invasión del nematodo. Al examinar bajo el estereoscopio el agua con que se lavaron las larvas *M. dimidiatipennis*, luego de haberlas infestado con NEPs, se encontró, al

igual que Forschler y Gardner (1991), una gran cantidad de nematodos vivos sobre la superficie de las larvas.

CONCLUSIONES

En larvas de los dos últimos instares *M. dimidiatipennis*, se encontró que los NEPs ejercieron un excelente control. Se necesitaron menos de 3,5 días para que la cepa nativa 075 lograra 95% de mortalidad, seguida por la cepa 044 pertenecientes al género *Steinernema* y finalmente la cepa 037 del género *Heterorhabditis*. De las cepas extranjeras estudiadas se encontraron mejores resultados con la especie *S. carpocapsae* que con la especie *H. bacteriophora*.

Las cepas de NEPs estudiadas, tanto nativas como extranjeras, ejercieron un control positivo al producir una alta mortalidad de las larvas en poco tiempo, lo cual indica que su uso es una alternativa viable como método de control para larvas *M. dimidiatipennis* en las zonas productoras de piña del estado Táchira. No obstante, es necesario desarrollar pruebas en campo para validar estos resultados y ejercer un efectivo control.

LITERATURA CITADA

- Aquino, B., J. Ruíz y M. Iparraguirre. 2006. Manejo Integrado de *S. interstitialis* con nematodos y hongos entomopatógenos, en agave mezcalero. Revista UDO Agrícola. 6(1):92-101.
- Bedding, R. A. and A. S. Molyneux. 1982. Nematologica (*Heterorhabditis*). Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp., and *Steinernema kraussei* interspecific and intraspecific differences in infectivity for insects. Experimental Parasitology. 55:249-257.
- Dembilio, O. 2011. Eficacia de los nematodos entomopatógenos para el control de *Rhynchophorus ferrugineus*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA. Unidad Asociada de Entomología Agrícola UJI-IVIA. Moncada. Valencia. Memorias del 2° Encuentro Internacional PHYTOMA- España. 134 p.
- Evans, G., R. Valdés, M. Cárdenas, M. Largo, T. Alizar y E. Pozo. 2009. Susceptibilidad de *M. hemipterus sericeus* (L.) (Coleoptera: Curcu-

- lionidae) a una cepa nativa de nematodos entomopatógenos. Sistema Internacional de Información para las Ciencias y la Tecnología Agrícola. AGRIOS. 36(2):65-69.
- FAO. 2011. Production of Pineapple Crops from Venezuela. FAO Statistic Division 2011. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/>
- Forschler, B. and W. Gardner. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. Journal of Economic Entomology. 84(3):841-843.
- García-Caicedo, M., H. Vanegas y A. Ochoa. 2012. Ciclo de vida de *Metamasius dimidiatennis* Champeon (Coleoptera: curculionidae) en condiciones de laboratorio en el estado Táchira. Agronomía Trop. 62(1-4):69-75.
- Giraldo-Vanegas, H. 1998. La Mosca de la Piña *Melanoloma viatrix*. In: Curso Manejo Agronómico de la Piña. Hato de la Virgen-Capacho Libertad. Manual Técnico FONAIAP-Dainco. 66.
- Gómez, L., D. Soler y L. Sánchez. 2001. Virulencia y potencial reproductivo de aislamientos cubanos de nematodos entomopatógenos. Revista. Protección Veg. 16(1):50-54.
- Melo-Molina, E., C. Ortega-Ojeda y A. Gaigl. 2007. Efecto de nematodos sobre larvas de *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans* (Coleoptera: Melolonthidae). Revista Colombiana de Entomología. 33(1):21-26.
- Montilla, I., S. Fernández, D. Alacal y M. Gallardo. 1997. El cultivo de la piña en Venezuela. Maracay, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Lara. IICA/CREA/PROCIANDINO/FRUTHEX. 155 p.
- Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT-UEMPPAT). 2007. Censo Agrícola del estado Táchira, Venezuela.
- Panamá, C. 2003. Seminario sobre Producción y Manejo Post Cosecha de la Piña para la Exportación. Manual Técnico. 62 p.
- Peters, A. 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp and their impact on insect populations. Journals Oxford Ltd. Biocontrol Science and Technology. 6:389-402.
- Peters A. and R-U. Ehlers. 1994. Susceptibility of leatherjackets (*Tipula paludosa* and *Tipula oleracea*, *Tipulidae*, *Nematocera*) to the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. J. Inver. Pathol. 63:163-171.
- Pozo, E., R. Valdez, M. Cárdenas, H. Grillo y M. Sisne. 2008. Nematodos entomopatógenos en el control de escarabajos plaga de la piña y el plátano. Disponible en: <http://agris.fao.org/aos/records/CU2009100399>.
- Raymond, M. 1985. Presentation d'un programme d'analyse log-probiit pour microordinateur. Cahiers ORSTOM (Ser Entomol Med Parasitol). 22:117-121.
- Rosales, L. y Z. Suárez. 1998. Nematodos entomopatógenos como posibles agentes de control del gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar 1824) (Coleoptera: Curculionidae). Boletín de Entomología Venezolana. 13(2):123-140.
- Rosales, L., Z. Suárez, R. Navas y V. Tellechea. 1999. Nematodos entomopatógenos: II. Uso en control biológico. FONAIAP Divulga N° 64.
- Salas, J., CW. O'brien y A. Parra. 1996. *M. dimidiatipennis* (Jekel), (Coleóptera: Curculionidae) plaga potencial de la piña en el Edo. Lara. Boletín de Entomología Venezolana. 11(1):63.
- Sirjusingh, C., A. Kermarrec, H. Mauleon, C. Lavis and J. Etienne. 1992. Biological control of weevils and whitegrubs on bananas and sugarcane in the Caribbean. Florida Entomologist. 75(4):548-562.
- Soler, D., L. Gómez y L. Sánchez. 2003. Formulación de nematodos entomopatógenos. Revista. Protección Vegetal. 18(1):7-14.