

Steinernema feltiae (Filipjev, 1934) (Rhabditida: Steinernematidae) EN CUNDINAMARCA - COLOMBIA

Steinernema feltiae (Filipjev, 1934) (Rhabditida: Steinernematidae)
in Cundinamarca - Colombia

Julio Cesar Parada¹

RESUMEN

Se presenta la distribución geográfica de poblaciones de *Steinernema feltiae* en municipios de Cundinamarca y sur de Boyacá- Colombia. Los nematodos se aislaron de suelos colectados en áreas naturales y cultivadas con *Solanum* spp., y de estados inmaduros de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Pthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) y *Liriomyza brasiliensis* (Diptera: Agromyzidae).

Palabras clave: Cundinamarca, Hábitat natural, Nematodos entomoparásitos, Nematoda, *Steinernema feltiae*, *Solanum* spp.

SUMMARY

The geographical distribution of populations *Steinernema feltiae* is presented in municipalities of Cundinamarca and south of Boyacá - Colombia. The nematodes were isolated of soils in natural areas and soils cultivated with *Solanum* spp., and of immature states of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Pthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) and *Liriomyza brasiliensis* (Diptera: Agromyzidae).

Key words: Cundinamarca, Natural habitat, Entomopathogenic nematodes, Nematoda, *Steinernema feltiae*, *Solanum* spp.

INTRODUCCION

Steinernema feltiae (Rhabditida: Steinernematidae) al igual que otras especies del género *Steinernema*, es parásito obligado de varias especies de insectos que habitan el suelo y presenta un gran potencial como agente de control de varias especies de insectos de importancia económica (Kaya y Gaugler, 1993).

Es considerada de distribución cosmopolita, registrándose en áreas naturales y agrícolas en varios lugares del mundo, incluyendo Australia (Akhurts & Bedding, 1986), USA (Akhurts & Brooks, 1984, Hara *et al.*, 1991; Rueda *et al.*, 1993; Stock *et al.*, 1999), Puerto Rico

(Roman & Beavers, 1982), Sur America (Doucet, 1986; Doucet & Doucet, 1990), Europa (Hominick & Briscoe, 1990; Griffin *et al.*, 1991), Israel (Glazer, 1991) y Asia (Zhang, 1992; Amarasinghe *et al.*, 1994).

Esta especie se encuentra en una gran variedad de hábitat de suelo, y las cepas reconocidas actualmente son usadas como ingrediente activo de mas de seis productos comerciales en USA y UE, en programas de control biológico de un amplio rango de plagas de hábitat terrestre, en cultivos de frutales y ornamentales (Grewal, 1999). Estas cepas exhiben considerable variación en términos de rango de hospedantes, reproducción, virulencia y condiciones de sobrevivencia como temperatura, humedad de suelo y temperatura entre otros factores (Smith, 1999). El avance en el uso de *S. feltiae* como agente de control biológico y la documentación de nuevos aislamientos en hábitats naturales y cultivados, requiere trabajar sobre la identificación y caracterización de estas poblaciones localmente adaptadas.

En Colombia se han reportado poblaciones nativas que han mostrado resultados promisorios de patogenicidad en gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) (Rodríguez, 1986; Parada 2001)) y la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) (Sáenz, 1998; Parada, 2001). Sin embargo, no se han conducido muestreos que documenten la presencia de esta y otras especies de nematodos en hábitat no disturbados y cultivados. Al contrario de las áreas cultivadas, los hábitat no disturbados o naturales, son menos contaminados por nematodos introducidos y ofrecen mejores condiciones para el registro de poblaciones nativas.

Aunque gran parte de Cundinamarca es área de producción agrícola, su variación altitudinal permite la disponibilidad de áreas aún no disturbadas, que junto a los hábitats cultivados contribuyen a la diversa distribución de poblaciones de nematodos entomoparásitos, favorecida por la disponibilidad de insectos asociados tanto a cultivos como a los parches de hábitat natural, presentes principalmente en lo que corresponde a la franja agrícola papera de Cundinamarca y sur de Boyacá, con influencia sobre paisajes de sabana, bosque húmedo montano, subpáramo y páramo andino, en altitudes entre los 2500 y 3640 m.

- Fecha de recepción 4 de marzo de 2003
- Aceptado para publicación 16 de diciembre de 2002.

¹ jucepa@hotmail.com.

El presente estudio documenta la ocurrencia y distribución de poblaciones de *Steinernema feltiae*, en hábitat natural asociados a áreas cultivadas con variedades de *Solanum* spp., dentro de los principales municipios productores de Cundinamarca y sur de Boyacá.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Se localizó entre los 2500 y 3610 metros de altura, en lo que corresponde a la zona de mayor producción de papa en los municipios de Zipaquira (Zip), Villapinzón (ViP), Usme (Usm), Une (Une), Ubaté (Uba), Tausa (Tau), Subachoque (Sub), Sesquile (Ses), Centros de investigación ICA-Soacha (SJ) y Marengo U.N. en Mosquera (Mar), Lenguaque (Len), Guatavita (Guat), Guasca (Guas), Chocontá (Cho), Chipaque (Chi), Cogua (Cog), Carmen de Carupa (CaC) y San Bernardo - Arbelaez (Abz) en Cundinamarca y de Arcabuco (Arc), Chiquinquirá (Chi), Motavita (Mot), y Ventaquemada (Ven) en el Departamento de Boyacá.

Se establecieron por municipio dos altitudes, altitud 1 \pm 2600 metros y altitud 2 \pm 2950 metros. En cada altitud se seleccionaron áreas sembradas con *Solanum* spp., llamados hábitats cultivados (Hc) y áreas como franjas o parches de bosque nativo denominados Hábitats naturales (Hn).

Los hábitats cultivados se caracterizaron por la presencia de plantas de *Solanum* spp., en periodos de desarrollo entre emergencia y cosecha. Los hábitats naturales se distinguieron por parches de Bosque Húmedo Montano, conformados generalmente por vegetación de Encenillo (*Weinmania* sp.), Tunos (*Miconia* sp.), Chile (*Hypericum* sp.), Pegamosco (*Befaria* sp.); Pajonal - Chuscal con vegetación de *Swallenochloa* sp., *Tesselata* sp., *Cortaderia* sp., *Calamagrostis* sp., *Espeletia* sp.; Turberas con vegetación de *Cortaderia* sp., *Gregia* sp., *Sphagnum* spp., *Espeletia* sp., *Hypericum* sp.; Matorrales de Bosque con vegetación de *Hypericum* sp., *Age-ratina* sp., *Pentacalia* sp.

Muestreo

Se colectó tanto material biológico como muestras de suelo. El material biológico correspondió básicamente a estados inmaduros de Hexápoda, que presentarán movimientos muy lentos, o cadáveres con coloraciones amarillo - marrón, rojo o verde metálico, de consistencia blanda pero no putrefacta e inodora. Los ejemplares colectados se dispusieron en frascos de vidrio con solución tipo Ringer (Stock, 1998).

Para muestras de suelo, por hábitat se siguieron dos transectos con 10 puntos de muestreo distanciados cada 10 metros, conformando cada punto de muestreo con cinco submuestras. Las submuestras fueron tomadas con pala de mano entre 25 y 35cm de profundidad colectando aproximadamente 300g de suelo, que al mezclarlo logró en total 1500g de suelo por punto de

muestreo. Durante cada labor de muestreo se registro pH y temperatura de suelo.

Las muestras se transportaron bajo refrigeración en bolsas plásticas marcadas con códigos de muestra, conformando el acrónimo MunIHn; donde Mun corresponde a la abreviatura del nombre del municipio (Zip = Zipaquira), 1= mínima altitud ó 2= Máxima altitud; Hn= Hábitat natural ó Hc= Hábitat cultivado.

Aislamiento de las poblaciones: insectos y otros artrópodos infectados naturalmente por nemátodos, se dispusieron en cámaras de maduración y White (Stock, 1998). Muestras de suelo fueron procesadas a través de la técnica del insecto trampa (Bedding y Arkhust, 1975) usando como larvas cebo *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) y *T. solanivora*.

Por técnicas de cría In Vivo, las poblaciones se incrementaron a partir de JI's obtenidos tanto de material biológico como de suelo, sobre larvas *G. mellonella*. El material de JI's se almacena vivo en agua destilada estéril con Triton® X-100 (Stock, 1998) y arena de río dentro de cajas de Petri de 100x15, en concentraciones de 10.000-1000.000 JI/ ml, entre 14 - 18 °C.

Adultos y JI de primera generación para estudio morfométrico, se fijaron en TAF en baño maría a 75 °C, y preservaron en glicerina de acuerdo al procedimiento de evaporación etanol - glicerol de Seinhorst, siendo posteriormente organizados en láminas tipo Cobb (Stock, 1998). Espículas y gubernáculo de machos de primera generación, fueron extraídas exponiendo los especímenes a ácido láctico al 45% entre 24 y 48 horas y procesadas para fotografía en microscopía de barrido, de acuerdo con los procedimientos citados por Nguyen y Smart (1990).

Identificación

Además de tener en cuenta la patología causada al hospedante, en la clasificación en el ámbito de orden, familia y género, se usaron claves taxonómicas para adultos y juveniles infectivos, propuestas por Nguyen & Smart (1990, 1992, 1996) Stock (1998).

Para la identificación específica, basados en el concepto de aislamiento reproductivo, se adelantaron pruebas de coespecificidad o de hibridación, siguiendo los procedimientos citados por Stock (1995) y Nguyen & Smart (1990). Posteriormente sobre las poblaciones obtenidas se realizó estudio morfométrico de adultos y JI de primera generación.

Durante las pruebas de hibridación se entrecruzaron las poblaciones aisladas con *S. feltiae* cepa Villapinzón (Sáenz, 1998). Para este fin, dos gotas de hemolinfa de *G. mellonella* se ubicaron a un centímetro de distancia sobre láminas de vidrio dentro de cajas de Petri, liberando inmediatamente en una gota 10 JI de un aislamiento y en otra 10 JI de *S. feltiae*. Todo el montaje se

depositó y almacenó bajo completa oscuridad a 20 °C, replicando cada tratamiento 15 veces. En cinco replicas los nemátodos se observaron diariamente hasta distinguir machos y hembras, los cuales se entrecruzaron en cajas de Petri conteniendo hemolinfa y en cinco replicas más se descartaron machos y hembras por cada población. Los nemátodos fueron observados para verificar copula cada hora, hasta 10 horas por el primer día y diariamente por una hora para verificar postura de huevos o presencia de J1. Tanto J1 de *S. feltiae* cepa Villapinzón como del aislamiento en prueba, fueron mantenidas en cajas separadas a manera de control. Pruebas con generaciones fértiles se consideraron como aislamientos coespecíficos mientras que pruebas sin generaciones fértiles se organizaron como phena aparte.

En cada uno de los aislamientos coespecíficos obtenidos, se registraron medidas en micras de J1 y adultos, usando microscopio Erga - Ball plano cromático equipado con ocular micrométrico 16x. y captura de imágenes con NIH®-software, bajo microscopio Carl Zeiss-3000. Para este propósito se escogieron caracteres morfológicos básicamente del macho y juvenil infectivo, entre las que cabe citar en J1: L= Largo total del cuerpo, W= Ancho máximo del cuerpo, EP= Distancia de la terminación más anterior al poro excretor, NR= Distancia de la terminación más anterior al anillo nervioso, ES= Longitud del esófago, T= Largo de la cola, %A= (L/W), %B=L/ES, %C= L/T, %D=EP/ES x 100, %E= EP/T x 100. En machos SL= Longitud de la espícula de la cabeza a la punta en línea recta, SW= Longitud de la espícula en la curvatura, de la cabeza a la punta: proporción (SL/SW), LG= Longitud del Gubernaculum, GS= LG/Lsp., MUC= Presencia o ausencia de mucrón. Todas estructuras de valor diagnóstico en este grupo (Stock, et al., 1999). A partir de la información registrada, se examinó la agrupación general de individuos analizados en las variables morfométricas, a través de análisis de componentes principales (PCA) y Cluster bajo software JMP SAS (SAS, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Identificación

La técnica de liberar juveniles infectivos sobre hemolinfa separando adultos en nueva hemolinfa, no resulta viable, pues durante la manipulación los ejemplares se deshidratan, contaminan, o inhiben procesos de copula. Por el contrario montajes descartando machos y hembras por población en prueba, resulta más práctica y confiable, ya que en el 100% de los casos se pudo constatar la presencia o ausencia de generaciones.

Durante los montajes, solo en el 63% de los casos se obtuvo progenie fértil entre poblaciones de *S. feltiae* Cepa Villapinzón y los aislamientos correspondientes a poblaciones de Carmen de Carupa (1Hn, 2Hn), Chiquinquirá (1Hn, 2Hn, 2Hc), Chipaque (1Hn, 2Hn, 1Hc), Chocontá (1Hn, 2Hn, 1Hc), Cogua (1Hn, 2Hn), Guasca (1Hn, 2Hn, 1Hc, 2Hc), Guatavita (1Hn, 2Hn), Motavita

(1Hn, 2Hn, 2Hc), Sesquile (1Hn, 2Hn), San Jorge ICA (1Hn, 2Hn), Subachoque (1Hn, 2Hn, 2Hc), Tausa (1Hn, 2Hn, 2Hc), Ubate (1Hn, 2Hn, 2Hc), Une (1Hn, 2Hn, 2H), Usme (Hn1, 2Hn, 2Hc), Ventaquemada (Hn1, 2Hn, 2Hc), Villapinzón (1Hn, 2Hn, 1Hc, 2Hc) y Zipaquirá (Hn1, 2Hn, 1Hc, 2Hc). La obtención de más de una progenie fértil durante los cruces y retrocruces, se asume como coespecificidad en las poblaciones de nemátodos (Adams, 1998) soportando así el concepto biológico de especie como poblaciones no aisladas reproductivamente. El 37% de casos negativos, sin progenie, se entrecruzaron hasta obtener poblaciones con progenes fértiles, permitiendo aislar 6 phena discriminadas como *Steinernema* spp.

Tras comparación biométrica entre las poblaciones, no se detectó variación que corrobore resultados diferentes a los obtenidos en las pruebas de coespecificidad. El análisis PCA no discrimina más de una agrupación y de acuerdo a análisis Cluster, la alta similaridad entre las poblaciones aisladas, muestra estadísticamente a *S. feltiae* como una sola especie para la zona de estudio, sin reconocer poblaciones incipientes que sospechen la existencia de cepas taxonómicamente diferentes dentro de la zona de estudio.

De acuerdo con la biometría registrada para juveniles infectivos y machos de primera generación (Cuadro 1). Las medidas registradas no detectan altos valores de desviación, entre los aislamientos Villapinzón (Sáenz, 1998) y los rangos propuestos en la descripción original de Wouts (1980), excepto en el largo total (L) de machos, tanto en aislamiento Villapinzón como en el estudio actual, caracterizando entonces esta cepa por presentar machos y hembras de primera generación con promedios de Largo total, superiores a las descripciones originales.

En cuanto al análisis de morfología y biometría de espículas, respecto a la descripción propuesta por Nguyen y Smart (1992), no se evidencia alta variación. Las espículas son curvadas (proporción SL/ SW = 6). Presentan una cabeza más larga que ancha, no se observa Velum, punta levemente redondeada, lámina levemente curvada (Figura 1A). Gubernaculum (figura 1B) estrecho anteriormente, cuneus corto a forma de Y.

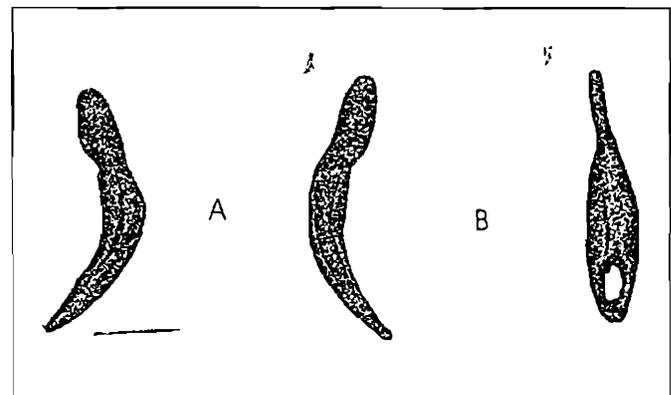


Figura 1. Espículas (A) y Gubernaculum (B) de *Steinernema feltiae*, aislado de Cundinamarca y sur de Boyacá.

Cuadro 1: Biometría de JI y Machos de primera generación de *S. feltiae* aislada en este estudio, respecto a Medias registradas para aislamiento Villapinzón (Sáenz, 1998) y rangos propuestos por Wouts (1980). Desv. = Desviación Estándar. (a) Rangos de acuerdo con Nguyen y Smart (1992).

CARACTER	JUVENILES INFECTIVOS (JI)				MACHOS (1ª Generación)			
	Media		Rango	Desv.	Media		Rango	Desv.
Actual	Sáenz 1998	Wouts, 1980	Actual		Sáenz 1998	Wouts, 1980		
Largo Total (L)	808	800	880-950	2.8	1244	1250	850-1000	11.4
Ancho Máximo (W)	25	26	22-27	2.6	77	86	60-90	2.9
Distancia límite anterior-poro excretor (EP)	60	65	53-67	4.8	-	-	-	-
Distancia Límite Anterior-Anillo Nervioso (NR)	97	90	89-108	8.6	-	-	-	-
Longitud Esófago (ES)	135.9	129	115-150	9.6	-	-	-	-
Largo de Cola (T)	79.8	68	71-92	8.19	-	-	-	-
A= (L/W)	32.68	28	21-39	4.35	-	-	-	-
B= (L/ES)	5.9	6.35	4.4-7.6	0.75	-	-	-	-
C= (L/T)	10.2	11.9	7-13	1.28	-	-	-	-
D= (EP/ES)(100)	43.8	55	36-48	2.9	-	-	-	-
E= (EP/T)(100)	75	99	56-101	12.3	-	-	-	-
Curvatura de Espicula (SW)	-	-	-	-	72	70	64-79 ^a	3.5
Largo espicula (SL)	-	-	-	-	11.8	11.4	10-13 ^a	1
Proporción SI/SW	-	-	-	-	6.1	6	5.8-6.2 ^a	0.5
Largo Gubernaculum	-	-	-	-	39	38	35-45 ^a	3.31
Proporción LG/SC	-	-	-	-	0.56	0.54	0.46-0.66 ^a	0.05

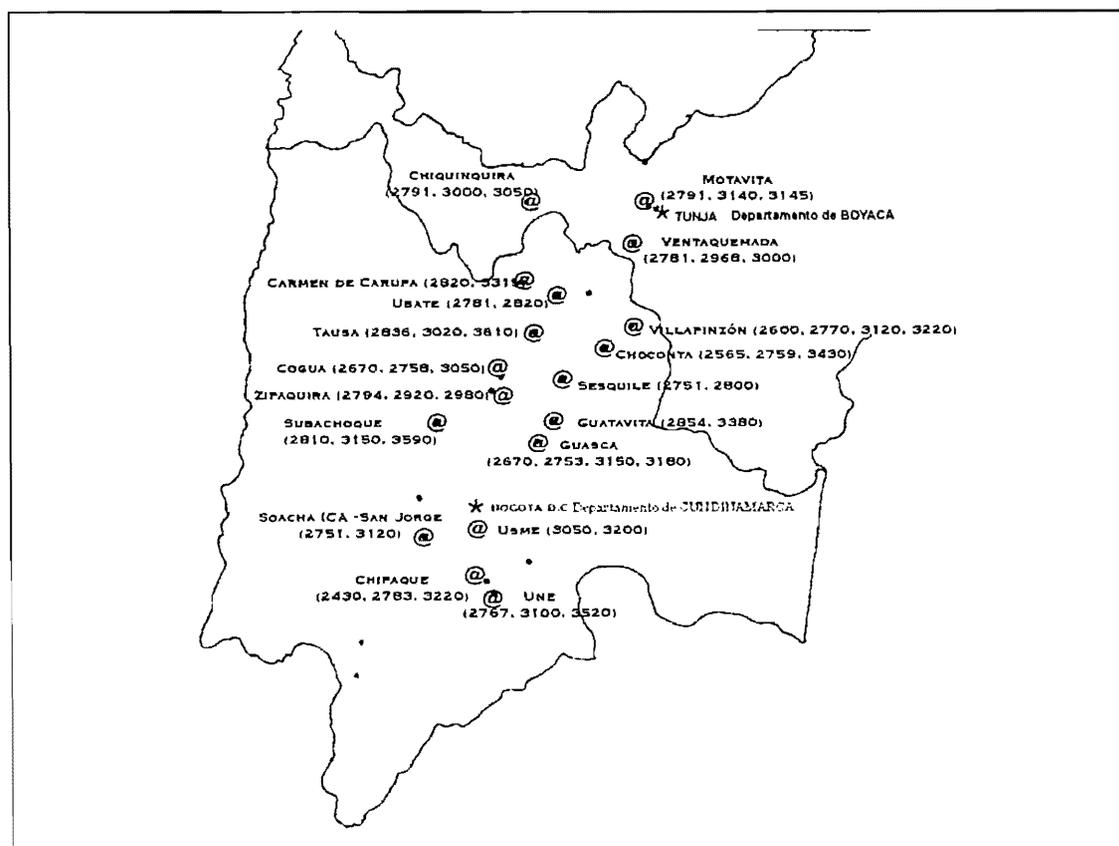


Figura 2. Distribución geográfica de *Steinernema feltiae*, en municipios de Cundinamarca y sur de Boyacá. En paréntesis altura en metros.

Cuadro 2. Poblaciones de *Steinernema feltiae* aisladas. 1Hc, 2Hc, 1Hn y 2 Hn = hábitat cultivado y natural en alturas 1 y 2; FA= franco arenoso, Far= franco arcilloso, FL= Franco limoso, FarA= franco arcilloso arenoso, FRAN= franco; TsoC= Temp. de suelo; pH= de suelo; BH-M = Bosque Húmedo Montano.

Dpto.	Municipio	Muestra Código	Vereda / Finca	Cultivo - Vegetación	Altura	Textura de suelo	Temp. de suelo	pH de suelo	
Cundinamarca	Carmen deCarupa	CaC1Hn	Río el Hato	Bh-M	2820	FA	14	4.1	
		CaC2Hn	Subparamo	Matorral	3319	FA	14	4.3	
	Cogua	Cog1Hc	Palizal - Gutierrez	Capiro en aporque	2670	FA	15	5	
		Cog1Hn	Parche de Bosque	Bh-M	2758	F.Ar	15	5.2	
	Chipaque	Cog2Hn	Subparamo	Matorral	3050	FA	14	4.9	
		Chip1Hc	Moras	Capiro en Cosecha	2430	FA	16	5.0	
		Chip1Hn	Alto del mirador	Bh-M	2783	FA	15	4.5	
	Choachi	Chip2Hn	Cuchilla Buenavista	Matorral	3220	F.L.	16	4.2	
		Choa2Hn	Páramo de Cruz Verde	Chuscal, Turberas	3410	F.L.	17	4.9	
	Chocontá	Cho1Hc	Manilas	R- 12 en aporque	2565	FA	17	4.7	
		Cho1Hn	Manilas	Bh-M	2759	FA	17	4.7	
	Guasca	Cho2Hn	El Durazno	Pajonal	3430	F.L.	15	4.5	
		Guas1Hc	Chipata	Pastusa en floración	2670	F.Ar	15	5.9	
		Guas1Hn	Río Chipata	Bh-M/ veg. Riparia	2753	FA	15	5.7	
		Guas2Hc	Peñas de siccha	Pastusa en Aporque	3150	FA	15	5.3	
	Guatavita	Guas2Hn	Laguna de Siecha	Matorrales	3180	F.Ar.L	15	4.9	
		Guat1Hn	Río Aves	Riparia	2854	F.Ar	15	6.9	
		Guat2Hn	Alto de las Lajas	Matorrales	3400	F.L.	15	4.9	
	Soacha	SJ1Hn	ICA-San Jorge	Bh-M/ Sotobosque	2761	F.L.	15	4.4	
		SJ2Hn	ICA-San Jorge	Parche de Bosque Páramo	3120	F.Ar	14	4.3	
	Sesquile	Ses2Hn	Cuchilla Peña Blanca	Bosque- Subparamo	2800	FA	16	4.7	
		Ses1Hn	Carrizal	Bh-M/ Sotobosque	2751	FA	16	4.2	
	Subachoque	Sub2Hn	Páramo el Tablazo	Matorral	3590	F.L.	15	4.6	
		Sub1Hn	Cerro Juaiça	Bh-M	2810	FRAN	16	4.9	
		Sub2Hc	Páramo Alto / El Real	R- 12 en Aporque	3150	FA	13	5.0	
	Tausa	Tau2Hc	Páramo Bajo	R- 12 en Aporque	3020	F.L.	15	4.6	
		Tau2Hn	Laguna Verde	Riparia	3610	F.L.	15	5.1	
		Tau1Hn	Las Juntas	Sotobosque	2836	FA	15	4.5	
	Ubaté	Uba1Hn	Chirguin	Sotobosque	2781	F.Ar	15	4.8	
		Uba2Hc	Subparamo	R-12 en postaporque	2750	F.Ar	14	4.6	
		Uba2Hn	Subparamo	Sotobosque	2820	FA	16	4.4	
	Unc	Une1Hn	Subparamo	Bh-M/ Sotobosque	2767	FA	15	4.6	
		Une2Hc	San Antonio	R-12 en Cosecha	3100	FA	13	4.2	
		Une2Hn	Mundo Nuevo	Turberas	3520	F.L.	15	4.5	
	Usme	Usm1Hn	La Regadera	Bh-M- Sotobosque	2810	F.L.	15	4.4	
		Usm2Hc	Agualinda/ Camelia	Capiro en Cosecha	3050	F.Ar	14	4.3	
		Usm2Hn	Alto Pasquilla/ Páramo	Matorral	3200	F.Ar	14	4.4	
	Villapinzón	ViP1Hn	Casa Blanca/ Bosque	Bh-M/ Sotobosque	2770	F.Ar	15	6.9	
		ViP2Hc	Casa Blanca/ Juliana	R-12 en Precosecha	3120	F.Ar	15	5.7	
		ViP2Hn	Casa Blanca	Matorral	3220	F.Ar.L	15	4.5	
		ViP1Hc	Casa Blanca/ El Nogal	R-12 en Cosecha	2600	F.Ar	16	5.7	
	Zipaquirá	Zip1Hn	Empalizada	Ruderal	2794	FA	15	4.4	
		Zip2Hc	Río Frio/ Sn Luis	Capiro en Floración	2920	FA	16	4.6	
		Zip2Hn	Subparamo	Pajonales	2980	FA	15	4.3	
	Boyacá	Chiquinquirá	Chi2Hc	Paramao Alto	Capiro en Aporque	3050	F.Ar	14	4.6
			Chi2Hn	Páramo alto	Pajonal	3000	FA	16	4.4
			Chi1Hn	El Recuerdo	Parche de Bosque	2791	F.Ar	15	4.8
Motavita		Mot1Hn	El Moriche	Parche de Bosque	2791	FA	15	4.4	
		Mot2Hc	El Moriche	papa en Floración	3140	FA	16	4.6	
		Mot2Hn	Páramo	Pajonal	3145	FA	15	4.3	
Ventaquemada		Ven2Hc	Las Ventas	R-12 en Floración	3000	F.Ar	15	5.7	
		Ven2Hn	Las Ventas	R-12 en Floración	2968	F.Ar.L	15	4.4	
		Ven1Hn	Tierra negra	Parche de Bosque / Ruderal	2781	F.Ar	15	6.9	

Muestreo en suelo

53 poblaciones de *S. feltiae* se aislaron en 254 (53%) de 770 muestras de suelo colectadas en 16 municipios de Cundinamarca y 3 de Boyacá (cuadro 2, figura 2). Los nemátodos se recuperaron con larvas de último instar de *G. melonella*, *A. grisella* y *T. solanivora* en muestras de suelo con humedades entre el 85% y 100% y muestras almacenadas entre 2 y 12 meses, con humedad entre 5% y 10%. Hacia las 48 horas de exposición, las larvas, mueren y se tornan de color amarillo crema, logrando hasta dos generaciones por hospedante entre los 6 y 9 días.

El 69,9% de las poblaciones se aislaron en muestras de suelo de hábitat natural, y el 30,1% restante en áreas cultivadas con *Solanum* spp., entre periodos de floración y cosecha. En hábitat natural se registran 18 poblaciones en altitud entre los 2751 y 2854 metros y 19 poblaciones entre los 1800 y 3610 metros, texturas de suelo FA (22), FL (8), F.Ar. (5) y FarL (2), temperatura promedio de 14 oC, pH de 4,9, y contenido de materia orgánica de 7,5%. En hábitat cultivado se registran 5 poblaciones, en altitud entre los 2430 y 2670 metros y 11 poblaciones entre los 2750 y 3150 metros. En general el 56,6% de las poblaciones se agrupan mas en altitudes por encima de la cota 2900, en áreas de hábitat natural, con texturas de suelo FA (9), Far (5), Franco (1) y FL (1), temperatura promedio de 16 oC, 5,3 de pH y contenido de materia orgánica de 6,2% (Figura 3).

Material biológico

De 295 larvas colectadas en tubérculos, *S. feltiae* se encontró parasitando larvas de *T. solanivora* (80), *P. operculella* (59), *Liriomyza braziliensis* (18) y 24 de *P. vorax*.

Estas especies de insectos corresponden a plagas de importancia económica en cultivos de *Solanum* spp., dentro del área estudiada (Landazábal *et al.*, 1973; Rodríguez, 1986). De las especies parasitadas en campo, solo en *P. vorax* se ha reportado infección por parte de un *Steinernema* sp. (Rodríguez, 1986) en áreas cultivadas con *Solanum* sp., en el Municipio del Rosal en Cundinamarca.

El presente estudio corrobora la presencia de poblaciones de *S. feltiae*, no solo en hábitat cultivado (Sáenz, 1998) sino en hábitat poco disturbados o naturales en una región de alta productividad agrícola como lo es Cundinamarca y sur de Boyacá, precisando la identificación (a nivel específico) de todas las poblaciones aisladas, como una sola cepa.

El predominio de poblaciones en suelo de hábitat natural próximos a suelos cultivados se ajustan a resultados similares reportados para especies de nemátodos entomoparásitos por Hominick *et al.*, (1995), en cuanto a que esta especie es recurrente en hábitat no disturbados. Pero igualmente corrobora la adaptabilidad de la especie a suelos de áreas cultivadas, como lo reportan registros en otras partes

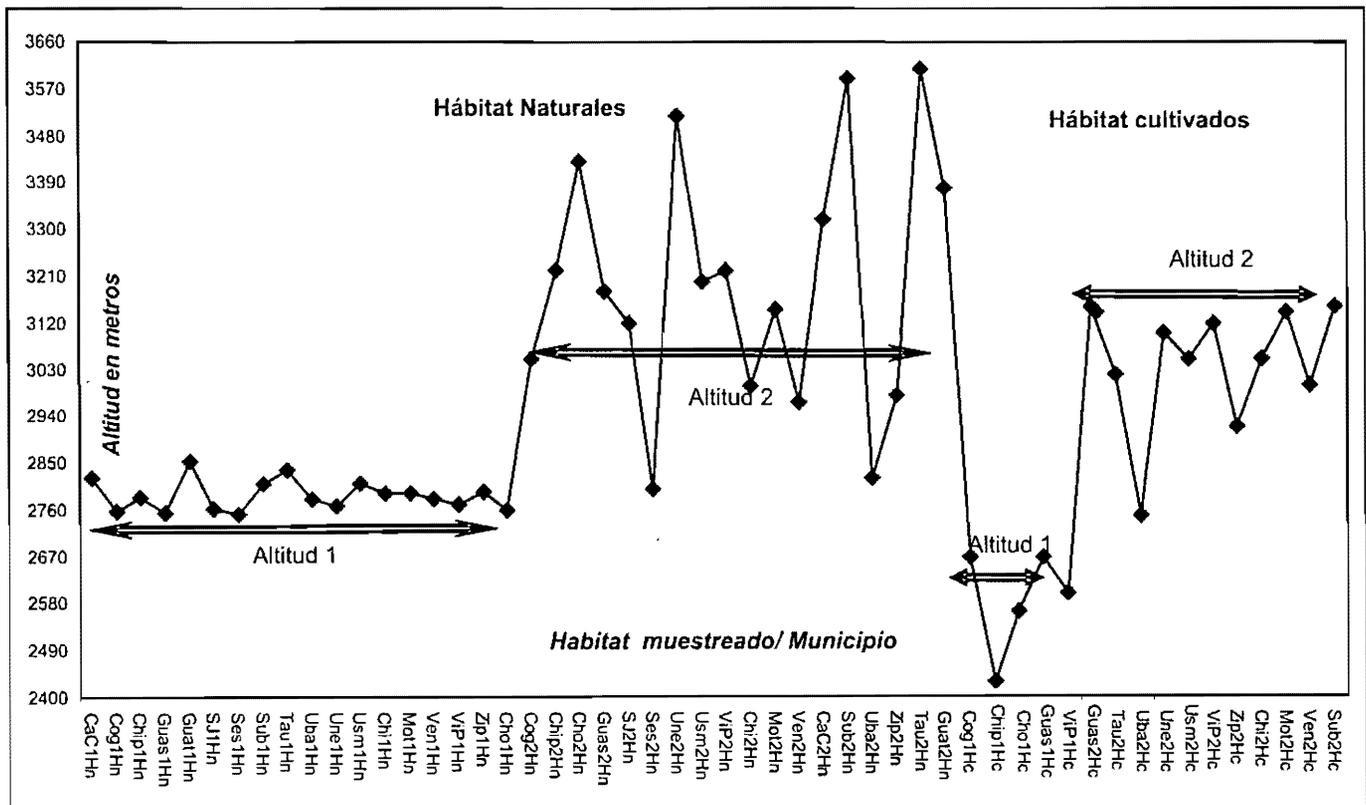


Figura 3. Distribución altitudinal por hábitat, de poblaciones de *Steinernema feltiae* en Cundinamarca y Boyacá.

del mundo (Boag, *et al.*, 1992; Midityuri *et al.*, 1996; Steiner 1996) soportando la noción de omnipresencia de esta especie, propuesta por Hominick *et al.*, (1996). La característica de buena adaptabilidad de cepas de esta especie a condiciones de cultivo, ha permitido aumentar el interés por usarlo cada vez más como agente de control de varias especies de insectos dañinos que habitan el suelo, visto desde la disponibilidad de cepas y productos comerciales con que se cuenta actualmente en el mercado.

Lo anterior se confirma por el número de larvas afectadas por *S. feltiae* en campo, respecto al área y hábitat muestreados, que denota adaptabilidad al cultivo y buena capacidad de búsqueda de los JI, aún frente a barreras propias del hábitat como textura de suelo, temperatura, pH, humedad, depredadores, competidores, además de las presentes en el nicho del hospedante como tamaño y humedad de las galerías elaboradas en los tubérculos de *Solanum* spp., por gusano blanco y polilla guatemalteca.

El registro de hospedantes naturales posiblemente se vea favorecido por el transporte de semillas, insumos, materiales y equipos de uso común en el cultivo de la papa. Por demás las condiciones de hábitat críptico que ocupan estas especies de insectos en condiciones naturales favorecen la supervivencia y patogenicidad de los nemátodos, pues condiciones de baja humedad, altas temperaturas y aumento de radiación ultravioleta a la que están expuestos los insectos defoliadores, no son del todo convenientes para algunos nemátodos entomoparásitos (Gaugler, 1999).

Texturas de suelo presentes en los hábitats muestreados para insectos con mayor número de especies de nemátodos, corresponden a texturas FA (55%), FA_r (15%) y FA_rA (15%), que favorecen de más a menos, la movilidad de los JI y encuentro de hospedante. Hábitats con texturas Franco y FL, presentaron el menor número de insectos parasitados y nemátodos aislados. Este comportamiento de infección probablemente se ajusta a la denominación de nemátodo tipo "cazador- crucero" que se le asume a esta especie, o sea JI's de alta movilidad y capacidad de encuentro de hospedantes (Campbell & Gaugler, 1997).

Finalmente la buena distribución de esta especie, mostrada para el área de estudio, refleja su riqueza y diversidad, y sugiere el amplio rango de hábitat que habitan los nemátodos entomoparásitos. Aspecto que muestra la contribución de los trabajos de registro en el aislamiento de cepas y especies nativas de nemátodos entomoparásitos y su futuro como agentes de control biológico en programas de manejo integrado en Cundinamarca y Boyacá y zonas de geografía y agricultura similares.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS B. J., 1998 Species concepts and evolutionary paradigm in modern nematology. *Journal of Nematology* 30: 1- 21
- AKHURTS, R. J. & BROOKS, W. M. 1984. The distribution of entomophilic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) in N. Carolina. *Journal of Invertebrate pathology* 68: 277-286.
- AKHURTS, R. J. & BEDDING, R. A. 1986. Natural occurrence of insect pathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in soil in Australia. *Journal of the Australian Entomological Society* 25: 241-244.
- AMARASINGHE, L. D., HOMINICK, W. M., BRISCOE, B. R. & REID, A. P. 1994. Occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes in Sri Lanka. *Journal of Helminthology* 68: 177- 286.
- BEDDING, R. A. & ARKHUST R. J., 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21: 109- 110.
- BOAG B., NEILSON R. & GORDON S. C., 1992. Distribution and prevalence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* in Scotland. *Annals of Applied Biology* 121: 355- 360
- CAMPBELL J. & GAUGLER R. 1997. Inter-specific variation in entomopathogenic nematode foraging strategy: dichotomy or variation along a continuum? *Fund. & App. Nematol.* 20: 393-398.
- DOUCET de, M.A. 1986. A new species of *Neoplectana* Steiner, 1929 (Nematoda: Steinernematidae) from Cordoba, Argentina. *Revue de nematology*. 9: 317.
- DOUCET de, M.M.A. & DOUCET M. 1990. *Steinernema ritteri* n. sp. (Nematoda: Steinernematidae) with a key to the species of the genus. *Nematologica* 36: 257-265.
- GAUGLER, R. 1999. Matching nematode and insect to achieve optimal field performance. En: *Optimal Use of insecticidal nematodes in pest management*. Ed. Polavarapu, , New Brunswick, N.J., USA, Rutgers University Press. pp. 9- 14
- GLAZER, I. 1991. A survey of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) in the Negev desert. *Phytoparasitica* 19: 291- 300.
- GREWAL, P. S. 1999 Production, Formulation and Quality. En: *Optimal Use of insecticidal nematodes in pest management*. Ed. Polavarapu, New Brunswick, N.J., USA, Rutgers University Press. pp.15- 24.
- GRIFFIN C. T., et. al. 1991. Occurrence of insect parasitic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae) in the Republic of Ireland. *Nematologica* 37: 92- 100.
- HARA, A. H., GAUGLER, R., KAYA, H. K., & LEBECK L. M.. 1991. Natural populations of entomopatho-

- genic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae) from the Hawaiian Islands, *Environmental Entomology* 20: 211-216.
- HOMINICK W. M., REID, A. P., & BRISCOE, B. R. 1995 Prevalence and habitat specificity of steiner-nematid and heterorhabditid nematodes isolated during soil surveys in the UK and the Netherlands. *Journal of Helminthology* 69: 27- 32
- HOMINICK W. M., REID, A. P., BOHAN D. A. & BRISCOE, B. R. 1996 Entomopathogenic nematodes- biodiversity, geographical distribution and the convention on biological diversity. *Biocontrol Science and Technology* 6: 317- 331
- HOMINICK, W. M. & BRISCOE, B. R. 1990. Occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditidae; Heterorhabditidae; Steinernematidae) in British soils. *Parasitology* 100: 295- 302.
- KAYA H. K & GAUGLER R., 1993. Entomopathogenic nematode. *Ann. Rev. Entomol.* 38: 181 - 206.
- LANDAZABAL, J., FERNANDEZ F. & FIGUEROA A., 1973. Control biológico de *Agrotis ipsilon* (J.E. Smith) con el nematodo *Neoplectana carpocapsae* en maíz (*Zea mays*). *Acta Agronomica* 23: 41-70.
- MIDUTURI J.S., MONEES M., Hominick W. M., BRISCOE B. R., & REID A. P., 1996 Naturally occurring entomopathogenic nematodes in the province of West-Flanders, Belgium. *Journal of Helminthology* 70: 319-327.
- NGUYEN, K. B. & SMART, G. C. Jr. 1990 *Steinernema scapterisci* n. sp., (Rhabditida: Steinernematidae), *Journal of Nematology* 22(2): 187- 199
- NGUYEN, K.B. & SMART, G.C. Jr. 1992. *Steinernema neocurtillis* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) and key to species of the Genus *Steinernema*. *Journal of Nematology* 24 (4): 463-477.
- NGUYEN, K.B. & SMART, G.C. Jr. 1996. Identification of Entomopathogenic Nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nemata: Rhabditida). *J. of Nematol.* 28(3): 286-300.
- PARADA J. C., 2001 Steinernematidae y Heterorhabditidae en áreas de producción papera en Cundinamarca y sur de Boyacá. Tesis M. Sc., Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., pp. 100.
- RODRIGUEZ, S., D. A. 1986. Entomopatógenos registrados en gusano blanco y pruebas de patogenicidad. Memorias del curso sobre Control Integrado de plagas de papa. CIP-ICA.
- ROMAN, J. & BEAVERS, J. B. 1982. A survey of Puerto Rican soils for entomogenous nematodes which attack *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 67: 311-316.
- RUEDA, L. M., OSAWARU S. O., GEORGEI L. L. & HARRISON R. E. 1993. Natural occurrence of entomogenous nematodes in Tennessee nursery soils. *Journal of nematology* 25: 181-188.
- SAS INSTITUTE Inc., 1989. Sas Campus Drive. Release 6.12 de. SAS, Cary, North Carolina.
- SAENZ, A. A., 1998. *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934, Cepa Villapinzón (Rhabditida: Steinernematidae) Ciclo de vida, patogenicidad y métodos de cría. Tesis M. Sc., Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., pp. 150
- SMITH, K. 1999. Factors Affecting Efficacy. En: Optimal Use of insecticidal nematodes in pest management. Ed. Polavarapu, , New Brunswick, N.J., USA, Rutgers University Press. pp. 37- 46
- STEINER W., 1996 Distribution of entomopathogenic nematodes in the Swiss Alps. *Suisse Journal de Zoologie* 103: 439- 452
- STOCK S., P., 1995. Natural populations of entomopathogenic nematodes in the pampean region of Argentina. *Nematologica* 25: 143-148.
- STOCK, S. P. 1998. Sistemática y Biología de nematodos parásitos y asociados a insectos de importancia económica, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza - Santafé, República de Argentina., pp. 99
- STOCK, S.P., CHOO, H. & KAYA, H.K. 1997. First record of *Steinernema glaseri* Steiner, 1929 (Nematoda: Steinernematidae) in Asia, with notes on intraspecific variation. *Nematologica* 43: 377-381
- STOCK, S. P., BARRY M. P. & KAYA, H. K. 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitat in California, USA. *Biodiversity and Conservation* 8: 535- 549.
- ZHANG, G. Y. 1992. Survey on the natural occurrence of entomophilic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Beijing area. *Chinese Journal of Biological Control.* 8 (4): 157- 159.