

Efecto de entomonemátodos sobre poblaciones de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en frutos en el suelo

Effect of entomopathogenic nematodes on populations of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in berries on the soil

JUAN CARLOS LARA G.¹, JUAN CARLOS LÓPEZ N.², ALEX E. BUSTILLO P.³

Revista Colombiana de Entomología 30 (2): 179-185 (2004)

Resumen. Se estudió el efecto de dos entomonemátodos nativos, *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) y *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) en dosificaciones de 125.000, 250.000 y 500.000 Juveniles Infecciosos (JI) por plato del árbol sobre poblaciones de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Durante la primera cosecha de café del año 2001, no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en cuanto al nivel de infestación por broca en el árbol debido a la alta variabilidad del número de frutos con los que se inició el experimento. Para la segunda cosecha de café del año 2001, se encontraron porcentajes de mortalidad de broca con las dos especies entre el 53 y el 88%, un mes después de aplicación, siendo diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) en relación con el testigo (6%). Cinco de los seis tratamientos evaluados presentaron porcentajes promedios de infestación por broca en el árbol (PPIA), inferiores al testigo $9,93 \pm 1,81$ (prom $\pm$ E. E), destacándose las aplicaciones de *Steinernema* sp. (500.000 JI/plato) con una infestación por broca de $4,17 \pm 0,57$ y para *Heterorhabditis* sp. (250.000 JI/plato) con una infestación por broca de $5,62 \pm 1,24$. Esta reducción para cada uno de los casos equivale al 58 y 43,4%, respectivamente con relación al testigo. Dicha disminución puede explicarse, al observar los porcentajes de mortalidad promedios de estados de broca en frutos del suelo (PMB), que fluctuaron entre el 13,64 y el 42,27% para ambas especies de nemátodos. A los 30 días después de la aplicación, esta diferencia es notoria, encontrando diferencias significativas con el testigo ($p < 0,05$). En conclusión estos nemátodos penetran los frutos brocados en el suelo, parasitan principalmente estados inmaduros, se reproducen en estos insectos parasitados y reducen poblaciones de broca en los cafetales.

Palabras clave: *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Juvenil infeccioso.

Summary. The effect of two native entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) was studied in doses of 125.000, 250.000 and 500.000 infective juveniles (IJ) per tree base on populations of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. During the first coffee harvest of 2001, there were no statistical differences between treatments for infestation level in the tree due to the high variability of the number of fruits with which the experiment began. For the second coffee harvest of 2001, percentage of mortality of the coffee berry borer with the two species was 53 and 88%, a month after their application, statistically different ($p < 0,05$) in relation to the control (6%). Five of the six evaluated treatments had average percentages of borer infestation in the tree (PPIA) lower than the control $9,93 \pm 1,81$ (mean $\pm$ S. E), particularly the applications of *Steinernema* sp. (500.000 IJ/plate) with a PPIA of $4,17 \pm 0,57$ and *Heterorhabditis* sp. (250.000 IJ/plate) with PPIA of $5,62 \pm 1,24$. This reduction is equivalent to 58 and 43,4%, respectively, in relation to the control. This reduction can be explained by observing the mean percentages of mortality of coffee berry borer life stages in fruits on the ground (PMB), which fluctuated between 13,64 and 42,27% for each species of nematodes. Thirty days after application, this difference is well established, with significant differences compared to the control ($p < 0,05$). In conclusion, these nematodes penetrate the fallen fruits on the ground, mainly parasitize immature stages and reproduce in these insects within the fruit to reduce the populations of coffee berry borer in coffee plantations.

Key words: *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Infective juvenile.

Introducción

La broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) introducida a Colombia en 1988, es la plaga más importante que afecta el café. Actualmente infesta cerca de 800.000 hectáreas de café, afectando el patrimonio de más de medio millón de

familias cafeteras (Bustillo 2002). En Colombia, el café presenta múltiples floraciones (Camayo y Arcila 1997) como respuesta a las condiciones climáticas, lo cual causa que, en zonas como el eje cafetero, se encuentren durante todo el año frutos susceptibles de ser atacados, incrementándose considerablemente la

frecuencia de las aspersiones de insecticidas para su control (Vélez et al. 2000).

En condiciones favorables para la broca tales como presencia de frutos en el árbol y en el suelo, ausencia de enemigos naturales, alta humedad y disposición de frutos durante todo el año, ésta desarrolla su

- 1 Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas, Manizales. Trabajo de Grado. E-mail: JuanCarlos.Lara@cafedecolombia.com
- 2 Autor para correspondencia: Asistente de Investigación. Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de café. Cenicafe - Plan Alto. Chinchiná, Caldas, Colombia. Tel: (850) 65 50. E-mail: JuanCarlos.Lopez@cafedecolombia.com
- 3 Investigador Principal I. Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia. E-mail: Alex.Bustillo@cafedecolombia.com

potencial biótico sin ninguna restricción (Le Pelley 1973; Urrelo *et al.* 1982). Por lo anterior, se considera que es la plaga de mayor importancia en el café, lo cual amerita su control debido a las grandes pérdidas que ocasiona (Bustillo *et al.* 1993). Los frutos infestados y que caen al suelo juegan un papel importante en la dinámica poblacional al albergar el insecto durante la época de escasez de frutos y poseer mayor humedad, ofreciéndole un buen refugio para su desarrollo (Bergamín 1944; Kraker 1988; Bernal *et al.* 1999). Salazar *et al.* (1993) afirman que la broca en estos frutos continúa desarrollándose para salir posteriormente y causar nuevas infestaciones.

En Colombia, se ha implementado un programa de Manejo Integrado de la broca del café, que involucra los componentes químico, cultural y biológico. El control químico no es la solución ya que su eficacia es reducida debido a que los productos aplicados no penetran en los frutos para matar los estados de la broca que permanecen en su interior (Bustillo 1991, 1995). El control cultural es una práctica que debe estar enfocada a realizar labores en el cultivo como: cosechar oportunamente los frutos maduros del árbol, retirar del cultivo todos los frutos secos y en los focos cosechar semanalmente todos los frutos brocados y si es posible los caídos alrededor de los árboles infestados, lo cual demanda una gran cantidad de mano de obra disponible (Bustillo 1991). El control biológico con parasitoides es una alternativa con alto potencial para el control de la broca; sin embargo, aún no es una opción fácil porque sus procesos de producción masiva son bastante costosos (Baker 1999).

Dentro del grupo de organismos considerados con potencial para el control de la broca en el suelo, están los entomonemátodos (EN) (Commonwealth Institute of Biological Control 1990; Bustillo 1991; Georgis y Hom 1992) destacándose las familias Steinernematidae, Heterorhabditidae, Allantonematidae y Mermithidae (Allard y Moore 1989; Hominick y Collins 1997; Smiths 1997) siendo consideradas las dos primeras como las más apropiadas para controlar plagas del suelo debido a sus hábitos cripticos (Georgis y Hom 1992). Estos organismos poseen una característica particular al estar asociados con bacterias entomopatógenas. Avances en la producción masiva, formulación y métodos de aplicación, han permitido considerarlos en programas de control contra insectos cuyo hábitat es el suelo (Georgis y Hom 1992; López 1999).

Los EN podrían sustituir a los insecticidas por el amplio número de insectos que pueden atacar, su seguridad y facilidad de aplicación y la ausencia de restricciones de registro en algunos países (Capinera y Epsy 1992).

condiciones de laboratorio e invernadero han comprobado el efecto patogénico de entomonemátodos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae sobre diferentes estados de la broca del café. Bajo condiciones de campo no se conoce su comportamiento, por lo que la presente investigación se dirigió a averiguar la acción de dos nemátodos nativos encontrados previamente en ecosistemas cafeteros (*Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp.) sobre poblaciones de la broca del café que se encuentra en frutos en el suelo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de Entomología de Cenicafe y en la Estación Central "Naranjal" en un lote de 696 m², correspondiente a una zoca de tres años con 432 plantas de café variedad Colombia sembradas a 1,5 x 1,0 m y con una pendiente aproximada del 20%.

Para la multiplicación de los entomonemátodos se utilizaron larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), de último instar, criadas en dieta artificial, la cual constaba de 150 ml de miel, 45 g de cera de abejas, 310 g de salvado de trigo y 150 ml de glicerina.

Se utilizaron frutos de café variedad Colombia de 190 días de desarrollo fisiológico, los cuales se infestaron artificialmente en la Unidad de Cría de Parasitoides de Cenicafe en una proporción de cuatro brocas por fruto; estos frutos se desinfectaron previamente con el fin de reducir contaminación; para esto, los frutos se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 15 minutos. Luego los frutos se marcaron en un extremo con pintura para su fácil identificación en las distintas evaluaciones. Después de 30 días de la infestación, se tomó una muestra correspondiente al 10% de los frutos a utilizar en el experimento y se disecaron evaluando la proporción de estados con el fin de estimar la población inicial en los frutos colocados en el plato de cada árbol.

Los tratamientos (Tabla 1) fueron tres dosis de los dos entomonemátodos (125.000, 250.000 y 500.000 JI) en 300 ml de agua por árbol, aplicados por medio de un dispensador de agua, sobre frutos brocados colocados previamente en el plato del árbol (30 frutos brocados / árbol), coincidiendo con la presencia de frutos brocados en el plato del árbol después de

las cosechas. Como testigo se aplicó en cada plato del árbol el mismo volumen de agua (300 ml) utilizado en la aplicación de JI, pero sin nemátodos. Cada tratamiento constó de ocho unidades experimentales, en las cuales se evaluó la infestación y en los platos de los mismos se evaluó la mortalidad de los estados de broca. Para esto último, se retiraron cinco frutos al azar del plato de los árboles para ser disecados, cada 15 días (seis evaluaciones) hasta el inicio de la primera cosecha del año y cada 30 días hasta el inicio de la segunda cosecha.

La unidad experimental (U. E.) estuvo constituida por un árbol sobre el cual se colocó una jaula entomológica de 1,20 m. x 1,20 m. x 2,40 m., fabricada en PVC cubierta con muselina, la cual tenía en un extremo cinta velcro para facilitar el ingreso a la unidad experimental en la toma de datos. Al cubrir cada árbol con una jaula entomológica se permitía el paso de luz y aire, y por ser permeable se permitía el ingreso de agua cuando se presentaban las lluvias. El objeto de usar dicha jaula fue el de evitar el ingreso o el escape de broca de la U. E.

En cada U. E. se colectaron los frutos brocados del árbol, dejando únicamente los frutos verdes sin brocar. De la misma manera, se retiraron todos los frutos caídos en cada plato y luego se distribuyeron 30 frutos brocados. Este mismo procedimiento se repitió para la segunda parte del experimento.

Con los resultados parciales encontrados para la primera cosecha del año, se pudo determinar una variación alta para las variables evaluadas, lo que llevó a realizar algunas modificaciones para la segunda cosecha como: descope de los árboles, con el fin de evitar el daño de las jaulas, desrreme de la parte inferior del árbol, puesto que estas ramas ya no eran productivas y dificultaban las evaluaciones, homogenización de la muestra dejando cada U. E. con un número similar de frutos y modificación del sistema de aplicación utilizando un frasco atomizador, con el cual se podían simular mejor las condiciones de una aspersión, pues se disminuía el tamaño de la gota.

Adicionalmente se quiso evaluar la persistencia de los nemátodos en el suelo, para lo cual se realizaron dos muestreos tan pronto como se terminaron las evaluacio-

Tabla 1. Tratamientos evaluados durante la primera cosecha de café del año

Tratamiento	Entomonemátodo	JI / 300 ml de agua por plato del árbol
T0	Testigo	0
T1	<i>Heterorhabditis</i> sp.	125.000
T2	<i>Heterorhabditis</i> sp.	250.000
T3	<i>Heterorhabditis</i> sp.	500.000
T4	<i>Steinernema</i> sp.	125.000

nes para las respectivas cosechas; es decir, a los 3 y 4 meses después de las aplicaciones. Para esto se colectaron muestras de suelo de las unidades experimentales donde se tenían los diferentes tratamientos y se realizó una prueba con larvas de *Galleria mellonella* en las cuales se observaba o no la infección por nemátodos. Para esto, en recipientes plásticos de 17,5 cm x 12,5 cm x 7,5 cm, se agregaron 800 g de suelo aproximadamente de cada tratamiento y con un 12% de humedad. En cada recipiente se colocaron cinco larvas de *G. mellonella* axénicas. Los recipientes se sellaron y 10 días después se examinaron las muestras. Las larvas con indicios de parasitismo se separaron y a cada muestra positiva se le realizó una disección, para confirmar que el parasitismo era producido por nemátodos. Luego se llevaron a cámaras secas y más adelante a cámaras modificadas tipo White (Fig. 1) para extraer los JI de los entomonemátodos y comparar si coincidían con las dos especies evaluadas.

Análisis estadístico

Las variables evaluadas en el experimento en la parte aérea del árbol fueron: porcentaje promedio de infestación por árbol y porcentaje de mortalidad de broca. Para evaluar el efecto de la aplicación de los JI en el plato del árbol se consideró la variable porcentaje de mortalidad de estados de broca en frutos en el suelo. Adicional a esta variable, se evaluó el porcentaje de ausencia y porcentaje de abandono de adultos de broca en estos frutos.

Para las dos etapas del experimento se utilizó el mismo análisis estadístico como se muestra a continuación: promedios y variación para las variables descritas por tratamiento, análisis de varianza de acuerdo con el modelo de análisis del diseño completamente aleatorio en arreglo factorial $3 \times 3 + 1$, prueba de comparación de Tukey al 5% para comparar los promedios de los factores por separado en caso de que la interacción fuera significativa y que el Anava mostrara efecto de ellos. Para el análisis de los resultados, los datos se transformaron con Log10. Dicha transformación se realizó en la primera parte del experimento en las variables porcentaje de infestación con el total de frutos y porcentaje de infestación con el total de frutos maduros brocados.

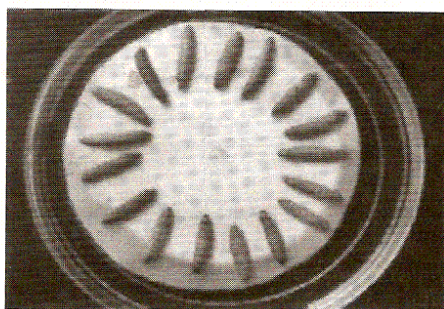


Figura 1. Trampa modificada tipo White utilizada para la emergencia de juveniles infectivos.

Resultados y Discusión

Evaluación durante la cosecha de mitaca

Efecto de entomonemátodos sobre el desarrollo de la broca en frutos en el suelo. Durante la primera cosecha de café del año, al aplicar nemátodos entomopatógenos a frutos infestados con broca en el suelo, se observaron mortalidades con las tres dosis utilizadas y las dos especies evaluadas. Tratamientos como el de *Heterorhabditis* sp. (125.000 JI / plato) y *Steinernema* sp. (250.000 JI / plato) alcanzaron los valores más altos de mortalidad, siendo éstos respectivamente de 28,9 y 29,7%. Mientras que en el testigo, los valores de mortalidad en broca por causas distintas estuvieron alrededor del 17,5% (Fig. 2). Para esta variable no se encontró una relación directa entre el aumento de la mortalidad y el aumento de la dosis de entomonemátodos aplicada, pero si se pudo observar una tendencia de ambos entomonemátodos a disminuir la mortalidad con la mayor dosis aplicada (500.000 JI / plato). El incremento que se logra en el

porcentaje de mortalidad de broca con la aplicación de los dos entomonemátodos con respecto al testigo, es importante dentro de un esquema de manejo integrado ya que se pueden reducir poblaciones de broca que van a ser fuentes importantes de reinfestación de la plaga en el cultivo.

En cuanto al porcentaje de mortalidad corregido, el cual fue estimado por la fórmula de Schneider - Orelly, éste no mostró diferencias estadísticas en esta primera parte entre concentraciones y especies de entomonemátodos, pero es importante resaltar un aumento en los porcentajes de mortalidad del 14,6% para la primera evaluación hasta el 83,6% hacia la cuarta evaluación como se aprecia en la figura 3.

En relación con el número de entomonemátodos por fruto se puede observar que los únicos tratamientos donde se encontraron JI fue donde hubo aplicación de los mismos, encontrándose desde 0,1 hasta 6,7 JI en promedio por fruto, a partir de los 15 días de la aplicación. Este número de JI permanece a través del tiempo notándose que a partir de los 60 días hay un incremento en

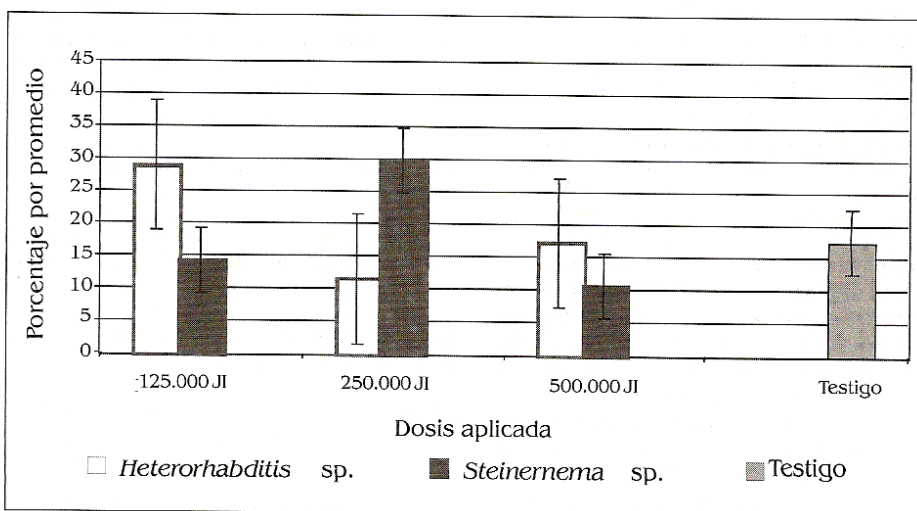


Figura 2. Porcentaje promedio de mortalidad y error para seis evaluaciones realizadas durante la primera cosecha del año 2001.

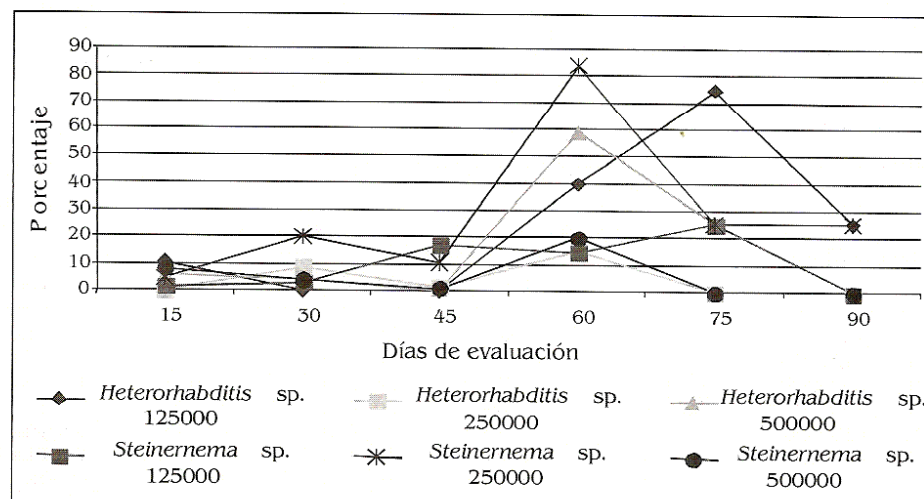


Figura 3. Porcentaje de mortalidad corregida de broca a través de seis evaluaciones realizadas cada 15 días durante la primera cosecha del año 2001.

todos los tratamientos, lo que indica que hay reproducción del entomonemátodo dentro del fruto de café. Hacia los 15 días el nemátodo que se presenta en mayor cantidad dentro del fruto es *Steinernema* sp. en concentración de 125.000 JI, con 6,7 JI en promedio por fruto. A los 30 días el mayor promedio lo presenta *Heterorhabditis* en concentración de 125.000 JI con 33,9 JI por fruto. Esto concuerda con Molina y López (2002) quienes al analizar dos especies de entomonemátodos comprobaron que estos nemátodos en condiciones de laboratorio tenían la capacidad de alcanzar en poco tiempo el orificio de entrada de la broca al grano, penetrar e infectar estados de ésta. Además, es importante resaltar que a los 15 y 30 días después de la aplicación se observó un mayor número de nemátodos por fruto con las concentraciones menores de ambos entomonemátodos (125.000 JI/plato).

En cuanto a las variables porcentaje de ausencia de estados de broca y porcentaje de abandono de adultos de broca de estos frutos luego de la aplicación de los entomonemátodos, no se encontraron diferencias estadísticas. Sin embargo, es importante resaltar que al final de esta parte del experimento, los tratamientos donde se aplicaron nemátodos, presentaron porcentajes de ausencia mayores que los del testigo. Estos tratamientos estuvieron entre un 80 y un 100%, mientras que en el testigo se alcanzaron porcentajes de ausencia del 65%, lo cual demuestra la tendencia de éstos a disminuir las poblaciones de broca dentro de los frutos.

Efecto de los entomonemátodos sobre el desarrollo de la broca y la infestación en el árbol. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) para la variable porcentaje promedio de infestación por árbol. Sin embargo, observando los valores promedio para la variable porcentaje de infestación (Tabla 2), en los diferentes pases de recolección antes de la primera cosecha del año, se da una tendencia a ser inferiores a los encontrados en el testigo, destacándose el tratamiento *Heterorhabditis* sp. (500.000 JI / plato), que durante todos los pases de cosecha para esta variable de infestación en el árbol siempre fue menor que el testigo. La

tendencia anteriormente descrita se observa para los tratamientos *Steinernema* sp. en concentraciones de 125.000, 250.000 y 500.000 JI. Como se puede observar en la tabla 2, es importante mencionar que a través de las seis evaluaciones los tratamientos de mayor concentración de JI (500.000), para ambas especies de entomonemátodos, presentaron valores menores de infestación a través del tiempo 7,9 y 9,77% con respecto al testigo 14,43%, lo cual desde el punto de vista de control de broca y daño al grano de café es bueno, pues así el agricultor se puede estar viendo beneficiado en el producto final que va a llevar para la venta.

Adicionalmente, se evaluó el porcentaje de infestación en frutos maduros, en el cual se observaron porcentajes menores de los tratamientos con respecto al testigo a través de las seis evaluaciones, pero éstos no presentaron diferencias estadísticas entre sí, igualmente por la variabilidad de los resultados. Los tratamientos de *Steinernema* sp. (T4, T5 y T6) con sus tres dosis presentaron porcentajes de infestación en frutos maduros menores a los de *Heterorhabditis* sp. en su respectiva concentración a través del tiempo de evaluación y a su vez menores que el testigo, lo cual puede deberse a que con este nemátodo se obtuvieron los mayores porcentajes de mortalidad de frutos en el suelo.

Evaluación durante la cosecha principal

Los resultados obtenidos en la segunda parte del experimento mostraron diferen-

cias en relación con el porcentaje de mortalidad de estados de broca en frutos en el suelo. Todo esto puede deberse a los ajustes realizados para esta etapa, los cuales fueron explicados anteriormente en la metodología.

Efecto de entomonemátodos sobre el desarrollo de la broca en frutos en el suelo. Para la variable porcentaje de mortalidad en frutos en el suelo, se realizó un análisis de varianza y se encontraron diferencias estadísticas para la primera evaluación ($p < 0,05$) de los tratamientos con respecto al testigo. Para las evaluaciones posteriores los resultados obtenidos no mostraron diferencias entre sí (Tabla 3). Lo anterior puede explicarse debido a que en la primera evaluación se tuvieron los mayores promedios de nemátodos dentro de fruto.

Posteriormente, los valores de mortalidad fueron corregidos por el testigo, por medio de la fórmula de Sneider - Orelly y no se observaron allí diferencias estadísticas entre las dos especies de entomonemátodos y las tres concentraciones utilizadas. Lo importante acá es resaltar que cuando se aplican nemátodos, las mortalidades promedio para la cosecha principal estuvieron entre un 13,64 y un 42,27% como se puede observar en la tabla 4. Además, que para las cuatro evaluaciones que se realizaron durante esta parte del experimento, los valores de mortalidad más altos se lograron con la dosis de 250.000 JI / plato para ambos entomonemátodos, siendo éstos de 57,06 y 59,82% para *Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp., respectivamente (Fig. 4), lo que coincide

Tabla 2. Promedio de infestación por broca en el árbol durante seis evaluaciones en la primera cosecha del año 2001

Tratamiento	Concentración	Promedio (%)	D. E.
Testigo	0	14,43a	8,36
	125.000	13,41a	6,97
	250.000	19,15a	8,73
<i>Heterorhabditis</i> sp.	500.000	7,9a	3,70
	125.000	8,79a	4,70
<i>Steinernema</i> sp.	250.000	11,57a	5,26
	500.000	9,77a	4,51

Promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente según Tukey al 5%. D. E.: Desviación estándar.

Tabla 3. Porcentajes de mortalidad de estados de broca en los frutos del suelo para cuatro evaluaciones realizadas cada 30 días correspondientes a la cosecha principal

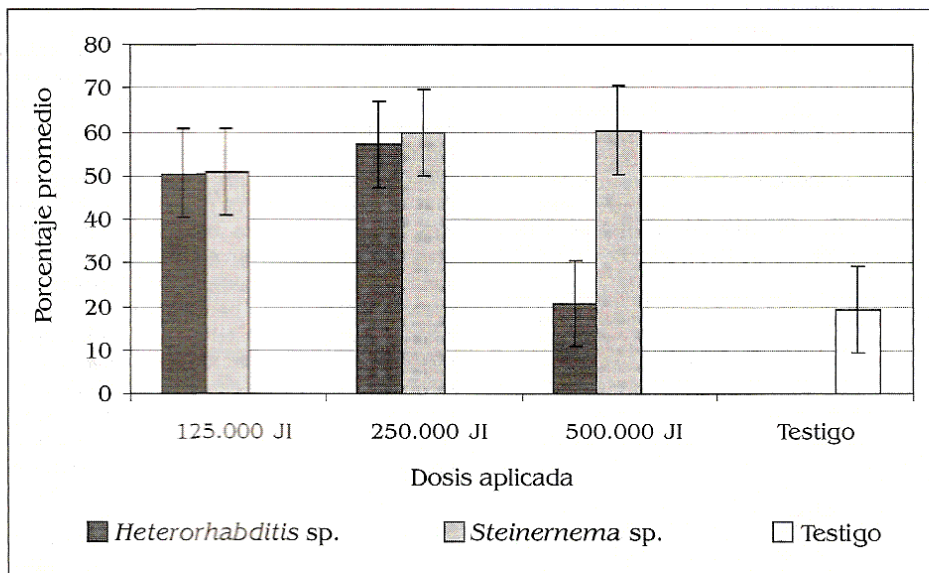
Tratamiento	30 días		60 días		90 días		120 días	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Testigo	6,10b	1,06	30,83a	46,61	40,18a	51,92	0a	0
Het. 125.000	78,46a	19,52	36,11a	55,48	78,57a	0	4,44a	5,44
Het. 250.000	82,01a	18,94	28,20a	33,62	68,05a	44,94	25,00a	50,00
Het. 500.000	53,21a	20,69	29,78a	10,69	0a	0	0a	0
Ste. 125.000	71,25a	19,45	56,71a	37,47	25,00a	35,35	25,00a	25,00
Ste. 250.000	88,19a	9,45	39,98a	27,09	11,11a	19,24	25,00a	50,00
Ste. 500.000	76,09a	15,22	40,59a	39,87	100a	0	12,5a	25,00

* Promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente según Tukey al 5%. Het.: *Heterorhabditis* sp.; Ste.: *Steinernema* sp.; DE: Desviación estándar

Tabla 4. Porcentajes promedio de mortalidad corregida de estados de broca en frutos del suelo, para la cosecha principal

Especie	Concentración	Media	DE	CV
<i>Heterorhabditis</i> sp.	125.000	30,63a	40,26	131,42
	250.000	42,27a	43,35	102,55
	500.000	13,64a	24,28	177,96
<i>Steinernema</i> sp.	125.000	35,08a	40,99	116,82
	250.000	32,77a	43,78	133,59
	500.000	34,25a	42,21	123,22

* Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5%.
DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

**Figura 4.** Porcentaje promedio de mortalidad durante la cosecha principal del año 2001.

además con los valores más altos de entomonemátodos por fruto (Tabla 5). Los resultados encontrados muestran un efecto de ambas especies de nemátodos hasta cuatro meses después de su aplicación, lo cual concuerda con Baur y Kaya (2001), quienes mencionan que dependiendo de las condiciones ambientales y del mismo tipo de suelo, *Steinernema* puede sobrevivir hasta cinco meses y *Heterorhabditis* hasta dos meses.

Adicionalmente, para esta parte se realizaron los análisis de dos variables como

fueron el total de estados de broca por fruto en el suelo y el total de entomonemátodos por fruto. No encontrándose diferencias estadísticas en el análisis de varianza que se realizó ($p > 0,05$) para ninguna de las dos. Los promedios para ambas variables a través de las tres primeras evaluaciones se aprecian en la tabla 5. Para la tercera evaluación se puede observar claramente que el testigo supera a los tratamientos en cuanto al número promedio de estados de broca por fruto, lo cual da muestras del efecto que tienen los entomonemátodos sobre el insecto, al disminuir

las poblaciones del mismo en los frutos del suelo. En lo que se refiere al número de nemátodos por fruto, es importante resaltar que en las dos primeras evaluaciones el mayor promedio es para *Steinernema* sp. lo cual da una idea de la mayor capacidad que posee éste para penetrar los frutos de café, pero hacia la tercera evaluación, los mayores promedios corresponden a *Heterorhabditis* sp. lo cual da a entender la capacidad que posee este nemátodo de multiplicarse mejor que *Steinernema* sp., ya que de *Heterorhabditis* sp. es suficiente que penetre un nemátodo para multiplicarse, puesto que en su primera generación éste es hermafrodita, caso contrario con el segundo que necesita de un macho y una hembra para multiplicarse.

Efecto de entomonemátodos sobre el desarrollo de la broca y la infestación en el árbol. Para la variable porcentaje promedio de infestación en el árbol se realizó un análisis de varianza, en el cual no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Dicho análisis se realizó con base en el total de frutos y el total de frutos maduros. Tales comportamientos a través del tiempo, se pueden observar en las figuras 5 y 6.

Vale la pena mencionar que en esta parte del experimento tampoco se encontró parasitismo y mortalidad de brocas en frutos en el árbol. Además, las modificaciones que se hicieron al inicio de esta segunda parte, para tratar de disminuir la variación para la variable porcentaje de infestación en árbol, no fueron suficientes; no siendo así para la variable porcentaje de mortalidad de estados de broca en fruto y número de nemátodos por fruto, donde el cambio del equipo de aspersión favoreció notablemente el comportamiento de los nemátodos entomopatógenos.

Es importante mencionar que, a lo largo de las dos etapas de evaluación (primera cosecha del año y cosecha principal), se llevaron registros de la información climática de la Estación Central Naranjal (Fig. 7), donde se puede apreciar que variables como la temperatura y la humedad relativa, presentan un comportamiento si-

Tabla 5. Promedios de entomonemátodos y estados de broca por fruto del suelo para tres evaluaciones durante la cosecha principal del año 2001

Tratamiento	Entomonemátodos / fruto						Estados de broca / fruto					
	30 días		60 días		90 días		30 días		60 días		90 días	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Testigo	0	0	0	0	0	0	32,7	18,6	12,0	8,0	13,0	16,7
Het. 125.000	6,6	9,2	0,3	1,1	21,0	37,5	25,5	22,0	3,5	5,6	3,5	7,0
Het. 250.000	16,9	24,8	4,7	15,7	17,7	38,4	26,2	11,1	16,7	17,8	3,7	3,8
Het. 500.000	9,6	14,7	3,2	4,4	32,3	58,8	50,0	16,0	26,7	9,2	1,7	3,5
Ste. 125.000	16,2	25,2	9,4	28,7	6,5	12,4	29,5	7,8	11,0	11,6	2,7	4,8
Ste. 250.000	10,2	13,7	4,3	6,7	21,5	19,1	30,2	11,4	14,2	9,2	2,7	2,5
Ste. 500.000	15,1	22,3	5,2	9,2	7,2	16,5	27,5	4,6	14,2	8,3	0,2	0,5

Het.: *Heterorhabditis* sp.; Ste.: *Steinernema* sp.; M: Media; DE: Desviación estándar.

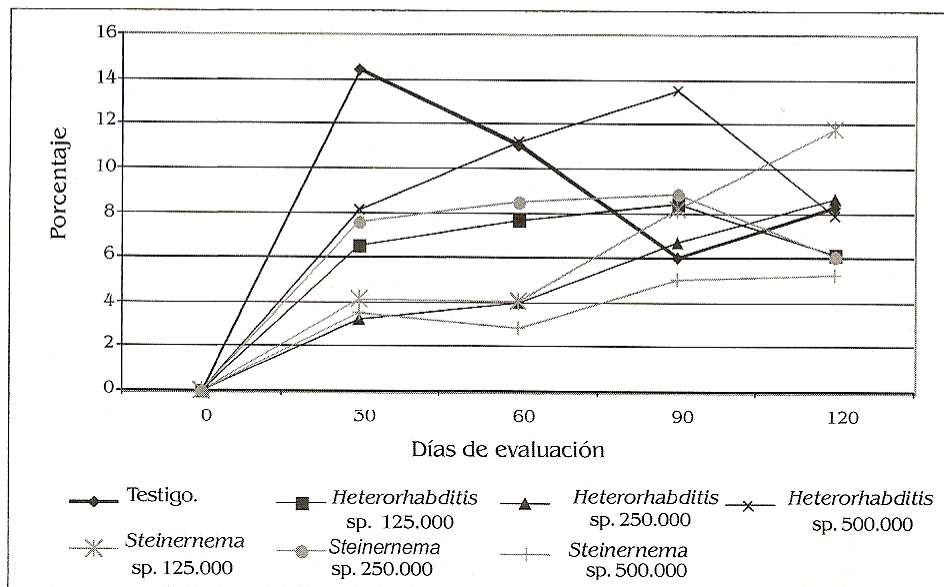


Figura 5. Porcentaje de infestación en el árbol calculado con base en el total de frutos brocados para cuatro evaluaciones durante la cosecha principal del año 2001.

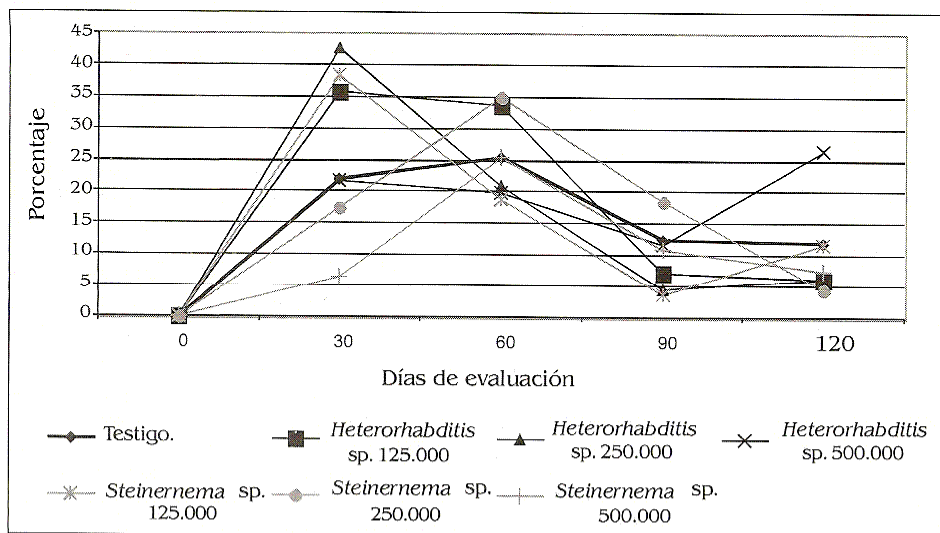


Figura 6. Porcentaje promedio de infestación por árbol calculado en base al total de frutos maduros para cuatro evaluaciones realizadas cada 30 días durante la cosecha principal del año 2001.

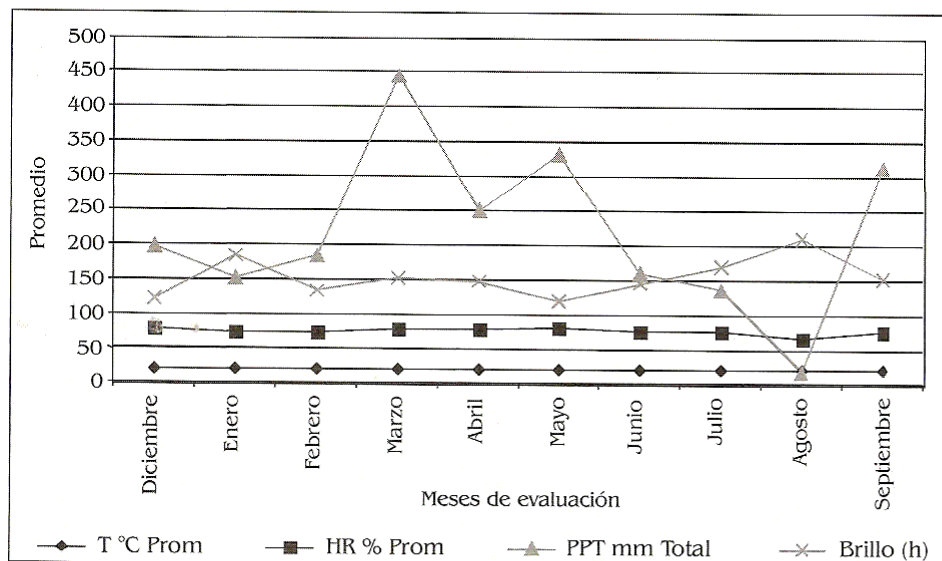


Figura 7. Datos climáticos de la Estación Central Naranjal. Diciembre del año 2000 a septiembre del año 2001.

* Información suministrada por la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafe.

milar a través de los diez meses de evaluación, mientras que las variables brillo solar y precipitación sí tienen unos picos muy marcados a través del tiempo, pudiéndose observar para la primera valores entre 118,1 y 209,5 horas de luz al mes; en tanto que para la segunda se observan valores entre 18,6 y 445,6 mm de precipitación por mes. Al analizar la información registrada para los meses de diciembre de 2000 y julio de 2001, que fueron los meses en los cuales se hicieron las aplicaciones de los entomonemátodos para las dos partes del experimento, las condiciones iniciales en ambos casos son similares.

En el mes de marzo de 2001, se presentaron los mayores registros de precipitación, alcanzando éstos valores de 445,6 mm, lo cual concuerda con un aumento en el porcentaje de ausencia de broca en frutos del suelo, lo que se ve reflejado directamente en una reducción del número de estados del insecto dentro del fruto. Bustillo (2002) menciona también que la humedad afecta la mortalidad y el potencial reproductivo de la broca. A su vez, esta mayor precipitación coincide con las épocas de mayor infestación de broca en tratamientos como los de *Heterorhabditis* sp. en sus tres dosis con respecto al testigo y una disminución generalizada en el porcentaje de infestación de frutos maduros de los tratamientos.

En contraste con lo anterior, en el mes de agosto de 2001, se presentaron los valores menores de precipitación, los cuales coinciden con los porcentajes mayores de mortalidad de estados de broca en el suelo para ambas especies (82,01% para *Heterorhabditis* en dosis de 250.000 JI y 88,19% para *Steinernema* en dosis de 250.000 JI), un promedio mayor de entomonemátodos dentro del fruto para ambas especies (*Heterorhabditis* con 16,9 JI / fruto en una dosis de 250.000 JI, y *Steinernema* con 16,26 JI / fruto en una dosis de 125.000 JI). Además, esta poca precipitación coincidió con una disminución en el porcentaje de infestación en el árbol que fue de 3,55 hasta 8,08% en los tratamientos, mientras que en el testigo fue de 14,43%.

Conclusiones

- Las dos especies de entomonemátodos evaluadas tienen la capacidad de penetrar los frutos de café brocados que se encuentran en los platos de los árboles, causar mortalidad y multiplicarse en los estados de broca que hay en dichos frutos.
- La reducción en la cantidad de estados de broca en los frutos en el suelo, se reflejó en una menor infestación en los árboles.
- Las dos especies de entomonemátodos parasitan principalmente los estados inmaduros de la broca que se encuentran dentro de los frutos que están el suelo.
- No se hallaron estados de broca parasitados por los entomonemátodos en frutos localizados en el árbol de café.

Agradecimientos

Al Dr. Celso Arboleda, por sus valiosos aportes técnicos, al auxiliar Uriel Eduardo Posada, por la colaboración en el campo y en el laboratorio, a las Disciplinas de Entomología de Cenicafe, por el suministro de la información climática y al personal de la Estación Central "Naranjal", por su ayuda en el montaje y adecuación en campo de las parcelas experimentales.

Literatura citada

- ALLARD, G. B.; MOORE, D. 1989. *Heterorhabditis* sp., nematodes as control agents for coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Scolityidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 54 (1): 45-48.
- BAKER, P. S. 1999. La broca del café en Colombia; informe final del Proyecto MIP para el café DFID - CABI Bioscience. Chinchiná (Colombia). CENICAFE - CABI BioScience 146 p.
- BAUR, M. E.; KAYA, H. K. 2001. Persistence of entomopathogenic nematodes. En: Baur, M. E. and Fuxa, J. (eds.). *Environmental persistence of entomopathogens and nematodes*. Southern Cooperative Series Bulletin 398. Oklahoma Agricultural Experiment Station 47 p.
- BERGAMIN, J. 1944. Sombreamento e broca. *Revista do Departamento Nacional do Café* 12 (138): 1009-1014.
- BERNAL U., M. G.; BUSTILLO P., A. E.; CHAVES C., B.; BENAVIDES, M. P. 1999. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre poblaciones de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) que emergen de frutos en el suelo. *Revista Colombiana de Entomología* 25 (1-2): 11-16.
- BUSTILLO P., A. E. 1991. Perspectivas de un manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. *Agricultura tropical (Colombia)* 28 (1): 83-93.
- BUSTILLO P., A. E. 1995. Estado actual de las recomendaciones sobre el manejo integrado de la broca, *Hypothenemus hampei*, en la caficultura colombiana. Chinchiná, seminario sep. 29.
- BUSTILLO P., A. E. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. *Boletín Técnico* No. 24. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia 40 p.
- BUSTILLO P., A. E.; VILLALBA G., D. A.; CHAVES C., B. 1993. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Memoria XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 152-155. Cali.
- CAMAYO V., G. C.; ARCILA P., J. 1997. Desarrollo floral del cafeto en condiciones de la zona cafetera colombiana (Chinchiná - Caldas). *Avances técnicos Cenicafe* No. 245: 1-8.
- CAPINERA, J. L.; EPSKY, N. D. 1992. Potential for biological control of soil insects in the Caribbean basin using entomopathogenic nematodes. *Florida Entomologist* 75 (4): 525-532.
- COMMONWEALTH INSTITUTE OF BIOLOGICAL CONTROL- CIBC. LONDRES. INGLATERRA. 1990. Control biológico de la broca de la cereza del cafeto. Manual de Capacitación de Control Biológico. Chinchiná (Colombia), CENICAFE. p. 140-153.
- GEORGIS, R.; HOM, A. 1992. Introduction of entomopathogenic nematode Products into Latin America and the Caribbean. *Nematropica* 22 (1): 81-98.
- HOMINICK, W. H.; COLLINS, S. A. 1997. Application of ecological information for practical use of insect pathogenic nematodes. Chapter 2. *Microbial insecticides: Novelty or necessity?*. Farham. British Crop Protection Council. 302 p.
- KRAKER, J. DE. 1988. The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) factors affecting emergence and early infestation. Report of field experiments. Wageningen, Holanda. University of Wageningen. 70 p.
- LE PELLEY, R. H. 1973. Las plagas del café. *Agricultura Tropical*. Editorial Labor, S: A. Calabria, Barcelona (España). p. 140-170. 643 p.
- LÓPEZ N., J. C. 1999. Movilidad y búsqueda de hospedero: Ventajas de un entomopatógeno. *Memorias Seminario Nematodos Entomopatógenos*. p. 26-29. Santafé de Bogotá D. C., Universidad Nacional.
- MOLINA A., J. P.; LÓPEZ N., J. C. 2002. Desplazamiento y parasitismo de entomonemátodos hacia frutos infestados con la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Revista Colombiana de Entomología* 28 (2): 145-151.
- SALAZAR G., M.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N.; BUSTILLO P., A. E. 1993. Crecimiento y desarrollo del fruto de café y su relación con la broca. Chinchiná (Colombia). *Avances Técnicos Cenicafe* No. 194. Cenicafe.
- SMITHS, P. H. 1997. Insects pathogens: their suitability as biopesticides. *Microbial Insecticides: Novelty or necessity?*. Farham British Crop Protection Council. 302 p.
- URRELO G., R.; ALBORNOZ J., N. Z.; BARTRA P., C. 1982. Control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.), con insecticidas formulados en polvo seco y aplicados al suelo. *Tropicultura* 2 (1): 32-38.
- VÉLEZ A., B. E.; JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B.; FRANCO, M. 2000. Distribución de la floración y la cosecha de café en tres altitudes. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 272: 1-4.

Recibido: Abr. 22 / 2003

Aceptado: Oct. 27 / 2003