



Revista de la Sociedad Entomológica Argentina  
ISSN: 0373-5680  
ISSN: 1851-7471  
santiago@cepave.edu.ar  
Sociedad Entomológica Argentina  
Argentina

## Susceptibilidad de *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattidae) a dos aislados de *Steinernema rarum* (Rhabditida: Steinernematidae) de la provincia de Córdoba, Argentina

**AGUIRRE VARELA, Ailín D.A.; BERLOTTI, María A.; CAGNOLO, Susana R.**

Susceptibilidad de *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattidae) a dos aislados de *Steinernema rarum* (Rhabditida: Steinernematidae) de la provincia de Córdoba, Argentina

Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, vol. 80, núm. 1, 2021

Sociedad Entomológica Argentina, Argentina

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322065128005>

Susceptibilidad de *Periplaneta americana*  
(Blattodea: Blattidae) a dos aislados  
de *Steinernema rarum* (Rhabditida:  
Steinernematidae) de la provincia de  
Córdoba, Argentina

Susceptibility of *Periplaneta americana* (Blattodea:  
Blattidae) to two isolates of *Steinernema rarum* (Rhabditida:  
Steinernematidae) of the province of Córdoba, Argentina

Ailín D.A. AGUIRRE VARELA [ailinaguirre7@gmail.com](mailto:ailinaguirre7@gmail.com)  
Cátedra de Parasitología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEFyN-UNC).,  
Argentina

María A. BERTOLOTTI  
Cátedra de Parasitología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEFyN-UNC).,  
Argentina

Susana R. CAGNOLO  
Cátedra de Parasitología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEFyN-UNC).,  
Argentina

Revista de la Sociedad Entomológica  
Argentina, vol. 80, núm. 1, 2021

Sociedad Entomológica Argentina,  
Argentina

Recepción: 11 Agosto 2020  
Aprobación: 11 Enero 2021  
Publicación: 29 Marzo 2021

Redalyc: [https://www.redalyc.org/  
articulo.oa?id=322065128005](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322065128005)

**Resumen:** Se evaluó el efecto de los aislados (OLI) y N105 de *Steinernema rarum* (Doucet) de la provincia de Córdoba sobre *Periplaneta americana* (L.). Se utilizaron dos dosis: 3.200 y 6.400 juveniles infectivos (JIs) de nematodo / hospedador y se consideró un grupo control. Se evaluaron 49 insectos por tratamiento. Las infecciones se mantuvieron a  $25 \pm 1$  °C. Se registró la muerte de los insectos cada 24 h durante 15 días. *Steinernema rarum* (OLI) causó mortalidades de 67% y 89%, con 3.200 y 6.400 JIs, respectivamente. Con el aislado N105, la mortalidad nunca superó el 65%. Los dos aislados completaron su ciclo de vida con la producción y emergencia de JIs en *P. americana*: para *S. rarum* (OLI),  $255.215 \pm 3 \times 10^4$  y  $328.102 \pm 3 \times 10^4$ , para D3200 y D6400, respectivamente; para *S. rarum* N105,  $142.451 \pm 3 \times 10^4$  y  $188.253 \pm 3 \times 10^4$ , D3200 y D6400, respectivamente. Se registraron diferencias significativas entre aislados en el número medio de JIs ( $F_{3,126} = 5,26$ ;  $p \leq 0,001$ ). A partir de estos resultados, se incorpora el Orden Blattodea al rango de hospedadores de *S. rarum* (OLI) y se da a conocer que *P. americana* es el primer hospedador para *S. rarum* N105 en laboratorio.

**Palabras clave:** Cucaracha americana, Infectividad, Nematodos entomopatógenos.

**Abstract:** The effect of *Steinernema rarum* (Doucet) ((OLI) and N105 strains) from Córdoba province on the American cockroach *Periplaneta americana* (L.) was evaluated. Two doses: 3,200 and 6,400 infective juveniles (IJs) / host were used and a control group was considered. Forty-nine insects *per* treatment were evaluated. Infections were maintained at  $25 \pm 1$  °C. Dead insects were recorded every 24 h during 15 days. *Steinernema rarum* (OLI) caused a mortality of 67% and 89%, for 3,200 and 6,400 JIs, respectively. With isolate N105, mortality never exceeded 65%. The two isolates completed their life cycle with the production and emergence of JIs in *P.*

*americana*: for *S. rarum* (OLI),  $255,215 \pm 3 \times 10^4$  and  $328,102 \pm 3 \times 10^4$ , for D3200 and D6400, respectively; for *S. rarum* N105,  $142,451 \pm 3 \times 10^4$  and  $188,253 \pm 3 \times 10^4$ , D3200 and D6400, respectively. Significant differences between strains for the average number of JIs ( $F_{3,126} = 5,26$ ;  $p \leq 0,001$ ) were registered. Based on these results, Blattodea is incorporated into the range of hosts of *S. rarum* (OLI) and it is disclosed that *P. americana* is the first host for *S. rarum* N105 in laboratory.

**Keywords:** American cockroach, Entomopathogenic nematodes, Infectivity.

## INTRODUCCIÓN

*Periplaneta americana* (L.) (Blattodea: Blattidae), la “cucaracha americana”, es una plaga sinantrópica de interés médico, veterinario y económico. Tiene importancia como vector mecánico de enfermedades, ya que se asocia a una amplia variedad de patógenos (bacterias, hongos, virus) y parásitos perjudiciales para el hombre (Calderón-Arguedas, 1993; Graczyk et al., 2005; Alonso et al., 2014). Se han hallado compuestos alérgenos en sus heces, regurgitaciones y fragmentos de exoesqueleto (Ponce et al., 2005; Alonso et al., 2014). Se conoce, además, que sus detritos ocasionan daños al patrimonio documental de archivos y bibliotecas (Gutiérrez et al., 2011) y que es un insecto causante de entomofobia (Schal & Hamilton, 1990).

Las cucarachas tienen capacidad para desarrollar resistencia a la mayoría de los insecticidas químicos. Por ello, en la actualidad, se busca controlarlas mediante el manejo integrado de plagas (MIP) (Gutiérrez, 2015). En el caso de *P. americana*, se ha evaluado la eficiencia de productos naturales, tales como extractos vegetales (Robledo Reyes et al., 2008; Arce Barrera, 2009; Jaramillo & Armijos, 2015) o patógenos (Shaban et al., 2010; Gutiérrez, 2015).

Los nematodos entomopatógenos de las Familias Steinernematidae y Heterorhabditidae son parásitos obligados de insectos que ocasionan un efecto letal sobre sus hospedadores (Adams & Nguyen, 2002; Labaude & Griffin, 2018). Por ello, son agentes de control biológico de amplia utilización a escala mundial, y existen numerosos productos comerciales en países de América, Europa y Asia (Rodríguez et al., 2012). Su ciclo de vida incluye huevo, cuatro estadios juveniles y el estado adulto. El tercer estadio juvenil es el infectivo y es el único que se encuentra en el suelo. Este estadio es el encargado de la búsqueda y localización del insecto hospedador. Los juveniles infectivos (JIs) se hallan en asociación simbiótica con enterobacterias de los géneros *Xenorhabdus* Thomas & Poinar, en el caso de Steinernematidae, y *Photorhabdus* (Thomas & Poinar) en Heterorhabditidae. Cuando estos JIs localizan a su hospedador, penetran a través de las aberturas naturales y se dirigen al hemocele, donde liberan a su simbionte. La acción conjunta nematodo-microorganismo, provoca la muerte del hospedador entre 24 y 48 h posteriores a la infección. Dentro del insecto los nematodos continúan su desarrollo, sucediéndose dos o más generaciones de individuos adultos de sexos separados, dependiendo del tamaño del insecto. El ciclo se completa con la formación de nuevos JIs que se originan a partir de todas las

generaciones. Éstos abandonan el cadáver del insecto en busca de un nuevo hospedador entre los 7 y 10 días posteriores al inicio de la infección (Adams & Nguyen, 2002; Cagnolo et al., 2004).

El empleo de nematodos en control biológico de plagas requiere, entre otros aspectos, evaluar previamente su infectividad y rango de hospedadores susceptibles. Se han observado diferencias intraespecíficas en la infectividad, posiblemente relacionadas con el comportamiento (Fairbairn et al., 1999), morfología y fisiología del nematodo, así como con características propias del insecto y factores ambientales (El-Sadawy & Saleh, 1999). Por esta razón es muy importante estudiar, para cada nuevo aislado y/o especie que se detecta, la infectividad frente a diferentes hospedadores. Los nematodos entomopatógenos parasitan un amplio rango de hospedadores, como plagas de interés agropecuario (Ahmad et al., 2010; García del Pino & Morton, 2010) y médico-veterinario (de Doucet et al., 1998; García et al., 2004; Cagnolo & Almirón, 2010).

*Steinernema rarum* (Doucet) se halló por primera vez en Argentina en la localidad de Río Cuarto, Córdoba (Agüera de Doucet, 1986). Desde entonces, esta especie ha sido detectada en otros lugares de la provincia (Cagnolo et al., 2016; Bertolotti & Cagnolo, 2019). El aislado (OLI), procedente de la localidad de Oliva, ha sido evaluado contra diferentes invertebrados en numerosas experiencias de laboratorio y los resultados muestran que posee un amplio rango de hospedadores (Bertolotti et al., 2011). El aislado N105 fue detectado en un muestreo más reciente, en el Barrio Los Boulevares de Córdoba Capital (Cagnolo et al., 2016), y a la fecha no se ha publicado ningún ensayo de infectividad, por lo que se desconoce su comportamiento frente a insectos y otros invertebrados.

Con respecto a la utilización de nematodos entomopatógenos para controlar a la cucaracha americana, existen algunas experiencias realizadas en laboratorio con representantes de las Familias Steinernematidae y Heterorhabditidae en Canadá (Zervos & Webster, 1989), Egipto (Shaban et al., 2010; El Kady et al., 2014), España (Morton & García del Pino, 2013), EE.UU. (Koehler et al., 1992) y Tailandia (Maketon et al., 2010). En estos trabajos se observó una mayor susceptibilidad de *P. americana* a la familia Steinernematidae. En Córdoba sólo se ha realizado un ensayo en laboratorio con un aislado autóctono de *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, con resultado positivo (de Doucet & Giayetto, 1994). Se desconoce hasta el momento la infectividad de otros representantes nativos de nematodos entomopatógenos sobre *P. americana*, como es el caso de los aislados (OLI) y N105 de *S. rarum*.

Considerando la mayor eficiencia de la familia Steinernematidae contra *P. americana* y la falta de información sobre el comportamiento de aislados autóctonos pertenecientes a esta familia sobre la cucaracha americana, en este trabajo se evaluó el parasitismo de dos aislados de Córdoba: *S. rarum* (OLI), y *S. rarum* N105. El primero fue elegido por su marcada virulencia, y el segundo porque se desconoce su infectividad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Nematodos*

Los dos aislados de *S. rarum* utilizados en el experimento provienen de suelos de la provincia de Córdoba. El aislado (OLI) fue detectado en la localidad de Oliva (32° 02' 30" S; 63° 34' 11" O) (Cagnolo et al., 2004), mientras que el aislado N105 en la ciudad de Córdoba (31° 20' 17" S; 64° 13' 19" O) (Cagnolo et al., 2016). Los nematodos, luego de ser detectados, se mantuvieron mediante la multiplicación periódica en laboratorio sobre larvas de la polilla de la cera *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera), según técnicas convencionales (Kaya & Stock, 1997). En las experiencias se emplearon únicamente juveniles infectivos (JIs).

### *Insectos*

Se utilizaron individuos adultos de ambos sexos de *P. americana* recolectados en diferentes domicilios y plazas de la ciudad de Córdoba. Para la captura se empleó una trampa consistente en un frasco de vidrio con trozos de frutas y/o verduras maduras como cebo, colocado de manera horizontal en el suelo. Los insectos se mantuvieron en el laboratorio de la Cátedra de Parasitología de la FCEFN-UNC, en un período de cuarentena previo al desarrollo de los experimentos. Para ello se utilizaron recipientes plásticos de tamaño variable cubiertos con una malla de tela y provistos de una plancha de espuma de poliuretano y tubos de cartón, a fin de asegurar un ambiente propicio para su mantenimiento (25 ± 2 °C; 65-75% HR). Durante ese tiempo, fueron alimentados con una dieta a base de levadura en polvo, harina de trigo y harina de maíz, similar a la que se utiliza para *G. mellonella* (Crespo et al., 1996), a la que se le adicionó frutas y verduras desecadas, pan triturado y sacarosa, y se les aseguró el aprovisionamiento de agua.

### *Bioensayos*

Se usaron JIs de nematodos que no superaban los 30 días de almacenamiento a partir de la fecha de emergencia del hospedador auxiliar utilizado (larvas de *G. mellonella*). En este período los JIs mantienen su viabilidad. Los inóculos se prepararon 24 h antes de comenzar con los bioensayos. Se evaluaron dos dosis: 3.200 y 6.400 JIs por hospedador, equivalentes a 163 nematodos/cm<sup>2</sup> y 326 nematodos/cm<sup>2</sup>, respectivamente, y un grupo control (Morton & García del Pino, 2013). Las infecciones se llevaron a cabo en cajas de Petri plásticas, de 5 cm de diámetro (Kaya & Stock, 1997; Koppenhöfer & Kaya, 1999). Los inóculos conteniendo las diferentes dosis de JIs se obtuvieron mediante diluciones (Kaya & Stock, 1997). Para ello, se colocaron en un recipiente 100 ml de agua estéril conteniendo nematodos. De dicha

solución se extrajeron 0,5 ml y se contaron los nematodos presentes. El procedimiento se repitió cinco veces. Se calculó el número promedio de nematodos presentes y por regla de tres simple, la cantidad de agua a colocar a fin de obtener el número de JIs necesarios para la dosis. El volumen de agua conteniendo la dosis y que fue filtrada antes de ser aplicada a cada insecto, estuvo relacionada a la cantidad de JIs presentes en la suspensión inicial. En cada caja de Petri se colocó un disco de papel de filtro Whatman #2 seco, y sobre éste, el papel de filtro con la dosis de nematodos. Por último se agregó el insecto. Por cada tratamiento, se consideraron 10 cajas de Petri, conformando 10 réplicas. Las experiencias se repitieron cuatro veces. Al grupo control sólo se le agregó un volumen de agua equivalente al que contenía las dosis, sin nematodos. Las infecciones se mantuvieron a  $25 \pm 1$  °C.

#### *Determinación del parasitismo, desarrollo de los nematodos, obtención y estimación del número de JIs producidos por insecto*

Se registró la muerte de los insectos cada 24 h, durante 15 días seguidos. Las cucarachas muertas fueron retiradas de las cajas de Petri, se les extrajeron las alas y se enjuagaron con agua a fin de eliminar los posibles JIs adheridos al cuerpo. Luego se colocaron individualmente en una cápsula de Petri provista de un disco de papel de filtro seco y se mantuvieron a  $25 \pm 1$  °C durante 10 días para permitir el desarrollo de los nematodos dentro del insecto. Transcurrido ese tiempo, cada insecto fue transferido a una trampa White (Kaya & Stock, 1997). Estas trampas se observaron cada 24 h a fin de registrar la fecha de emergencia de los JIs, y al cabo de 10 días se procedió a la recolección de éstos en frascos plásticos, que se conservaron a  $21 \pm 1$  °C para su posterior recuento. La estimación de los JIs producidos por hospedador y por dosis se realizó mediante dilución (Kaya & Stock, 1997). Los insectos en los que no se observó emergencia de JIs pasados los 10 días, fueron diseccionados para constatar si la muerte fue causada por el nematodo. En el caso del grupo control, las cucarachas se mantuvieron durante los 15 días en la misma caja de Petri, sin suministrarles alimento.

#### *Análisis de resultados*

Los insectos muertos se examinaron bajo lupa estereoscópica marca Zeiss, modelo 47 50 52-990, a fin de observar por transparencia de la cutícula la presencia de nematodos en su interior. También se analizó la consistencia y el cambio de coloración de los tejidos parasitados.

Se calculó la mortalidad diaria y el porcentaje de mortalidad acumulado por dosis cada 24 h para los dos aislados de los nematodos. Los datos se transformaron según la ecuación de Schneider-Orelli (Püntener, 1981) que brinda valores corregidos de mortalidad, a partir de la relación: mortalidad por tratamiento *vs* mortalidad en el testigo absoluto.

$$\% \text{ mortalidad corregida} = [(\%mt - \%mta) / (100 - \%mta)] \times 100$$

donde  $mt$  = mortalidad en el tratamiento, y  $mta$  = mortalidad en testigo absoluto.

Se calculó y comparó el porcentaje de insectos en los cuales se observó emergencia de JIs y el número medio de nuevos juveniles infectivos producidos por insecto en cada tratamiento.

La evaluación de los tratamientos se realizó mediante Análisis de la Varianza (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ) previa comprobación de los supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia de los datos obtenidos. El número medio de JIs producidos por insecto fue transformado a raíz cuadrada, para que se cumpliera el supuesto de normalidad y homogeneidad. La comparación de los valores medios se realizó mediante el test de comparaciones múltiples de Duncan. Los análisis estadísticos se implementaron en InfoStat versión libre (Di Rienzo et al., 2018).

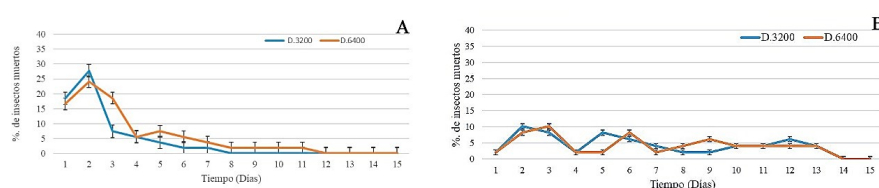


Fig. 1. Mortalidad diaria de *Periplaneta americana*. A: *Steinernema rarum* (OLI). B: *Steinernema rarum* N105. Los puntos en el gráfico indican el porcentaje de mortalidad diaria y las líneas verticales, la desviación estándar.

## RESULTADOS

### *Mortalidad diaria*

La mortalidad de *P. americana* por *Steinernema rarum* (OLI), fue observada durante 7 días con 3.200 JIs/hospedador y durante 11 días con 6.400 JIs/hospedador (Fig. 1A). Los valores máximos de mortalidad diaria correspondieron al segundo día, con 28% y 24% para la dosis baja y alta, respectivamente.

La mortalidad ocasionada por *S. rarum* N105 fue observada durante 13 días independientemente de la dosis empleada (Fig. 1B). Los valores máximos de mortalidad diaria fueron del 10% y se registraron al segundo día con 3.200 JIs/hospedador, y al tercer día con 6.400 JIs/hospedador.

### *Mortalidad acumulada por tratamiento*

Las curvas de mortalidad acumulada mostraron diferencias entre aislados (Fig. 2). En el caso de *S. rarum* (OLI), al inicio, presentaron un crecimiento exponencial, que disminuyó progresivamente hasta alcanzar el máximo. Con la dosis mayor, el valor máximo de mortalidad acumulada (89%) se observó el día 11, en tanto que con la dosis menor la máxima mortalidad (67%) se alcanzó el día 6.

En el tratamiento con *S. rarum* N105, las curvas de mortalidad acumulada presentaron un crecimiento aproximadamente lineal. El porcentaje máximo de hospedadores muertos se observó en ambos casos

el día 13, siendo del 59% para la dosis mayor y del 65% con la dosis menor. Para el grupo control, el porcentaje máximo de hospedadores muertos (29,5%) correspondió al día 11.

El Análisis de la Varianza evidenció diferencias significativas en la mortalidad con los diferentes tratamientos y el grupo control ( $F_{4,15} = 18,95$ ;  $p \leq 0,001$ ). Asimismo, fueron significativas las diferencias en la mortalidad entre las dosis de *S. rarum* (OLI), no así con el otro aislado (Duncan  $p \leq 0,05$ ).

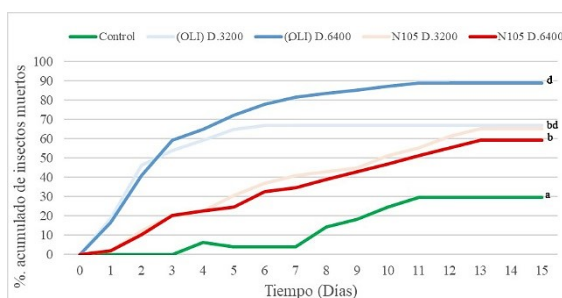


Fig. 2. Mortalidad acumulada de *Periplaneta americana* por *Steinernema rarum*. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ).

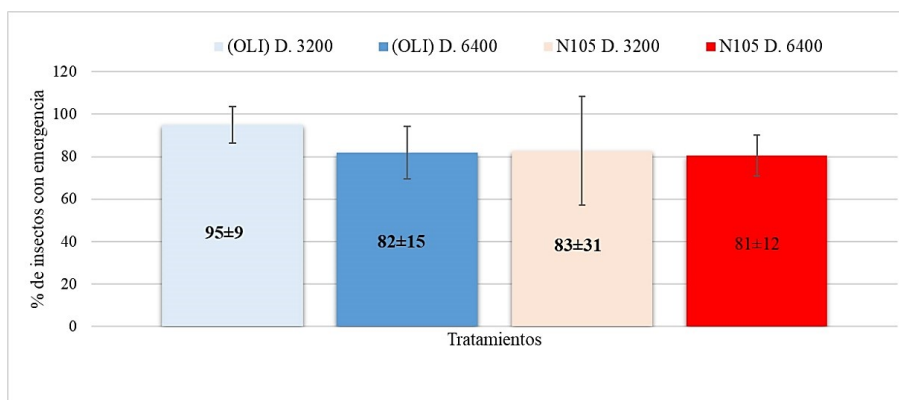


Fig. 3. Porcentaje de insectos parasitados por *Steinernema rarum* en los que se observó emergencia de JIs en función de la dosis. Las líneas representan la desviación estándar.

### *Emergencia de nuevos JIs a partir de insectos parasitados*

En ambos tratamientos, de más del 80% de las cucarachas infectadas se observó emergencia de JIs de nematodos (Fig. 3). El mayor porcentaje correspondió a aquellas inoculadas con la menor dosis de *S. rarum* (OLI), aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $F_{3,12} = 1,84$ ;  $p \leq 0,2$ ).

El mayor número medio de emergencia de JIs correspondió al tratamiento con *S. rarum* (OLI) 6.400 JIs/hospedador con un valor de  $33 \pm 3 \times 10^4$  JIs/hospedador, mientras que el menor número medio, al tratamiento con *S. rarum* N105 3.200 JIs/hospedador ( $14 \pm 3 \times 10^4$  JIs/hospedador) (Tabla I). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,126} = 5,26$ ;  $p \leq 0,001$ ).

### Histopatología

Los tejidos de los insectos parasitados presentaron una consistencia blanda, degradada y sin signos de putrefacción, y no se observaron cambios en la coloración de los tejidos, manteniendo el color natural marrón-rojizo característico de este insecto. Los nematodos se observaron en regiones del tórax y abdomen (Fig. 4).

Aislados	Dosis	JIs
(OLI)	3200	255.215 ± 3x10 <sup>4</sup> bc
	6400	328.102 ± 3x10 <sup>4</sup> c
N105	3200	142.451 ± 3x10 <sup>4</sup> a
	6400	188.253 ± 3x10 <sup>4</sup> ab

Tabla I. Emergencia de JIs de los aislados de *Steinernema rarum* por insecto. Se indica el valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ).

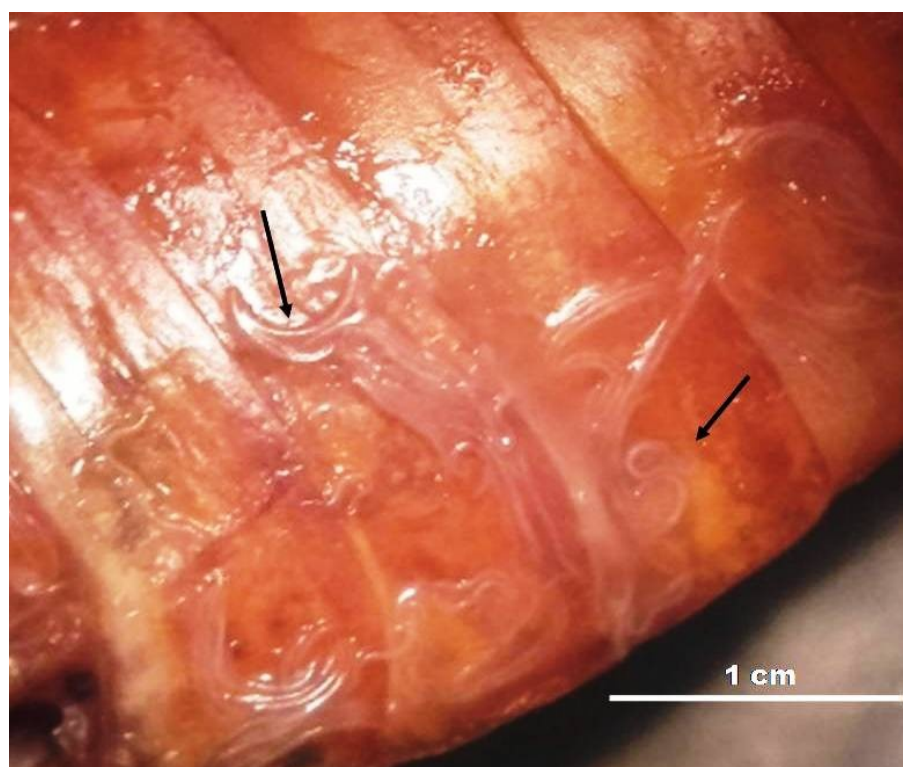


Fig. 4. Nematodos observados en el abdomen de *Periplaneta americana* (flechas).

## DISCUSIÓN

Los resultados muestran que *P. americana* es susceptible en laboratorio a los dos aislados de *S. rarum* utilizados. Por otro lado, este insecto se incorpora al rango de hospedadores conocidos para el aislado (OLI) (Bertolotti et al., 2011), y es el primer hospedador que se conoce en laboratorio para el aislado N105.

*Steinernema rarum* (OLI) causó mayor mortalidad que el aislado N105. Esto estaría reflejando diferencias en la capacidad de infectar de ambos aislados, confirmando una vez más la mayor virulencia del primero (Cagnolo et al., 2004). Se sabe que las especies del género *Steinernema* muestran diferentes comportamientos de búsqueda del hospedador, por ejemplo, *S. glaseri* (Steiner) tiene una estrategia de caza, mientras que *S. carpocapsae* (Weiser), de emboscador (Lewis et al., 1992). En el caso de *S. rarum* (OLI) se conoce que posee las dos estrategias de localización mencionadas (Cagnolo & Gonzalez, 2017), lo que explicaría, en parte, su mayor eficiencia. Sin embargo, esta característica se desconoce para el otro aislado evaluado.

En relación a los porcentajes de mortalidad, en el aislado N105 no se encontraron diferencias significativas entre las dosis y ambas tuvieron un efecto similar a la dosis menor de *S. rarum* (OLI). Esta es la primera prueba de infectividad que se realiza con el aislado N105 en laboratorio, por lo que sería interesante evaluar para distintos insectos, un rango que abarque diferentes dosis y determinar cómo varían los porcentajes de mortalidad.

Para el aislado *S. rarum* (OLI), por el contrario, se registraron diferencias significativas entre las dosis, tal como fuera observado en otras experiencias de laboratorio contra insectos plaga de la agricultura y utilizando dosis de 50 y 500 JIs/hospedador. A modo de ejemplo, con adultos de *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) y larvas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera) se obtuvo mayor mortalidad con la dosis más alta (Cagnolo et al., 2011; Bertolotti et al., 2013). Por otro lado, en pruebas realizadas contra invertebrados que habitan jardines, se encontró que los porcentajes de mortalidad, la duración del ciclo parasitario y la producción de progenie varían entre las distintas especies de hospedadores (Picca & Cagnolo, 2008).

Es posible que las diferencias observadas en la susceptibilidad de *P. americana* a los aislados (OLI) y N105, puedan depender no sólo de las características biológicas de los nematodos utilizados, sino también de las condiciones fisiológicas del hospedador, por ejemplo, la respuesta de su sistema inmune (Koppenhöfer & Fuzy, 2003).

En distintos trabajos se ha evaluado la susceptibilidad tanto de *P. americana* como de otra especie de cucaracha, *Blattella germanica* (L.) frente a nematodos de la familia Steinernematidae. Maketon et al. (2010) compararon el efecto de *Steinernema* sp. y *S. carpocapsae* y encontraron que las dosis que causaron mayor mortalidad fueron  $1 \times 10^6$  y  $5,4 \times 10^4$  JIs/hospedador, respectivamente, y que los adultos de *B. germanica* fueron más susceptibles que los de *P. americana*. Por otra parte, Koehler et al.

(1992) observaron que las ninfas de *P. americana* fueron más susceptibles a *S. carpocapsae* que los adultos, con dosis de 500.000 JIs/hospedador. Al comparar los resultados obtenidos entre sexos, estos autores reportaron que no se diferenciaron significativamente. Por el contrario, Morton & García del Pino (2013) observaron que los machos de *P. americana* fueron más susceptibles que las hembras con las dosis de 3.200 y de 6.400 JIs/caja de *S. carpocapsae*. Sería interesante realizar experiencias con los aislados (OLI) y N105 a fin de evaluar la existencia de una respuesta diferencial según el sexo de *P. americana*.

Las cucarachas del grupo control vivieron más tiempo que los insectos tratados con nematodos, pereciendo por inanición. En los insectos parasitados se evidenció el cambio característico en la consistencia de los tejidos internos, y ausencia de signos de putrefacción por la acción de los microorganismos simbiotes de *S. rarum*, *Xenorhabdus* sp. Se conoce que estas bacterias son las encargadas de degradar los tejidos del hospedador y transformarlos en alimento para los nematodos, además de impedir, mediante la producción y liberación de sustancias antibióticas, la proliferación de otros microorganismos. Las bacterias también son responsables de la producción de cristales rojos que brindan una coloración rosada en el hospedador (Agüera de Doucet, 1986; Poinar et al., 1988). Sin embargo, en los individuos de *P. americana* parasitados, no se evidenció ese cambio de coloración, aunque la bacteria simbiote los preservó de la colonización de otros microorganismos. El color propio del insecto, marrón-rojizo, pudo haber enmascarado dicho cambio.

El elevado porcentaje de insectos a partir de los cuales se registró emergencia de JIs al final del ciclo parasitario, pone en evidencia que *P. americana* es un hospedador favorable para los dos aislados de *S. rarum* evaluados. Esto coincide con estudios similares con otras especies del género *Steinernema*, en los que se observó que *P. americana* brinda un medio favorable para el desarrollo y reproducción del parásito, permitiéndole completar su ciclo vital y perpetuarse (Koehler et al., 1992; Maketon et al., 2010; Morton & García del Pino, 2013).

En cuanto al número medio de JIs producidos por insecto, se observó que la producción de progenie fue siempre mayor a partir de los insectos tratados con *S. rarum* (OLI). Existen antecedentes de diferencias intraespecíficas en la infectividad, tal como ha sido señalado para *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Hazir et al., 2001; Campos Herrera & Gutiérrez, 2014). Las diferencias entre poblaciones de una misma especie estarían relacionadas con el tiempo de liberación de la bacteria simbiote (Koppenhöfer & Fuzi, 2003) y las variaciones en la virulencia de dicha bacteria (Shaban et al., 2010). Según estos estudios, las diferencias observadas en el presente trabajo en la producción de juveniles infectantes podrían estar influenciadas por las variables antes mencionadas, que afectarían la tasa de ingreso de los JIs, el desarrollo de los adultos dentro del hospedador y la progenie.

Los resultados de este trabajo y, particularmente, la mayor efectividad mostrada por *S. rarum* (OLI) contra *P. americana*, es información a tener en cuenta, cuando se evalúan posibles estrategias de control

de este insecto. Estudios como el presente son indispensables para reunir información de base sobre estos organismos, particularmente los nativos, y su probable empleo como bioinsecticidas. Sería interesante en futuros trabajos, evaluar otros aspectos del comportamiento de estos aislados, tales como tiempo de liberación del simbiote y su patogenicidad, considerando, además, variables como sexo, peso y edad del insecto. En el caso del aislado N105, otras características como supervivencia bajo diferentes variables, comportamiento de búsqueda del hospedador, virulencia y susceptibilidad de diferentes invertebrados deberían ser también evaluadas, así como utilizar un rango de dosis más amplio para estos nematodos. Sería igualmente interesante probar estos aislados en ambientes donde naturalmente se encuentra este insecto y estimar así las potencialidades reales de estos nematodos como agentes de control biológico.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos provenientes de la Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Resol. 313/16 y 113/17.

## LITERATURA CITADA

- Adams, B.J., & Nguyen, K.B. (2002) Taxonomy and systematics. *Entomopathogenic Nematology* (ed. Gaugler, R.), pp. 1-33. CABI Publishing, Londres.
- Agüera de Doucet, M.M. (1986) A new species of *Neoalectana* Steiner, 1929 (Nematoda: Steinernematidae) from Córdoba, Argentina. *Revue de Nématologie*, **9**(4), 317-323.
- Ahmad, R., Hussain, M.A., Shaheen, A., & Ali, S.S. (2010) Susceptibility of 23 agriculturally important insect pests to entomopathogenic nematode *Steinernema masoodi* (Rhabditida: Steinernematidae). *International Journal of Nematology*, **20**(2), 157-161.
- Alonso, D.A., Albonico, J.F., Mouchian, K., Rodríguez, S.R., Irañeta, S.G., & Pionetti, C.H. (2014) Cucarachas y vinchucas en patología general y respiratoria. *Revista de la Asociación Médica Argentina*, **127**(4), 22-31.
- Arce Barrera, A. (2009) *Efecto del fruto de la planta viguere (Solanum mammosum) sobre la cucaracha doméstica (Periplaneta americana)*. Trabajo de grado, Universidad de La Salle, Santafé de Bogotá, D. C.
- Bertolotti, M.A., & Cagnolo, S.R. (2019) Nematodos entomopatógenos (familias Steinernematidae y Heterorhabditidae) en Argentina. Recopilación de hallazgos de poblaciones naturales en medio siglo de prospecciones. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, **6**(1), 53-70.
- Bertolotti, M.A., Cagnolo, S.R., & Almirón, W.R. (2011). Rango de hospedadores de un aislado de *Steinernema rarum* (Nematoda: Steinernematidae) de Córdoba, Argentina. *En: Actas y Trabajos del II Congreso Argentino de Fitopatología, 2011*, Mar del Plata. p. 357.

- Bertolotti, M.A., Cagnolo, S.R., Edelstein, J.D., & Oviedo, N.S. (2013) Infectivity of *Steinernema rarum* (OLI) (Nematoda: Steinernematidae) in larvae of *Diatraea saccharalis* (Insecta: Lepidoptera). *Biocell*, **37**(3), 121.
- Cagnolo, S.R., & Almirón, W.R. (2010) Capacity of the terrestrial entomopathogenic nematode *Steinernema rarum* (Rhabditida: Steinernematidae) to parasite *Culex apicinus* larvae (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, **69**(1-2), 141-145.
- Cagnolo, S.R., & Gonzalez, J.M. (2017) Comportamiento de localización y elección de hospedadores, del nematodo entomopatógeno *Steinernema rarum* (OLI) (Nematoda: Steinernematidae). *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, **4**(1), 77-85.
- Cagnolo, S.R., Donari, Y.M., & Di Rienzo, J.A. (2004) Existence of infective juveniles in the offspring of first-and second-generation adults of *Steinernema rarum* (OLI strain): evaluation of their virulence. *Journal of Invertebrate Pathology*, **85**(1), 33-39.
- Cagnolo, S.R., Peschiutta, M.L., & Bertolotti, M.A. (2011) Susceptibility of adults of *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomopathogenic nematode *Steinernema rarum* (Doucet, 1986) Mamiya, 1988 (Rhabditida: Steinernematidae) under laboratory conditions. *Nematology*, **13**(3), 373-376.
- Cagnolo, S.R., Carranza, F., Trimarchi, L.I., & Bertolotti, M.A. (2016) New findings of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema rarum* (Nematoda: Heterorhabditidae, Steinernematidae) in Córdoba, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, **18**(2), 191-199.
- Calderón-Arguedas, O. (1993) Las cucarachas domésticas como inductoras de alergia. *Revista Costarricense de Salud Pública*, **2**(2), 34-37.
- Campos Herrera, R., & Gutiérrez, C. (2014) *Steinernema feltiae* intraspecific variability: Infection dynamics and sex-ratio. *Journal of Nematology*, **46**(1), 35.
- Crespo, D.C., Lecuona, R.E., Díaz, B.M., & Stock, S.P. (1996) Cría de insectos en laboratorio. *Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga* (ed. Lecuona, R.), pp. 183-188. Talleres Gráficos Mariano Mas, Argentina.
- de Doucet, M.M., & Giayetto, A. (1994) Gama de huéspedes y especificidad en *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Heterorhabditidae: Nematoda). *Nematologia Mediterranea*, **22**(2), 171-177.
- de Doucet, M.M., Miranda, M.B., & Bertolotti, M.A. (1998) Infectivity of entomogenous nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) to *Pediculus humanus capitis* De Geer (Anoplura: Pediculidae). *Fundamental and Applied Nematology*, **21**(1), 13-16.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. (2018) InfoStat, versión libre. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- El Kady, G.A., Elbahrawy, A.F., El Sharabasy, H.M., El Bardry, Y.S., El Ashry, R.M.A., & Mahmoud, M.F. (2014) Pathogenicity and reproduction of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* (Weiser) in the German cockroach, *Blattella germanica* L. (Dictyoptera: Blattellidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **24**(1), 133-138.

- El Sadawy, H.A., & Saleh, M.M.E. (1999) Infectivity of Egyptian and imported entomopathogenic nematodes under different temperatures. *International Journal of Nematology*, **9**(1), 72-75.
- Fairbairn, J.P., Fenton, A., Norman, R.A., & Hudson, P.J. (1999) The invasion efficiency of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditidae: Steinernematidae). *Aspects of Applied Biology*, **53**(1), 83-88.
- García, C.A., González, I.A., & Solano, R.R. (2004) Estudios preliminares con nematodos entomopatógenos para el control biológico de la mosca del cuerno, *Haematobia irritans* L. (Diptera: Muscidae). *Veterinaria México OA*, **35**(4), 339-350.
- García del Pino, F., & Morton, A. (2010) Synergistic effect of the herbicides glyphosate and MCPA on survival of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, **20**(5), 483-488.
- Graczyk, T.K., Knight, R., & Tamang, L. (2005) Mechanical transmission of human protozoa and parasites by insects. *Clinical Microbiology Reviews*, **18**(1), 126-132.
- Gutiérrez, A.C. (2015) *Estudio y evaluación de los patógenos de cucarachas (Insecta: Blattodea) urbanas en la provincia de Buenos Aires, como potenciales agentes de control*. Tesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Gutiérrez, A.L., Alonso, S.F.B., Arenas, P.M., Cabrera, N., & Stampella, P. (2011) Insectos dañinos al patrimonio documental de archivos y bibliotecas: diagnóstico de dos casos en la República de Cuba y la República Argentina. *Códices*, **7**(1), 49-64.
- Hazir, S.P., Kaya, H.K., Koppenhöfer, A.M., & Keskin, N. (2001) Developmental temperature effects on five geographic isolates of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, **77**(4), 243-250.
- Jaramillo, C.G.M., & Armijos, A.J.H. (2015) Efecto insecticida del extracto acuoso de la semilla de la higuerilla (*Ricinus communis*) en tres tipos de insectos (cucarachas, moscas y mosquitos). *Revista semestral de Investigación de la Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo-CIDE*, **1**(15), 106-111.
- Kaya, H.K., & Stock, S.P. (1997) Techniques in insect nematology. *Manual of techniques in insect pathology* (ed. Lacey, L), pp. 281-324. Academic Press, Londres.
- Koehler, P.G., Patterson, R.S., & Martin, W.R. (1992) Susceptibility of cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae, Blattellidae) to infection by *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Economic Entomology*, **85**(4), 1184-1187.
- Koppenhöfer, A.M., & Fuzy, E.M. (2003) *Steinernema scarabaei* for the control of white grubs. *Biological Control*, **28**(1), 47-59.
- Koppenhöfer, A.M., & Kaya, H.K. (1999) Ecological characterization of *Steinernema rarum*. *Journal of Invertebrate Pathology*, **73**(1), 120-128.
- Labaude, S., & Griffin, C.T. (2018) Transmission Success of Entomopathogenic Nematodes Used in Pest Control. *Insects*, **9**(2), 72.
- Lewis, E. E., Gaugler, R., & Harrison, R. (1992) Entomopathogenic nematode host finding: relevance of host contact cues to cruise and ambush foragers. *Parasitology*, **105**, 309-315.

- Makeon, M., Hominchán, A., & Hotaka, D. (2010) Control of American cockroach (*Periplaneta americana*) and German cockroach (*Blattella germanica*) by entomopathogenic nematodes. *Revista Colombiana de Entomología*, **36**(2), 249-253.
- Morton, A., & García del Pino, F. (2013) Sex-related differences in the susceptibility of *Periplaneta americana* and *Capnodis tenebrionis* to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, **112**(3), 203-207.
- Picca, S., & Cagnolo, S.R. (2008) Evaluación de *Steinernema rarum* (Doucet, 1986) Mamiya 1988 como bioinsecticida de diez especies de invertebrados que habitan jardines domiciliarios de Córdoba, Argentina. *En: Actas y Trabajos del VII Congreso Argentino de Entomología, 2008*, Huerta Grande. p. 371.
- Poinar, G.O. Jr., Mráček, Z., & Doucet, M.M.A. (1988) A re-examination of *Neoaplectana rara* Doucet, 1986 (Steinernematidae: Rhabditida). *Revue de Nématologie*, **11**(4), 447-449.
- Ponce, G., Cantú, P.C., Flores, A., Badii, M., Barragán, A., Zapata, R., & Fernández, I. (2005) Cucarachas: Biología e importancia en salud pública. *Revista Salud Pública y Nutrición*, **6**(3), 1-11.
- Püntener, W. (1981) *Manual for field trials in plant protection second edition*. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, Basle Switzerland.
- Robledo Reyes, P.C., González, R., Jaramillo, G.I., & Restrepo, J. (2008) Evaluación de la toxicidad de acetogeninas anonáceas sobre ninfas de *Periplaneta americana* L. (Dictyoptera: Blattellidae). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, **9**(1), 54-61.
- Rodríguez, M.G., Hernández-Ochandía, D., & Gómez, L. (2012) Nematodos entomopatógenos: elementos del desarrollo histórico y retos para su consolidación como biorreguladores en la agricultura en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, **27**(3), 137-146.
- Schal, C., & Hamilton, R.L. (1990) Integrated suppression of synanthropic cockroaches. *Annual Review of Entomology*, **35**(1), 521-551.
- Shaban, H.E., Helal, I.B., Shamseldean, M.M., & Seif, A.I. (2010) Virulence of *Steinernema* and *Heterorhabditis* entomopathogenic nematodes (Rhabditida) from Egypt against the greater wax moth *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) and American cockroach, *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattellidae). *The Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology)*, **6**(2), 239-245.
- Zervos, S., & Webster, J.M. (1989) Susceptibility of the cockroach *Periplaneta americana* to *Heterorhabditis heliothidis* (Nematoda: Rhabditoidea) in the laboratory. *Canadian Journal of Zoology*, **67**(6), 1609-1611.

## Notas de autor

ailinaguirre7@gmail.com