

## Artículo científico

# Evaluación de la patogenicidad de nematodos entomopatógenos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* en gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) plaga de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Ecuador

Eduardo E. Argotti V.<sup>1\*</sup>, Segundo M. Benavides L.<sup>1</sup>, Claudia P. Hernández S.<sup>2</sup>, Mónica P. Cazar C.<sup>3</sup>, Jesús Alcazar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de la Fuerzas Armadas, ESPE, Sede Santo Domingo Km 23 vía Santo Domingo-Quevedo. Santo Domingo, Ecuador, Email: [ceargotti@espe.edu.ec](mailto:ceargotti@espe.edu.ec); [smbenavides3@espe.edu.ec](mailto:smbenavides3@espe.edu.ec)

<sup>2</sup>Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito-Ecuador, Email: [patherz25@yahoo.com.ar](mailto:patherz25@yahoo.com.ar)

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, Email: [monicacazar72@gmail.com](mailto:monicacazar72@gmail.com)

<sup>4</sup>Laboratorio de entomología del Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima-Perú, Email: [j.alcazar@cgiar](mailto:j.alcazar@cgiar) . \* corresponding author

---

## RESUMEN

*Premnotrypes vorax*, se ha constituido en uno de los insectos plaga de mayor importancia en la producción de papa en las provincias del Carchi, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. Las poblaciones de nematodos entomopatógenos del género *Steinernema* y *Heterorhabditis* que mostraron porcentajes de mortalidad superiores al 90% de larvas de *Galleria mellonella* fueron evaluadas la patogenicidad sobre larvas del V instar de *P. vorax*, plaga de importancia económica para el cultivo de *Solanum tuberosum* en Ecuador. Se utilizaron los métodos "Five on One" para aislamientos del género *Heterorhabditis* y "One on One" para aislamientos del género *Steinernema*. La mortalidad se registró a las 24, 48, 72 y 96 horas de la inoculación. De los resultados obtenidos se observó una mortalidad del 68% y del 57% con los aislamientos CC01 y CC03 respectivamente, los nematodos del género *Heterorhabditis* CH06 y H4D presentaron mortalidades del 47% y 48%. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis Probit, en la que se determinó una dosis letal media (LD50) de 3,2 IJs/larva para el aislamiento CC01 y CC03, respectivamente. Los resultados mostrados nos permiten aseverar que los aislamientos CC01 y CC03 se presentan como alternativa promisoriosa para el control biológico de *P. vorax* en cultivos de *Solanum tuberosum* en Ecuador.

**Palabras clave:** Probit, *Five on One*, *One on One*, oviposturas, instar, mortalidad.

## ABSTRACT

*Premnotrypes vorax* has become one of the most important insect pests in potato production in the provinces of Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, and Tungurahua. Populations of entomopathogenic nematodes of the genus *Steinernema* and *Heterorhabditis* that showed mortality percentages higher than 90% of *Galleria mellonella* larvae were evaluated for pathogenicity on larvae of the V instar of *P. vorax*, a pest of economic importance for the *Solanum tuberosum* crop in Ecuador. The "Five on One" method was used for isolates of the genus *Heterorhabditis* and "One on One" for isolates of the genus *Steinernema*. Mortality was recorded 24, 48, 72, and 96 hours after inoculation. From the results obtained, a mortality of 68% and 57% was observed with isolates CC01 and CC03, respectively. The nematodes of the genus *Heterorhabditis* CH06 and H4D presented mortalities of 47% and 48%. The results obtained were subjected to Probit analysis, in which a mean lethal dose (LD<sub>50</sub>) of 3.2 IJs/larva was determined for isolates CC01 and CC03, respectively. The results shown allow us to assert that isolates CC01 and CC03 are presented as promising alternatives for the biological control of *P. vorax* in *Solanum tuberosum* crops in Ecuador.

**Keywords:** Probit, *Five on One*, *One on One*, oviposition, instar, mortality

ISSN 1390-3004

Recibido: 18-02-2022

Aceptado: 19-10-2022

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador el cultivo de la papa constituye una de las principales actividades económicas en las provincias de la Sierra. Alrededor de 80.000 familias dependen de este cultivo que cubre alrededor de 49.719 hectáreas sembradas, con una producción promedio de 239.715 toneladas (INEC; 2002). Estudios realizados por el INIAP, señalan que el cultivo de la papa genera alrededor de 60 millones de dólares anuales, convirtiéndose en una fuente importante de ingresos para las comunidades rurales y un componente fundamental de la economía nacional (Oyarzún *et al.*, 2002).

La producción de papa es afectada por enfermedades e insectos plaga, destacándose el gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) como la plaga más dañina en todas las provincias paperas del Ecuador. La larva al alimentarse daña los tubérculos en campo, formando galerías que afectan la calidad del producto. En las provincias de Cañar, Carchi, Chimborazo y Cotopaxi, los niveles de pérdida del valor comercial de los tubérculos afectados oscilan entre 20 y 50% (Oyarzún *et al.*, 2002; Gallegos *et al.*, 1997). Esta plaga se distribuye en Suramérica entre los 2.600 a 3.700 msnm. Los mayores daños los ocasionan las larvas que barren el tubérculo formando túneles en los que depositan sus excrementos. Su ciclo biológico comprende: los huevos son cilíndricos de color blanco brillante, cuando van a eclosionar se tornan color ámbar, y tienen una duración de 35 días para eclosionar. Las larvas son de color blanco cremoso, con cabeza pigmentada, la duración del

estado de larva es de 38 días. El periodo de pupa es 44 días y es de color blanco, se desarrolla dentro de una celda formada de tierra (Gallegos *et al.*, 1997). El insecto adulto puede sobrevivir 260 días, y su capacidad de multiplicación a nivel experimental se ha registrado en 260 huevecillos por hembra. En una población de gusano blanco, la proporción de sexos es aproximadamente 1 a 1. El hábito del insecto adulto indica que prefiere movilizarse en la noche en busca de fuentes de alimento (Herrera, 1997). En el día se refugia en sitios oscuros y húmedos, debajo de terrones y de plantas. Se alimenta en mayor proporción de las hojas inferiores de la planta de papa y de los folíolos de sus extremos. No puede volar y su desplazamiento es a nivel del suelo. Puede recorrer 12 m en línea recta en una noche, y se dice que hasta 1 km en 6 meses (Herrera, 1997). La infestación si llega de uno de los bordes el insecto adulto se ubica en mayor proporción hasta los 5 m del cultivo o en los 3 surcos iniciales, en los primeros 40 días de edad de la planta. También, hay un desplazamiento de la población entre las primeras plantas del cultivo y los bordes de malezas (Gallegos *et al.*, 1997).

Los agricultores emplean el control químico para reducir los daños de esta larva, siendo insecticidas tóxicos como Carbofuran, Metamidafos, Acefato y Profenofos aplicados al follaje o al suelo (Gallegos *et al.*, 1997). Otro de los insecticidas muy utilizados por los agricultores es el Kadabra, es un insecticida de alto rendimiento: es un Insecticida que combina dos principios activos: Bifenthrin que es de acción directa por contacto y el Fipronil que es un insecticida sistémico que actúa por contacto e ingestión, es extremadamente activo (Herrera, 1997). La acción combinada de los dos ingredientes interviene en el sistema nervioso del insecto plaga pre y post sináptica del impulso nervioso. Hasta el momento no se conoce el uso de biotecnología o de mejoramiento genético del cultivo contra esta plaga. No se han encontrado fuentes de resistencia en variedades o cultivares mejorados o nativos. Entre las alternativas de manejo se encuentran: biológicas, culturales, físicas y químicas. El control químico es una de las alternativas de mayor difusión para esta plaga. De acuerdo con Agüera & Laumond (1994), como consecuencia del uso indiscriminado de plaguicidas se ocasionan serios problemas referentes a la contaminación ambiental, incremento de la población de plagas secundarias (mosca minadora *Liryomiza* sp.), resistencia a insecticidas, efecto nocivo sobre la salud del agricultor, destrucción de la fauna útil y enemigos naturales.

Por lo expuesto, y considerando la necesidad de buscar otras alternativas para el Manejo Integrado del gusano blanco, el uso de nematodos entomopatógenos (NEPs) se perfila como un valioso paso en el control biológico, que permitirá regular la población de la plaga sin efectos dañinos al medio ambiente y al hombre. Es importante destacar que los NEPs son habitantes naturales del suelo y tienen la capacidad de buscar, parasitar y causar la muerte a gran número de insectos plaga (Garzón *et al.*, 1996).

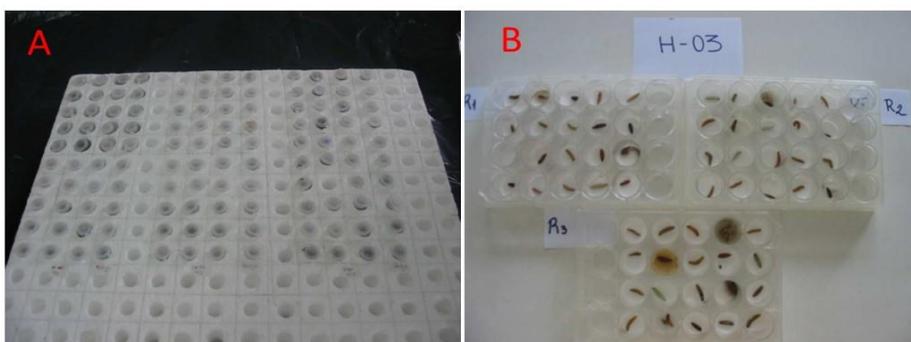
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Cría de *P. vorax*.**- El método de cría de *P. vorax* se basó en las experiencias desarrolladas por el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú. Para iniciar la cría se colocaron adultos traídos de la provincia de Cotopaxi. Los insectos se

mantuvieron en recipientes plásticos con rodajas de papa como alimento y tallos secos de gramíneas para receptor las oviposiciones. Se procedió a la recolección de huevos, colocándolos en platos Petri. La incubación de las oviposiciones duro de 30 a 40 días a 15 °C.

Las larvas del I instar de *P. vorax* se colocaron sobre rodajas de papa contenidas en recipientes plásticos. A los 35 días las larvas de V instar salieron de las rodajas de papa para pasar al estado de prepupa, estas fueron colocadas en nuevos recipientes con papel absorbente hasta su emergencia como adulto a los 45 días. La cría se mantuvo a 15 °C y una humedad del 75%.

**Prueba de patogenicidad.-** Para la prueba de patogenicidad se utilizó la metodología propuesta por Kaya & Stock (1997). En el caso de nematodos del género *Steinernema* se realizaron ensayos “One on One”, para lo cual se inoculo un juvenil (IJs) en una larva de *P. vorax* de V instar, en una placa de 20 celdas con papel filtro Whatman No. 1 estéril. Para el caso de nematodos del género *Heterorhabditis* se realizaron ensayos “Five on One”, para lo cual se inocularon cinco IJs en una larva de *P. vorax* de V instar, en un tubo Eppendorf (1,5 ml de capacidad) con 1 ml de arena estéril (Kaya & Stock, 1997; Alcázar, 2003) (Figura 1). A las larvas testigo se les coloco agua destilada estéril. Posteriormente las placas y los tubos se colocaron dentro de una bolsa plástica y se incubaron a 20 °C. El número de larvas muertas de *P. vorax* se registraron a las 24, 48, 72 y 96 horas de la inoculación. Para verificar la muerte de las larvas de *P. vorax* por acción de los nematodos, éstas se colocaron en agua destilada y se observaron al estereoscopio.



**Figura 1.** Evaluación de la patogenicidad de NEPs del género *Steinernema* y *Heterorhabditis* A) Ensayos “Five on One”. B) Ensayos “One on One”.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial A x B con tres repeticiones. El número de tratamientos evaluados fueron 11, correspondientes a los aislamientos de NEPs, en combinación con los niveles del inóculo. La unidad experimental fue una placa de 20 celdas para el caso de nematodos del género *Steinernema* y en tubos Eppendorf para *Heterorhabditis*. Las diferencias significativas se discriminaron mediante la prueba de Tukey al ( $P \leq 0,05$ ).

**Dosis letal media (LD<sub>50</sub>) de NEPs.** - Se seleccionaron las poblaciones de NEPs que mostraron mayor porcentaje de mortalidad de larvas de *P. vorax* en las pruebas de patogenicidad, se determinó la dosis letal media (LD<sub>50</sub>). Se utilizaron tubos Eppendorf con 1 ml de arena estéril humedecida con 100 µL se colocó una larva de V instar de *P. vorax*. Después sobre cada larva se inoculó un nivel de población determinado. Se evaluaron las concentraciones de 0 (control), 1, 2, 4, 8 y 16 IJs/larva del V instar de *P. vorax*. Posteriormente se taparon los tubos y se colocaron dentro de una bolsa plástica negra y se incubaron a 20 °C (Kaya & Stock, 1997; Alcázar, 2003). La evaluación de la mortalidad se realizó a partir de las 24 hasta las 120 horas después de la inoculación de los NEPs. Para evaluar la presencia de NEPs en las larvas muertas, éstas fueron lavadas con agua destilada y disectadas en un estereomicroscopio. El cálculo de regresión entre los niveles de población y el porcentaje de mortalidad para determinar la Dosis Letal media (LD<sub>50</sub>) y los límites fiduciales (intervalos de confianza), se realizó mediante el análisis PROBIT. La unidad experimental estuvo representada por tubos Eppendorf con una larva de V instar de *P. vorax* (20 tubos). Se efectuó una regresión entre el tiempo y el porcentaje de mortalidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

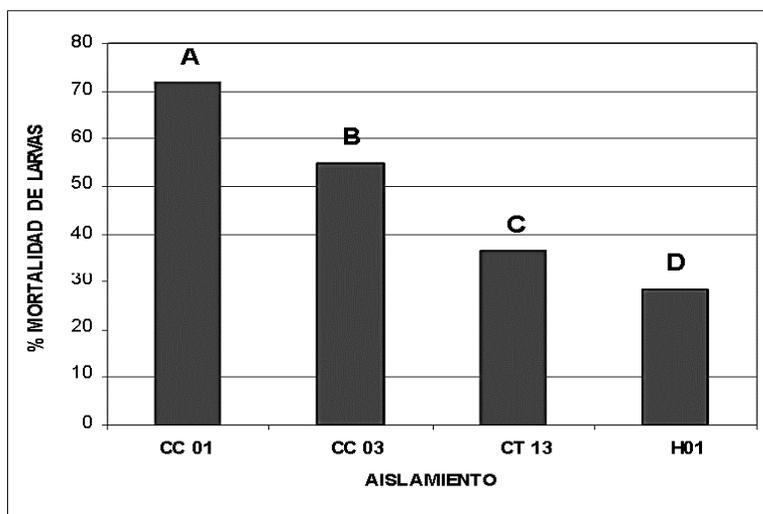
**Patogenicidad de NEPs sobre larvas de *P. vorax*.**- El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre poblaciones de NEPs del género *Heterorhabditis* ( $F_{3,8} = 135,22, P < 0,0001$ ). El tratamiento testigo (sin NEPs) no se consideró para el análisis estadístico debido a que mostró resultados de cero patogenicidad en todas las repeticiones. El mejor tratamiento fue el aislamiento CC01 con 68% de mortalidad en larvas del V instar de *P. vorax*, seguido por la población CC03 con 57% de mortalidad. Los aislamientos CT13 y H01T mostraron baja patogenicidad con 37 y 28% de mortalidad, respectivamente (Figura 2). Según los resultados mostrados, se puede deducir que las cuatro poblaciones de NEPs del género *Heterorhabditis* pertenecen a especies diferentes.

Los NEPs del género *Steinernema* son diferentes significativamente en la patogenicidad ( $F_{6,14} = 57,511, P < 0,0001$ ). En el análisis estadístico no se consideró el tratamiento control, debido a que mostró una patogenicidad de cero en todas las repeticiones. Los mejores tratamientos fueron los aislamientos CH06 y H4D con 48 y 47% de mortalidad sobre larvas de *P. vorax*. Mientras que la población H03R evidenció una baja patogenicidad sobre larvas de *P. vorax* (Figura 3).

Los aislamientos CC01 y CC03, obtenidos en cultivos de papa en la Provincia del Carchi mostraron mayor porcentaje de patogenicidad, probablemente la agresividad mostrada por estas poblaciones sobre larvas de V instar de *P. vorax*, este vinculado con adaptabilidad de estos nematodos a medios adversos como los que se establecen en la Provincia del Carchi, en donde los agricultores aplican una amplia gama de agroquímicos en sus cultivos.

Existe la posibilidad de que estos aislamientos de NEPs muestren compatibilidad con el sistema de manejo del cultivo de papa, lo que los hace altamente

promisorios en el control biológico. Sin embargo, en el estudio realizado por Hara & Kaya (1983a) indica que los pesticidas organofosforados y carbamatos producen efectos sub-letales sobre los IJs de *S. carpocapsae*, como, parálisis parcial, enrollamiento y postura curvada. En otro estudio los mismos autores Hara & Kaya (1983b), señalan que larvas de *Spodoptera exigua* tratadas con organofosforados, carbamatos y piretroides fueron invadidas por IJs de *S. carpocapsae* a niveles de 82 a 100%.

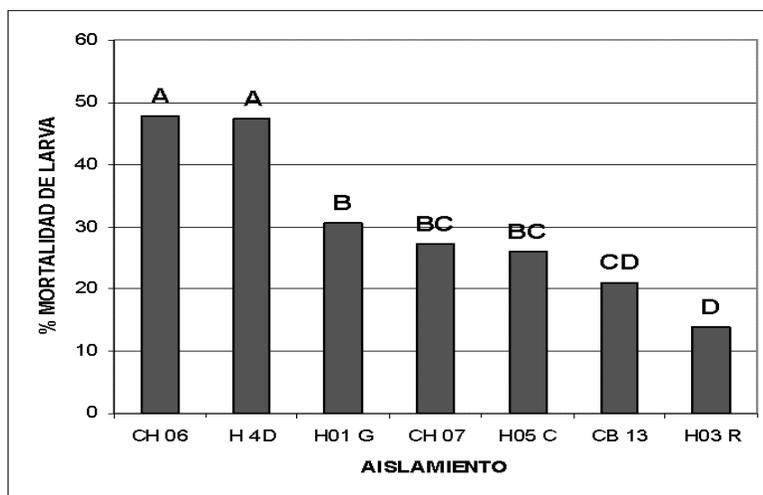


**Figura 2.** Patogenicidad de poblaciones de NEPs del género *Heterorhabditis* sobre larvas del V instar de *P. vorax*.

Hara & Kaya (1983a), menciona que los insecticidas organofosforados no muestran efectos sobre los juveniles de *S. carpocapsae*. Según Hara & Kaya (1983a) argumentan que existe evidencia de actividad anticolinesterasa por parte del nematodo para inhibir el efecto de los pesticidas. De acuerdo a lo anterior, se amplía la posibilidad de compatibilidad de los NEPs con aplicaciones de pesticidas en el cultivo de papa, teniendo en cuenta que estos deben ser aplicados antes de la aplicación de los pesticidas biológicos.

En Ecuador hay pocos estudios sobre la utilización de NEPs para el control de *P. vorax*. El INIAP (1983 y 1985) desarrolló una investigación sobre control biológico de *P. vorax*, con el nematodo *S. carpocapsae* suministrado por la Universidad de California. Los resultados obtenidos en laboratorio mostraron mortalidades superiores al 50%. Los NEPs del género *Steinernema* muestran una estrategia de emboscada desplazándose en la superficie del suelo para atacar presas móviles. Mientras que los NEPs del género *Heterorhabditis* detectan a su huésped moviéndose aleatoriamente a través del suelo buscando al hospedero, siendo más efectivos contra presas sedentarias dentro del suelo (Kaya & Stock, 1997; Grewal *et al.*, 1999; Kaya & Alcázar, 2005) (Campbell & Gaugler, 1993, Pérez *et al.*, 2003). Las larvas del V instar de *P. vorax* en campo salen del tubérculo para empupar en el suelo, es el momento en cual los NEPs del género *Heterorhabditis* son más efectivos.

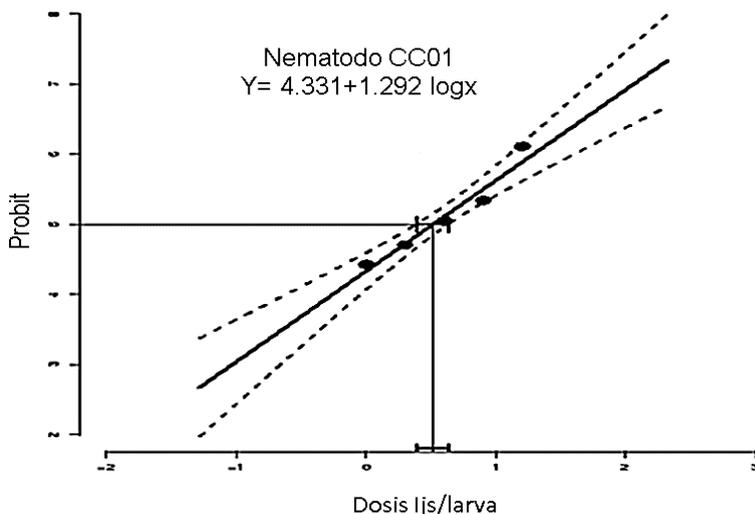
Se seleccionaron los aislamientos CC01 y CC03 *Heterorhabditis*, para determinar la dosis letal media (LD<sub>50</sub>) y la caracterización etológica de los NEPs.



**Figura 3.** Patogenicidad de poblaciones de NEPs del género *Steinernema* sobre larvas del V instar de *P. vorax*.

**Dosis Letal media (LD<sub>50</sub>).** -De acuerdo al análisis Probit (Tabla 1), se determinó que la Dosis letal media (LD<sub>50</sub>) para los aislamientos CC01 y CC03 fue de 3,2 IJs/larva de V instar de *P. vorax*; en el análisis Probit no se consideró el testigo debido a que no mostro ninguna mortalidad de larvas del V instar de *P. vorax*. (Tabla 1). Los resultados de la ecuación de regresión indican que el incremento en la concentración de NEPs implica una mortalidad mayor en un período menor hasta un límite, que al incrementar la dosis, la mortalidad se mantiene constante o con ligeros incrementos (Figuras 4 y 5).

La mayor mortalidad se determinó a las 72 y 96 horas de inoculación. En Colombia Garzón *et al.*, (1996) evaluaron una cepa nativa de *Steinernema* sp comparada con el producto comercial EXHIBIT (*S. carpocapsae* Raza 25), ambos tratamientos mostraron patogenicidad hacia *P. vorax*, determinando una LD<sub>50</sub> de 526,43 IJs del aislamiento nativo y 26,30 IJs del producto comercial, demostrándose que el NEPs del producto comercial fueron 20 veces más patogénico que la cepa nativa. En el estudio realizado por el INIAP (1983 y 1985), se determinó que la dosis letal media fue de 12 IJs/larva de *P. vorax*. En campo, el NEPs (*S. carpocapsae*) no logró reproducirse exitosamente en campo debido a factores ambientales como la temperatura y la humedad.



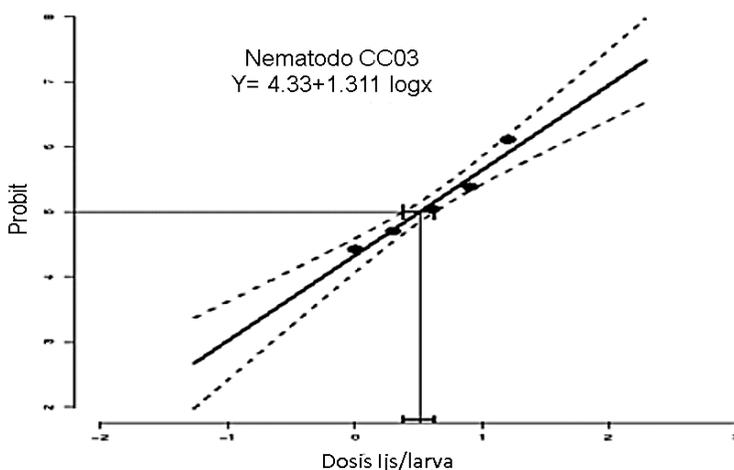
**Figura 4.** Ecuación de regresión de la tendencia de mortalidad de larvas de *P.vorax* a diferentes dosis del aislamiento CC01 (*Heterorhabditis* sp.).

Trabajos realizados por Parada-Santamaría (2002) demostraron que NEPs del género *Steinernema* infectan estadios inmaduros de *P. vorax* que se hallaban dentro de tubérculos de *Solanum phureja* y *Solanum tuberosum*, variedades Capiro y Parda Pastusa, en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, Colombia. Garzón *et al.*, (1996) reportó la presencia de nematodos del género *Steinernema* ocasionando gran patogenicidad a larvas de *P. vorax* en el departamento de Cundinamarca. En otras investigaciones, Sepúlveda *et al.*, (2008), encontró alta mortalidad de larvas de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Dryophthoridae) en plátano ocasionada por una cepa nativa de *Steinernema* en dosis de 1 000 IJs/25µl.

**Tabla 1.** Análisis Probit de la mortalidad de las poblaciones de NEPs del género *Heterorhabditis* sobre larvas del V instar de *P. vorax*

Aislamientos NEPs	Límites de confianza	X <sup>2</sup>	DE	Ecuación de regresión	DL <sub>50</sub>
CC01	2,448 – 4,307	2,270	0,454	Y= 4,331 + 1,292 log x	3,291
	2,21 – 4,168	4,048	0,484	Y= 4,289 + 1,455 log x	3,078
	2,516 – 4,569	3,387	0,502	Y= 4,271 + 1,364 log x	3,423
<b>Promedio</b>					<b>3,264</b>
CC03	2,518 – 4,282	2,706	0,433	Y= 4,278 + 1,385 log x	3,320
	2,409 – 4,156	0,445	0,429	Y= 4,318 + 1,346 log x	3,208
	2,418 – 4,227	1,804	0,443	Y= 4,33 + 1,311 log x	3,242
<b>Promedio</b>					<b>3,256</b>

X<sup>2</sup>= Chi cuadrado, DE= Desviación Estándar, LD<sub>50</sub>=Dosis letal media



**Figura 5.** Ecuación de regresión de la tendencia de mortalidad de larvas de *P.vorax* a diferentes dosis del aislamiento CC03 (*Steinernema* sp.)

## CONCLUSIONES

Las pruebas de patogenicidad con los aislamientos de NEPs CC01 y CC03 pertenecientes al género *Heterorhabditis*, mostraron los porcentajes de mortalidad superiores al 50% sobre larvas de V instar de *P. vorax* a las 72 y 96 horas después de la inoculación.

La dosis letal media (LD<sub>50</sub>) tanto para el aislamiento CC01 como para el aislamiento CC03 fue de 3,2 IJs/larva del V instar de *P. vorax*, a las 72 y 96 después de la inoculación. La ecuación de la regresión del análisis Probit determina que al aumentar la concentración del inóculo aumenta la mortalidad del hospedero, hasta llegar a un cierto nivel del inóculo la mortalidad del hospedero no aumenta a pesar del aumento de la dosis del inóculo.

Los resultados obtenidos demuestran que los aislamientos CC01 y CC03, están adaptados a situaciones de estrés extremo, debido a que fueron aislados de suelos con altas concentraciones de insecticidas.

En investigaciones posteriores hay que determinar la susceptibilidad de larvas del primer del cuarto instar de *P. vorax* con las poblaciones de NEPs CC01 y CC03.

Evaluar la Dosis letal media (LD<sub>50</sub>) establecida para *P. vorax* en larvas de otras plagas que atacan a los cultivos de *Solanum tuberosum*, como *Phthorimaea operculella*, *Tecia solanivora* a fin de determinar la susceptibilidad a los NEPs. CC01 y CC03.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta investigación. Al Centro Internacional de la papa por su apoyo económico. A todos los funcionarios del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP por su

apoyo profesional y logístico durante el trabajo de campo para la recolección de muestras. A Jesús Alcázar, por darme las facilidades para participar en la realización de esta investigación y a Luis Villa por la revisión del artículo y la elaboración del Abstract.

## REFERENCES

- Agüera M & Laumond C. 1994. *Uso de nematodos entomopatógenos a campo*. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Alcázar J. 2003. Experiments for Perú with *Heterorhabditis* species. Perú. Centro Internacional de la Papa, Perú.
- Campbell JF & Gaugler R. 1993. Nictation behaviour and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes (*Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*). *Behaviour* 126(3-4):155-169.
- Gallegos P, Avalos G & Castillo C. 1997. El Gusano Blanco de la Papa en Ecuador: Comportamiento y Control. INIAP, Quito, Ecuador.
- Garzón M, Aza B, Jiménez J & Luque J. 1996. Potencial del nematodo *Steinernema* sp para el control biológico del gusano blanco de la papa. *Revista Colombiana de Entomología* 22(1): 25-30.
- Grewal P, Converse V & Georgis R. 1999. Influence of production and bioassay methods on infectivity of two ambush foragers (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 73: 40-44.
- Hara A & Kaya H. 1983a. Toxicity of selected organophosphate and carbamate pesticides to infective juveniles of the entomogenous nematode *Neoaplectana carposcapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environmental Entomology* 12(2): 496-501 .
- Hara A & Kaya H. 1983b. Development of the entomogenous nematode *Neoaplectana carposcapsae* (Rhabditida: Steinernematidae), in insecticide killed beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 76(3): 423-426.
- Herrera F. 1997. *El gusano blanco de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado* (No. Doc. 18261)\* CO-BAC, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2002. *Encuesta de superficie, área sembrada y producción por muestreos de áreas*. INEC, Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1983 y 1985. *Informes Anuales de Nematología*. Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador.
- Kaya H & Stock P. 1997. Techniques in insect's nematology. Manual of techniques in insect's pathology. Academic Press, San Diego. USA.
- Kaya H & Alcázar J. 2005. *Prácticas de laboratorio con nematodos entomopatógenos*. Curso de control biológico. Centro Internacional de la Papa. Perú.
- Oyarzun P, Espinosa P, Forbes G & Reinoso I. 2002. *El cultivo de la papa en Ecuador*. INIAP/CIP, Quito, Ecuador.
- Parada-Santamaría JC. 2001. Steinernematidae and Heterorhabditidae in areas of potato of production in Cundinamarca and south of Boyaca. En línea: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO20020021077>.
- Pérez E, Lewis E & Shapiro-Ilan S. 2003. Impact of the host cadaver on survival and infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida:

Argotti-V EE *et al.* *Patogenicidad de nematodos en gusano blanco de papa.*

Steinernematidae and Heterorhabditidae) under desiccating conditions.  
*Journal of Invertebrate Pathology* 82: 111–118.