



**BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS
DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO Y
SU POTENCIAL PARA CONTROLAR CHISAS
(COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
Y LA CONSTRUCCIÓN**

Autora:

ELSA LILIANA MELO MOLINA

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

2011

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Lic. **ELSA LILIANA MELO MOLINA** candidata a MAGISTER, como requerimiento parcial a la obtención del título de **MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Sangolquí, 7 de febrero del 2011

M. Sc. ALMA KOCH
Directora



Ph. D. ANTHONY C. BELLOTTI
Codirector

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

DECLARO QUE:

La presente Tesis de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental: **“BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO Y SU POTENCIAL PARA CONTROLAR CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)”**, ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, realizada por mí en su totalidad, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas de información que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de esta Tesis de Grado.



Elsa Liliana Melo Molina

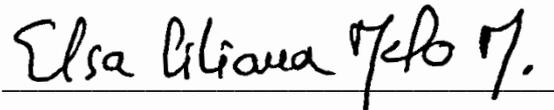
AUTORA

Sangolquí, 7 de febrero del 2011

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército para que publique la presente Tesis de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental: **“BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO Y SU POTENCIAL PARA CONTROLAR CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)”**, por el medio escrito o electromagnético que considere necesario, en espera que sea de utilidad al lector interesado.



Elsa Liliana Melo Molina

AUTORA

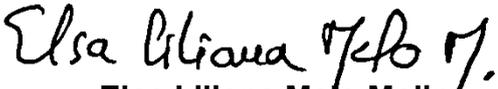
Sangolquí, 7 de febrero del 2011

**La persistencia lleva al triunfo,
la tolerancia al éxito,
la paciencia a la madurez
y la satisfacción de haber alcanzado los logros
a la felicidad.
Será por eso que me siento tan feliz.**

DEDICATORIA

A mi hija Victoria Eugenia, mi razón de ser, que a pesar de la distancia siempre será mi inspiración y mi impulso para seguir adelante.

A Carlos Alberto, esposo abnegado, por ser el gestor de esta maestría, porque siempre está allí sin verlo y me ha hecho entender que la distancia no existe.


Elsa Liliana Melo Molina

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que han compartido conmigo este proceso de aprendizaje, a mi mamá, hermanas y sobrina, que siempre han estado ahí para apoyarme en momentos de soledad. A mi hija, por existir. A mi esposo, por su invaluable apoyo sentimental y profesional. A mis compañeros de maestría por compartir sus conocimientos, por acogerme de forma fraternal en un país que no era el mío, haciéndome sentir en casa y por hacerme reír siempre.

Al Centro de Posgrado de la Escuela Politécnica del Ejército **ESPE** (Ecuador), sus directivos, profesores y funcionarios, por hacer posible esta invaluable empresa.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical **CIAT** (Colombia), por ser el soporte de esta investigación.

Al Dr. Hernán Ceballos del proyecto de Mejoramiento de Yuca del CIAT, por su aporte económico y por brindarme la disponibilidad de tiempo para hacer parte de esta investigación.

A Julio Cesar Parada, estudiante de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, un especial agradecimiento por haber compartido generosamente sus invaluable conocimientos durante todo el tiempo que he trabajado con nematodos y en especial en este trabajo, en el cual fue mi guía y mi inspiración, estando allí siempre cuando parecía desfallecer.

A María Claudia Leguízamo, estudiante de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por su importante aporte con la identificación de los nematodos.

A Myriam Cristina Duque, estadística del CIAT, por su aporte invaluable en el análisis estadístico.

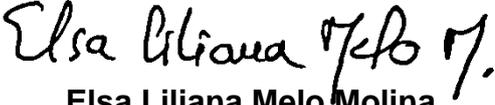
A Rodrigo Zúñiga, técnico del laboratorio ácaros del CIAT, por su colaboración permanente, su aporte incondicional, por sus ideas para facilitar la realización de ciertos procesos en el diseño de materiales y montajes.

A Adriano Muñoz y Rómulo Riascos, trabajadores del laboratorio ácaros del CIAT, por haber compartido este proceso y por su apoyo en la realización de los muestreos.

A María Luisa Cortés, César Cajiao, Miguel Grajales y al Dr. Stephen Beebe, pertenecientes al proyecto Mejoramiento de Fríjol del CIAT, por la disponibilidad del Lote de fríjol.

A Octavio Mosquera e Israel Agudelo de la Unidad de Servicios Analíticos de CIAT, por la colaboración en el análisis de suelos.

Al Sr. Benjamín Castillo de la finca Utopía por permitir la toma de muestras en su terreno y por su preocupación por la conservación del ambiente.


Elsa Liliana Melo Molina

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	pág.
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
LISTADO DE TABLAS	x
LISTADO DE FIGURAS	xi
LISTADO DE ANEXOS	xiv
NOMENCLATURA UTILIZADA	xv
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
1. BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN DIFERENTES AMBIENTES	4
1.1 JUSTIFICACIÓN	5
1.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.2.1 Descripción de las áreas en estudio	7
1.2.2 Generalidades sobre nematodos	9
1.2.2.1 Morfología	10
1.2.2.2 Biología	11
1.2.2.3 Ecología	13
1.2.3 Biodiversidad	15
1.2.3.1 Biodiversidad de nematodos	16
1.2.4 Búsqueda de nematodos entomoparásitos	17
1.3 MATERIAL Y MÉTODOS	
1.3.1 Descripción de las áreas en estudio	20
1.3.2 Muestreo	20
1.3.3 Extracción e identificación de nematodos	20
1.3.4 Extracción de nematodos con insecto trampa	21
1.3.5 Análisis de suelos	24
1.3.6 Análisis de información	24
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
1.4.1 Área de estudio	27
1.4.2 Identificación de nematodos	29
1.4.3 Análisis de biodiversidad	40
1.4.4 Colección de nematodos entomoparásitos	42
1.5 CONCLUSIONES	44
1.6 RECOMENDACIONES	45
2. LOS NEMATODOS COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)	46
RESUMEN	47
SUMMARY	48
2.1 JUSTIFICACIÓN	49
2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.2.1 Chisas como insectos plaga	50

	Pág.
2.2.2 Ciclo de vida	52
2.2.3 <i>Phyllophaga menetriesi</i>	54
2.2.4 <i>Phyllophaga bicolor</i>	57
2.2.5 Control biológico con nematodos entomoparásitos	57
2.3 MATERIAL Y MÉTODOS	
2.3.1 Cría del insecto plaga	59
2.3.2 Cría del insecto trampa <i>Galleria mellonella</i>	59
2.3.3 Selección y multiplicación de nematodos	59
2.3.4 Pruebas de infección y mortalidad con nematodos	61
2.3.5 Análisis de Información	63
2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
2.4.1 Infección y mortalidad de <i>P. menetriesi</i> y <i>P. bicolor</i> con cuatro aislamientos de nematodos	63
2.4.2 Infección y mortalidad de cuatro aislamientos sobre dos edades de L3 de <i>P. menetriesi</i>	66
2.5 CONCLUSIONES	68
2.6 RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	71
GLOSARIO	80
ANEXOS	86

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características del suelo en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), relacionados con el número de individuos de nematodos de vida libre.	31
Tabla 2. Índices calculados para estudiar la comunidad de nematodos de vida libre en cuatro ambientes en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).	42
Tabla 3. Aislamientos de nematodos entomoparásitos nativos e introducidos, evaluados para control biológico de chisas rizófagas en laboratorio del CIAT.	61

LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1	Morfología de los nematodos. 11
Figura 2	Ciclo Biológico de los nematodos (J: estados inmaduros o juveniles). 12
Figura 3	Esquema de muestreo en campos de Colombia (Valle del Cauca). a. Campo CIAT, frijol; b. Palmira (Calucé); c. Cuadrantes de muestreo (submuestras); d. Bosque prístino; e. Ecotono; f. Cultivo plátano-café. 23
Figura 4	Método filtrado de papel para la extracción de nematodos. a. Colecta de suelo en campo con barreno; b. Suelos en bolsas, traídos de campo, tamices de extracción; c. Extracción en tamices y fijación en solución TAF; d. Fijación permanente en soluciones I y II, en horno; e. Montaje en láminas Cobb e identificación con microscopio. 26
Figura 5	Extracción de nematodos entomoparásitos con insecto trampa (<i>G. mellonella</i>); a. Colecta de suelo en campo con barreno; b. Suelos en bolsa, recipientes con suelo y larvas del insecto trampa; c. Larvas infectadas en cámara de maduración y trampa <i>White</i> ; d. Almacenamiento de nematodos identificados. 27
Figura 6	Estados de desarrollo de nematodos de vida libre encontrados en muestreos en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT). 32
Figura 7	Clases de nematodos de vida libre identificados con sus respectivos órdenes, encontrados en muestreos en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT); a. Secernentea; b. Adenophorea. 32
Figura 8	Comparación de cuatro hábitats (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT) frente a las Clases de nematodos identificados. 33
Figura 9	Porcentaje de nematodos identificados en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano café; cultivo frijol-CIAT). 35
Figura 10	Número de nematodos en sus respectivos grupos tróficos, relacionado con el análisis del suelo de cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT). a. Materia Orgánica (%) y pH; b. Textura. 35
Figura 11	Porcentaje de familias identificadas en los muestreos realizados en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT). 36

	pág.
Figura 12 Clúster de la distribución de nematodos por familias en cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).	37
Figura 13 Porcentaje de nematodos colectados en tres épocas de muestreo en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo Frijol-CIAT).	37
Figura 14 Grupos tróficos presentes en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).	38
Figura 15 Número de nematodos agrupados por grupos tróficos en cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).	39
Figura 16 Número de familias e individuos por grupo tróficos en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).	39
Figura 17 Clúster de la distribución de nematodos por grupos tróficos en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT).	40
Figura 18 Nematodo entomoparásito encontrado e identificado (<i>Steinernema</i> pos. <i>carpocapsae</i>) en muestreos en el Valle del Cauca, Finca La Utopía, en el cultivo de Banano-Café (BC); a : Síntomas en larvas de <i>G. mellonella</i> infectadas con el nematodo; b : Larvas con nematodos saliendo; c : Estado adultos e inmaduros; d : Hembra y macho; e : Macho con espículas; f : Vulva en hembra; g : Infeccioso Juvenil (IJ); h : Cola y esófago típico del grupo.	43
Figura 19 Ciclo de vida chisas del género <i>Phyllophaga</i> spp. H: huevo; L1: larva 1; L2: larva 2; L3: larva 3; P: pupa; Ad: adultos (cópula).	55
Figura 20 Daño producido por larvas de <i>Phyllophaga</i> spp. a. cultivo yuca; b. Raíces de yuca; c. Papa; d. Cebolla larga; e. Zanahoria; f. Maíz tierno.	56
Figura 21 Ciclo de vida de nematodos entomoparásitos. a : bacteria simbiote en la parte anterior del intestino; b : fase dentro del insecto; c : fase fuera del insecto en suelo.	60
Figura 22 Captura en campo y cría de larvas de chisas rizófagas en laboratorio. a . colección en campo; b y c . Cría en campo; d . Cría en laboratorio; e . Dos especies de chisas <i>Phyllophaga</i> ; f . Ensayos con nematodos.	60
Figura 23 Cría de <i>Galleria mellonella</i> , insecto trampa para la producción <i>in vivo</i> de nematodos entomoparásitos. a .	

	pág.
	Pupas y adultos, frascos con papel para ovipositar; b. Larvas de diferente edad, bandejas para larvas pequeñas; c. Larva de último instar, bandejas de cría; d. Cuarto de crecimiento; e. Elementos para la dieta. 61
Figura 24	Metodología de infección con nematodos entomoparásitos sobre <i>Phyllophaga menetriesi</i> y <i>P. bicolor</i> . a. Larvas de <i>Phyllophaga</i> , juveniles infectivos de nematodos para infectar; b. Preparación de soluciones para infección de nematodo en recipientes plásticos, alimento zanahoria; c. Recipientes donde se hizo le experimento; d. Larva de chisas muertas por nematodos; e. Disección de chisas en busca de nematodos; f: extracción de nematodos en trampa <i>White</i> . 64
Figura 25	Diferencias entre dos especies de chisas (<i>Pb: Phyllophaga bicolor</i> y <i>Pm: P. menetriesi</i>) en el porcentaje de infección (a) y mortalidad (A), al aplicar cuatro aislamientos de NEPs (<i>Sr. Steinernema riobrave</i> ; <i>Hb1: Heterorhabditis bacteriophora</i> (Italia); <i>Sc: S. carpocapsae</i> ; <i>Hb2: H. bacteriophora</i> (Colombia)) 65
Figura 26	Porcentaje de infección (a) y mortalidad (A) de cuatro aislamientos de NEPs sobre <i>Phyllophaga menetriesi</i> . (<i>Sf: Steinernema feltiae</i> ; <i>Hb1: Heterorhabditis bacteriophora</i> (Italia); <i>Hb2: H. bacteriophora</i> (Colombia); <i>Hb3: H. bacteriophora</i> (Alemania)) 66
Figura 27	Porcentaje de (a) infección y (b) mortalidad con cuatro aislamientos de NEPs en dos edades de larva 3 de <i>Phyllophaga menetriesi</i> (<i>Sf: Steinernema feltiae</i> ; y 3 (<i>Hb1, Hb2</i> y <i>Hb3</i> : aislamientos de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Colombia Italia, y Alemania). 69
Figura 28	Porcentaje de infección (a) y mortalidad (A) para dos edades de larva 3 de <i>Phyllophaga menetriesi</i> con cuatro aislamientos de NEPs (<i>Steinernema feltiae</i> ; y tres aislamientos de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Italia, Colombia y Alemania). 70

LISTADO DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1	Vegetación encontrada en el remanente de bosque en la finca Utopía-Potrerrillo-Palmira-Valle del Cauca. Colombia. 86
Anexo 2	Manejo agronómico del cultivo en el lote de hábitat cultivado de frijol – CIAT, período enero a julio del 2010. 87
Anexo 3	Análisis de suelos de los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre. 88
Anexo 4	Datos climáticos y geográficos tomados en cuatro sitios muestreados en el Valle del Cauca-Colombia. 89
Anexo 5	Datos climáticos en los dos sitios estudiados en el Valle del Cauca-Colombia en cuatro hábitats (a. bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; b. cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre, primer semestre del 2008. 90
Anexo 6	Número de familias de nematodos por hábitat estudiado en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre. 91
Anexo 7	Diagnóstico diferencial de las familias de nematodos identificadas más frecuentes en los muestreos realizados en el Valle del Cauca-Colombia en cuatro hábitats (a. bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; b. cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre. 92
Anexo 8	Clasificación de las familias de nematodos de vida libre muestreados en cuatro hábitats acuerdo a su grupo trófico y valor c-p , en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre. 95
Anexo 9	Descripción morfológica del nematodo entomoparásito género <i>Steinernema</i> . 96
Anexo 10	Análisis de Varianza de infección y mortalidad de chisas rizófagas evaluados para control biológico con nematodos entomoparásitos en condiciones de laboratorio. 98
Anexo 11	Resumen del artículo a publicar en la Revista Colombiana de Entomología (SOCOLEN), incluye resultados del Capítulo 2. 101
Anexo 12	Hoja de vida 102

NOMENCLATURA UTILIZADA

°C:	Grados Celsius (centígrados).
%:	Porcentaje.
0°00'00":	0 grados, 00 minutos, 00 segundos.
1:1:	Relación uno a uno.
3:1:	Relación tres a uno.
ADE:	Agua destilada estéril.
ANDEVA:	Análisis de Varianza.
Arcsen:	Función trigonométrica Arcoseno
Averg:	Average (en inglés Promedio).
BC:	Banano-Café.
BP:	Bosque Prístino o remanente de bosque.
CIAT:	Centro Internacional de Agricultura Tropical.
cm:	Centímetro.
c-p:	Colonizadores-persistentes.
DBCA:	Diseño de bloques completos al azar.
ddi:	Días después de la infección o infestación, según el tema.
E:	Ecotono.
EUA:	Estados Unidos de América.
et al.:	Del latín <i>et alii</i> "y otros".
F:	(Modelo Fisher-Snedecor) es un valor estadístico que refleja el grado de parecido existente entre las medias en comparación en un análisis de varianza.
FC:	Fríjol-CIAT.
Fig.:	Figura.

FrA:	Franco arcillosa.
FrL:	Franco limosa.
g:	Gramos.
G.:	<i>Galleria</i> .
H.:	<i>Heterorhabditis</i> .
H.R.:	Humedad Relativa.
ha:	Hectárea (10 000 m ²).
Hb1:	<i>H. bacteriophora</i> de Italia.
Hb2:	<i>H. bacteriophora</i> de Colombia.
Hb3:	<i>H. bacteriophora</i> de Alemania.
IJs:	Infectivos juveniles.
IM:	Índice de Madurez.
L.:	Linnaeus.
m s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar.
m²:	Metros cuadrados.
MIP:	Manejo Integrado de Plagas.
cm³:	Centímetros cúbicos (mililitros).
mm:	Milímetros.
MO:	Materia orgánica.
N:	Norte.
NEPs:	Nematodos entomoparásitos.
p ≤ 0,05:	Probabilidad estadística (Nivel del 95% de confianza).
P.:	<i>Phyllophaga</i> .
pH:	Símbolo convencional que expresa el número de iones de hidrógeno libres, entre 1 y 14, en una solución.
pos.:	Posible.

Prom.:	Promedio.
S.:	<i>Steinernema</i> .
SAS:	Sistema de Análisis Estadísticos (Statistic Analysis System).
Sc:	<i>S. carpocapsae</i> .
Sf:	<i>S. feltiae</i> .
sp.:	Abreviatura de especie.
spp.:	Abreviatura de especies.
Sr:	<i>S. riobrave</i> .
TAF:	Trietanolamina, Agua, Formaldehído.
vs.:	del Latín versus.
W:	West (Longitud geográfica occidente).
Sum:	Sumatoria.

RESUMEN

Esta investigación analiza si la biodiversidad de los nematodos refleja la calidad del ambiente en que ellos se encuentran, así como si el manejo y las condiciones de un hábitat determinado, pueden afectar las poblaciones de nematodos de vida libre. Luego de tres muestreos realizados en el primer semestre del 2008 en el Departamento del Valle del Cauca, municipio de Palmira, en dos sitios (Finca La Utopía y CIAT) y cuatro hábitats (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: banano café; FC: frijol en CIAT), se encontraron dos Clases de nematodos, ubicándose dentro de éstos, ocho Órdenes; siendo los más abundantes Dorylaimida (972) y Rhabditida (997); los primeros presentes en mayor número en el ambiente BP, y los segundos, propios de ambientes cultivados (FC). También se encontraron 23 familias, de las cuales Dorylaimidae se presentó en menor número en FC, como resultado de las prácticas intensivas en este hábitat. De los hábitats evaluados, la mayor abundancia de nematodos se presentó en BP y, la menor, en FC. En el análisis clúster realizado entre los cuatro ambientes, se encontró mayor similitud entre el BP y el BC; siendo el más distante el FC. Se registraron seis grupos tróficos, siendo más abundantes los omnívoros y bacterióvoros; el primero típico de ambientes con poca intervención como el BP. En suelos agrícolas se encontró aumento de abundancia de bacterióvoros y herbívoros. El índice de dominancia presenta el mayor valor en el FC; mientras que el índice de madurez y diversidad son mayores para el ambiente BP y menores para FC. Los índices de madurez, muestran que la finca La Utopía presenta un ambiente que va de estable a poco disturbado. Se encontró que el porcentaje de nematodos dorylaimidos es mayor en el ambiente menos intervenido BP. Por último se reporta en los muestreos un nematodo entomoparásito *Steinernema* pos. *carpocapsae*, el cual ya se ha reportado para Colombia, siendo mundialmente considerado muy promisorio para el control de plagas insectiles.

Palabras clave: escala c-p; grupo trófico; índice de madurez; *Steinernema* pos. *carpocapsae*.

SUMMARY

This study examines as well as if biodiversity of nematodes reflects quality of the environment in which they occur, and if the management and conditions of a given habitat can affect populations of free-living nematodes. After three surveys conducted in the first half of 2008 in the department of Valle del Cauca, Palmira, in two sites (Farm La Utopia and CIAT) and four habitats (BP: pristine forest, E: ecotone; BC: banana coffee FC: bean CIAT), two kinds of nematodes, being located within 8 orders, being the most abundant were found Dorylaimida (972) and Rhabditida (997). The first group was present in greater number in BP environment, while the second group was characteristic of cultivated environments (FC). We also found 23 families; being Dorylaimidae family the least quantity in FC as result of intensive practices in this habitat. In assessed habitats the greater abundance of nematodes were present in the BP and the least in FC. In the cluster analysis performed between the four environments, we found greater similarities between BP and BC environments, while the most distant was the FC environment. There were six trophic groups where the more abundant were omnivores and bacterivores; the first one characteristic of environments with little intervention as BP. In agricultural soils increased abundance of bacterivores and herbivores were found. The dominance index showed the highest value in the FC environment, while the maturity and diversity indexes showed higher values in the BP environment and lower values for FC. Maturity index shows that the farm La Utopia presents an environment since stable to slightly disturb condition. The percentage of Dorylaimida nematodes was higher in the less intervened environment BP. Finally it was identified the entomoparasite *Steinernema* pos. *carpocapsae* nematode, which has already been reported for Colombia, being considered globally as very promising for the control of insect pests.

Keywords: c-p scaling; trophic level; maturity index; *Steinernema* pos. *carpocapsae*.

BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO Y SU POTENCIAL PARA CONTROLAR CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)

La necesidad de intensificar la producción de cultivos como consecuencia de una demanda incrementada de alimento así como mejorar el ingreso de la población rural llevó a prácticas de la agricultura a niveles que causan una pérdida devastadora de la biodiversidad, especialmente en el trópico. Prácticas inadecuadas como el monocultivo, la quema de residuos y la deforestación han reducido el material orgánico en el suelo; y, paralelamente, en un proceso acelerado de uso excesivo de plaguicidas sintéticos, se causó la eliminación de enemigos naturales de las plagas, incrementando los costos de producción en el control de éstas ante una explosión geométrica de sus poblaciones y daño. Adicionalmente, el uso frecuente de plaguicidas altamente tóxicos devino en el desarrollo de resistencia genética en muchas plagas hacia los pesticidas sintéticos, volviéndolos ineficientes. Cabe mencionar la relación entre uso de pesticidas y la contaminación del suelo y el agua, que afecta la salud de productores y consumidores.

En la zona andina se cultiva en agroecosistemas frágiles, los cuales son considerados así debido a la sequía, heladas, granizadas, nevadas, salinidad de suelos, vientos e inundaciones que tienen que afrontar. Los Andes poseen características climáticas particulares que imponen condiciones severas a la producción agrícola, destacada por presentar valles, quebradas, laderas, altiplanicies húmedas, secas y salinas, montañas, nevados y glaciares, con presencia de nichos ecológicos, que le confieren complejidad ecológica, lo que ha conducido a la pérdida de sostenibilidad de los suelos.

Una forma de evaluar las condiciones del suelo se hace con la extracción de los nematodos, (Rudolphi 1808), los que son considerados un indicador biológico en estudios de calidad de suelo y ecología, considerando que sus poblaciones comprometen diversos grupos tróficos (bacteriívoros, fungívoros, parásitos

obligados de plantas, predadores y omnívoros); por otra parte, su dinámica poblacional puede proporcionar el conocimiento del estado de los recursos y comunidades sobre las cuales ellos se alimentan.

Los nematodos poseen diversidad de características que, en combinación, los hacen un grupo único para estudiar procesos como colonización, flujo de genes, estructura de comunidades y diversidad; la mayor parte son activos y móviles dentro del suelo durante todo su ciclo de vida, lo cual hace que puedan ser directamente afectados por condiciones fisicoquímicas del suelo.

Estos también son usados como una alternativa ecológicamente promisorio, para el manejo de suelos, al disminuir la contaminación, producto del abuso de los insecticidas sintéticos, en el manejo de plagas, denominados nematodos parásitos de insectos, los cuales, son organismos cohabitantes del suelo y están presentes en la mayoría de ecosistemas controlando las plagas de forma natural.

De especial interés por su efectividad como biocontroladores sobresalen los nematodos pertenecientes a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae; estas han sido ampliamente estudiadas en el ámbito mundial.

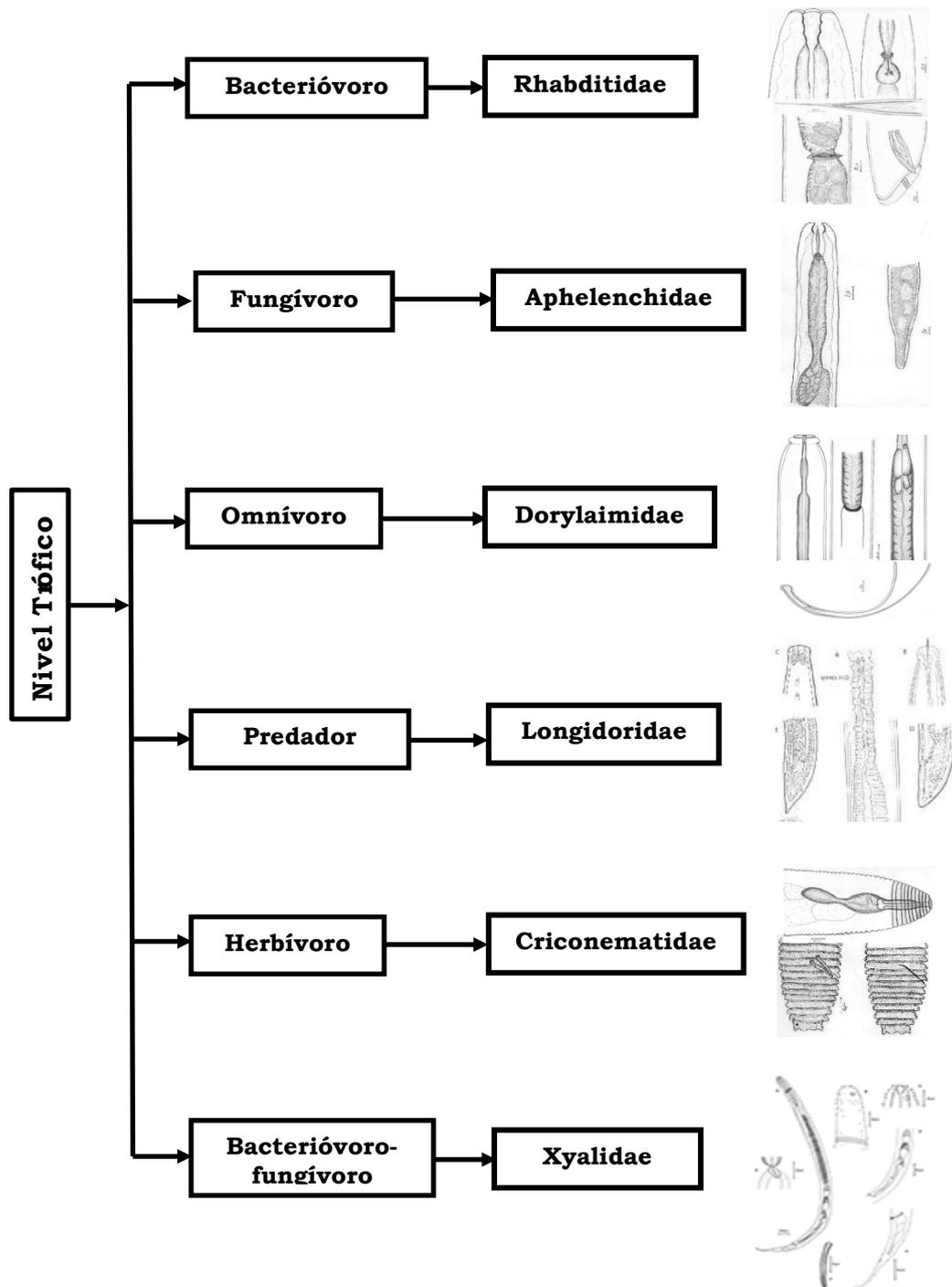
En América Latina se pueden mencionar, igualmente, numerosos trabajos encaminados a la evaluación de la diversidad de nematodos al igual que su aplicabilidad en control de insectos de suelo con NEPs, en los cuales se han obtenido resultados óptimos con este grupo, empleando especies nativas e introducidas.

Es por eso el interés con el cual se plantea esta investigación que cubre dos ámbitos; el de la diversidad como pauta para conocer el estado del suelo y, por otro lado, el manejo de plagas con una metodología que beneficia los suelos; y, por ende, los sistemas de cultivos, temas relevantes en la actualidad y con los cuales se busca obtener conocimientos para un correcto

manejo ambiental, aplicable en diversidad de ecosistemas en diferentes países, principalmente del trópico.

Con estos antecedentes, el proyecto se propuso **caracterizar la diversidad de nematodos en suelos de ambientes cultivados y sin cultivar y su potencial para el control biológico de larvas subterráneas de escarabajos plagas de plantas**. Específicamente se planteó identificar las poblaciones de nematodos asociadas a suelos en zonas prístinas, ecotono, cultivo banano-café y zona intervenida en un cultivo de fríjol en el Valle del Cauca – Colombia; y, determinar el efecto potencial de los nematodos entomoparásitos nativos e introducidos para el manejo de chisas rizófagas de tercer ínstar.

1. BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN DIFERENTES AMBIENTES



1.1 JUSTIFICACIÓN

La degradación del ambiente asociada a procesos de producción agropecuaria tiene como efectos conocidos la erosión del suelo, la destrucción de hábitats naturales y biodiversidad, la contaminación de aguas por pesticidas y fertilizantes, la acumulación de heces y orina en sistemas ganaderos intensivos, el depósito de metales pesados en el suelo y la salinización de áreas de regadío.

El modelo intensivo de Revolución Verde, con la intensificación de cultivos (monocultivos) y el uso excesivo de insumos, sigue una línea menos sustentable que el modelo extensivo de la agricultura orgánica. Una agricultura sustentable no busca eliminar los insumos, sino que procura minimizar su aplicación mediante estrategias estrictas. De esta forma se favorecerá ambientes donde se incrementen las interacciones entre las plantas, los microorganismos y los invertebrados, creando un sistema biológico conservador, no degradante, que se asemeje a los ecosistemas naturales, caracterizados por una regulación interna de sus funciones producto de la biodiversidad, a través de la fluidez de energía y nutrientes (Viglizzo 2001).

Los agroecosistemas consisten, sin embargo, en ecosistemas artificiales simplificados en biodiversidad y que requieren de la continua intervención humana ya que carecen de capacidad para realizar su propia regulación. Cuando se menciona la biodiversidad se hace referencia a todas las especies de plantas, animales y otros organismos, incluyendo la variabilidad genética intrapoblacional, que existen e interactúan con el ecosistema. Cuando los servicios naturales de los sistemas son bajos debido a la simplificación biológica, los costos económicos y ambientales se tornan relevantes (Paoletti y Pimentel 1992; Yeast 2003).

En agricultura, la productividad de un cultivo por unidad de tiempo y margen de oportunidad hace que el monocultivo sea una alternativa que otorga grandes beneficios económicos; por tanto, las actividades humanas actúan fuertemente reduciendo la biodiversidad (Paoletti y Pimentel 1992).

Sin embargo, en áreas tropicales y templadas ciertas prácticas de policultivos y agro forestación o tipos especializados de agricultura orgánica, integrada, pueden mantener una alta biodiversidad y al mismo tiempo producir retornos adecuados a las explotaciones (Paoletti *et al.* 1993).

La biomasa del suelo consiste en microorganismos como actinomicetes, además de animales como nematodos, artrópodos (ácaros, escarabajos, entre otros) y lombrices. La reducción de la biodiversidad del suelo es negativa debido a que el reciclado de nutrientes y el balance entre la materia orgánica, los organismos y las plantas son componentes necesarios del equilibrio ecológico del ambiente (Paoletti y Foissner 1994; Altieri 1999).

Dentro de la determinación de biodiversidad en esta investigación se hace énfasis en la exploración e identificación de la fauna de los nematodos buscando la oportunidad de conocer la relación existente entre ésta y las condiciones de suelo bajo el impacto de las prácticas agrícolas y condiciones ambientales (Bongers 1999). Se espera que los análisis de la diversidad de nematodos presentes en estas exploraciones, indiquen el efecto contaminante de las prácticas agrícolas sobre la cadena trófica del suelo, como un aporte base para el manejo ambiental, remediación y decisiones de conservación de estos suelos (Neher y Campbell 1996).

Numerosas prácticas agrícolas son citadas por su impacto positivo sobre la biodiversidad, como la reducción del uso de pesticidas y fertilizantes, el control mecánico de malezas, el uso de abonos verdes y animales, la labranza mínima, el intercultivo, el manejo de bordes y espacios marginales o áreas no cultivadas, uso adecuado de la época de siembra, rotaciones de cultivos, explotaciones mixtas, entre las principales. En la medición de este impacto favorable, la biodiversidad es considerada un instrumento para evaluar la estructura del paisaje y sus transformaciones y para elaborar políticas a aplicar en áreas rurales y urbanas de manera que se reduzca el mal manejo humano y aliviar o prevenir las consecuencias de la polución.

Sin embargo, sin una gestión apropiada de monitoreo de los cambios en el paisaje, los beneficios provenientes de dichas políticas no son manejables. En este contexto los estudios basados en bioindicadores de biodiversidad son apropiados para evaluar los cambios y los beneficios, ya que se han encontrado situaciones en las que el indicador a evaluar no puede ser medido, como por ejemplo el impacto de pesticidas de corta residualidad o la presencia de metales pesados (Paoletti 1999).

Aunque es conveniente dividir el mundo vivo en ecosistemas diferentes, cualquier investigación revela pronto que rara vez hay límites definidos entre éstos y que nunca están del todo aislados.

Muchas especies ocupan y son parte de dos o más ecosistemas al mismo tiempo, o se trasladan de uno a otro en diferentes épocas, como ocurre con las aves migratorias. Al pasar de un ecosistema a otro, se observa una gradual disminución de las poblaciones de la comunidad biótica del primero y un aumento en las del que sigue. Así, los ecosistemas se superponen gradualmente en una región de transición conocida como ecotono, que comparte muchas de las especies y las características de los ecosistemas adyacentes (Wikipedia 2008).

Este conocimiento guía la selección de los sitios a ser muestreados, teniendo en cuenta los tres ecosistemas: bosque prístino, ecotono (entre bosque y cultivo), cultivo de banano-café, en la misma área y cultivo de frijol (tratado con insecticidas y herbicidas) en un área diferente.

1.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Descripción de áreas de estudio: El **bosque prístino (BP)**, o remanente de bosque es un parche de bosque presente después de la fragmentación causada por el ser humano. Se considera un hábitat que no ha sido intervenido y que se encuentra en su condición original, de acuerdo a los reportes del instituto Humboldt, por lo que en este bosque se encuentra vegetación nativa de la zona.

El **ecotono (E)**, es un lugar donde los componentes ecológicos están en tensión por ser una zona de transición entre dos o más comunidades ecológicas distintas. Generalmente, en cada ecotono viven especies propias de ambas comunidades, pero también pueden encontrarse organismos particulares. A veces la ruptura entre dos comunidades constituye un límite bien definido, denominado borde; en otros casos hay una zona intermedia con un cambio gradual de un ecosistema al siguiente.

A menudo, tanto el número de especies como la densidad de población de algunas de las especies es mayor en el ecotono que en las comunidades que lo bordean debido a un efecto de borde, basado en el empalme de algunas poblaciones en una misma zona por el aprovechamiento de nichos ecológicos compartidos en dos comunidades con estructuras muy diferentes.

El cultivo intercalado de **Banano-Café (BC)**, no recibe ningún tipo de tratamiento químico, es un cultivo de manejo exclusivamente natural, en el cual no se encuentra aditivos químicos o cualquiera otra sustancia que contenga materiales sintéticos. Este tratamiento beneficia al ambiente evitando contaminarlo y permitiendo la regeneración del suelo.

El único abono utilizado es gallinaza, y en la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, que cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos; estos tienden a mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos para ser entregados posteriormente a la planta de forma continua y fácil.

El Cultivo de Fríjol, localizado en CIAT **(FC)**, es considerado un cultivo intensivo. La intensificación de la agricultura produce a menudo decadencia de las condiciones ambientales. El daño en el ambiente y la cadena alimentaria se producen de diversas formas como eliminación de hospederos vivos que pueden servir de refugio de especies benéficas, lo que produce un desequilibrio en las poblaciones afectando la cadena trófica.

1.2.2 Generalidades sobre nematodos: El Phylum Nematoda Rudolphi (1808), es luego del Artropoda uno de los más diversos taxa del Reino Animal. Su presencia es generalizada en el suelo y se considera que de cada cinco organismos multicelulares del planeta uno es nematodo. Se les puede encontrar en una gran diversidad de hábitats que varían desde tundras congeladas a desiertos áridos, desde cuerpos de agua dulce a ambientes marinos y, de aguas termales a aguas congeladas provenientes de los polos (Stock 1998; Bongers y Ferris 1999).

Actualmente sobre 20 000 especies han sido descritas, sin embargo, se estima que a escala mundial se encuentran entre 100 000 a 1 millón. Ningún otro grupo posee tantas especies no descritas y dentro de éstas se destacan las parasíticas (35 %) de vida libre; pudiéndose encontrar hasta tres millones de nematodos por metro cuadrado de suelo (Sohlenius 1985).

Los nematodos suelen agruparse en cinco categorías, con base en sus fuentes y hábitos alimenticios selectivos; así, pueden ser patógenos, herbívoros, microbívoros, omnívoros y carnívoros. Otras características adicionales son sus rasgos morfológicos tales como la estructura del esófago, así como la presencia o ausencia de estilete, órgano que sirve para atravesar "pinchar" las estructuras del organismo blanco y acceder al alimento.

Los nematodos como los micro artrópodos de suelo, son usados con éxito como indicadores de condiciones ambientales y, en general, de ecosistemas saludables; además, como nematodos bacterióvoros y fungívoros influyen la dinámica poblacional microbial en los procesos de descomposición de materia orgánica y contribuyen directamente en la mineralización de nutrientes y supresión de enfermedades en el suelo (Ingham *et al.* 1985; Niles y Freckman 1998).

Las investigaciones de nematodos usados en estudios ambientales se han incrementado, tanto por su potencial para medir el impacto de perturbaciones en el suelo, como por permitir monitorear cambios en la estructura y el funcionamiento de ecosistemas del subsuelo, dado por el índice de maduración;

este índice se basa en la proporción de colonizar y la persistencia del organismo en las muestras. La interpretación de la estructura de las comunidades de nematodos ofrece una excelente oportunidad de evaluar las condiciones del suelo con relación del impacto de contaminantes y otros componentes estresantes y, permiten el monitoreo de cambios en la estructura y la funcionalidad de la red alimenticia del subsuelo (Bongers y Ferris 1999; Ritz y Trudgill 1999; Ruess *et al.* 1999; Leguízamo 2005; Salguero 2006).

Por tanto, si es necesario hacer estudios ambientales para medir la biodiversidad y el impacto de contaminantes, los nematodos se consideran los organismos más apropiados para realizar este tipo de investigación; esto es dado ya que los nematodos presentan características que los hacen indicadores como son: a) ocurren en gran diversidad y densidad en diversos suelos y tipos de sedimentos; b) viven en la capilaridad del agua que se presenta en el suelo; c) reaccionan rápidamente a las alteraciones del medio; d) se aíslan e identifican fácilmente; e) juegan un papel importante en la red alimenticia; f) son fácilmente ubicados dentro de grupos tróficos; g) son los más abundantes de los metazoos; y, h) están directamente en contacto con componentes disueltos en el agua del suelo a través de su cutícula permeable (Bongers y Ferris 1999).

Adicionalmente, estos microorganismos son lo suficientemente grandes para ser identificables por la microscopía ligera y suficientemente pequeños para habitar películas de agua alrededor de partículas de suelo, se encuentran alrededor y en fuentes de comida. Esta taxa se encuentra en diferentes niveles tróficos del suelo, clasificados en grupos funcionales que responden de manera similar al enriquecimiento de la red nutricional del suelo y a perturbaciones ambientales y su recuperación (Ferris *et al.* 2001).

1.2.2.1 Morfología: Los nematodos son gusanos cilíndricos no segmentados, que poseen una cutícula exterior acelular bajo la cual se encuentra la epidermis seguida por las fibras musculares en la pared del cuerpo que se dirigen en dirección longitudinal, con la cavidad del cuerpo que

no es formada desde el mesodermo o totalmente trazada por el peritoneo, razón por la cual se incluyen dentro de los pseudocelomados. Tienen sistema excretor, nervioso, digestivo, reproductivo y muscular, pero sin sistema circulatorio y respiratorio. Se distinguen por presentar cavidad del celoma no verdadera, denominada pseudoceloma originada a partir del blastocele mesodermal en el embrión; hemolinfa fluida ocupando el pseudoceloma, permitiendo la condición hidrostática del pseudoesqueleto; simetría bilateral; cuerpo cubierto con un segregado flexible denominado cutícula; sistema excretor con glándula excretora de una o más células con porocanal; faringe; extensión reproductora del macho, que abre el recto para formar la cloaca y hembra con extensión reproductora abriendo un gonoporo dividido a manera de vulva (Parada 2002; Kaya y Stock 1997) (**Fig. 1**).

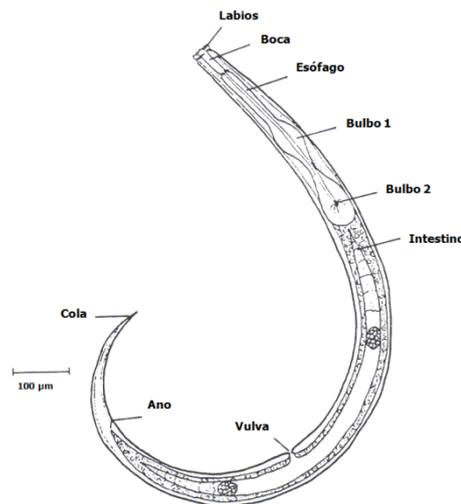


Figura 1. Morfología de los nematodos.

1.2.2.2 Biología: El ciclo de vida de los nematodos es simple; consta de huevo, cuatro estados juveniles, separados por mudas y, adulto (Woodring y Kaya 1988) (**Fig. 2**).

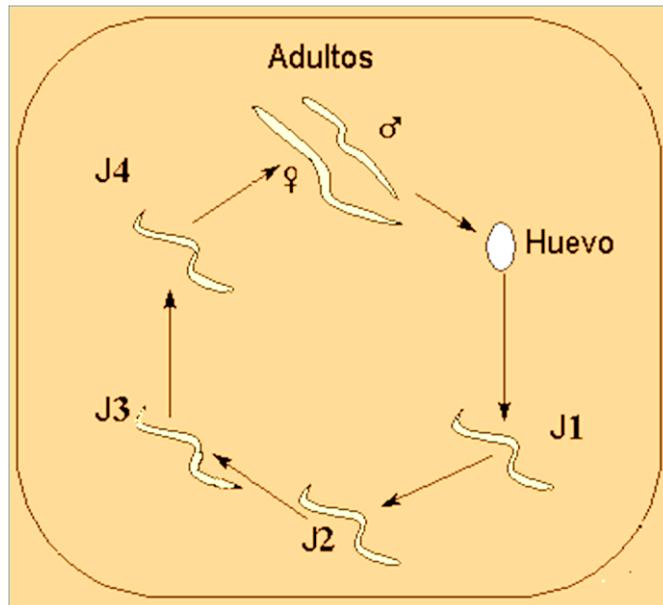


Figura 2. Ciclo Biológico de los nematodos (J: estados inmaduros o juveniles).

Algunos nematodos son ovíparos mientras que otros son ovovivíparos. El tiempo necesario para alcanzar la etapa adulta varía desde unos pocos días en los nematodos libres, hasta más de un año en algunos parásitos. El desarrollo es directo y estrictamente determinado. El huevo fecundado puede liberarse antes de la segmentación (*Ascaris*); cuando la segmentación se ha iniciado (*Ancylostoma*), cuando se halla muy avanzada (*Enterobius*); o, cuando el embrión está completamente formado (*Wuchereria*) (Boemare 2002; Parada 2002).

La segmentación temprana sigue un patrón asimétrico que pronto pasa a ser bilateral, pero muestra por su estrecho determinismo lejanas semejanzas con la segmentación espiral de los anélidos, moluscos y algunos platelmintos.

El desarrollo embrionario lleva a la formación de tres capas germinativas (ectoblasto, mesoblasto y endoblasto), el pseudoceloma surge en el espacio limitado por endoblasto y ectoblasto. Los diversos órganos presentan un número relativamente fijo de células, determinado en el momento de la eclosión (Tamayo 2004; Maggenti 1991).

El desarrollo es directo. Dentro de la envoltura del huevo la fase juvenil (denominada generalmente larva) realiza una o dos mudas. Existe un incremento limitado del número de células durante las etapas juveniles, casi todo el crecimiento es consecuencia del incremento del tamaño celular. Los juveniles tienen casi todas las estructuras del adulto, salvo partes del aparato reproductor. El crecimiento se acompaña de cuatro mudas de la cutícula. La tercera fase es en muchas especies la fase de dispersión. Los adultos no mudan, pero algunos siguen creciendo. En algunos casos hay una generación hermafrodita parásita y otra de sexos separados que vive libre (Tamayo 2004).

1.2.2.3 Ecología: Las poblaciones de los nematodos en el suelo varían constantemente; de la misma manera, la composición comunitaria existente en un suelo también se modifica con el tiempo, dependiendo del tratamiento del terreno y la edad de los ejemplares. Así, por ejemplo, los parásitos de las plantas varían en cantidad en respuesta a la presencia de su huésped (aumentando durante la fase vegetativa de las plantas y disminuyendo una vez que éstas han sido cosechadas).

Las poblaciones de nematodos suelen ser inferiores en invierno y a principios de primavera en climas templados, así como en verano y en otoño en climas más cálidos. Una escasa población puede indicar simplemente que los nematodos se han internado más profundamente en el suelo para escapar de los climas adversos.

Desde un punto de vista ecológico, los nematodos regulan las poblaciones microbianas mediante la depredación, al tiempo que actúan como parásitos de las plantas. De hecho, sirven como enlace en la cadena alimenticia entre el mundo microbiano y organismos más complejos. Las poblaciones de nematodos reflejan la disponibilidad de materia orgánica en la que habitan y las más escasas suelen estar en los desiertos, alcanzando los niveles más elevados en pastizales permanentes (con rizósfera muy desarrollada) (Boemare 2002; Parada 2002; UBU 2007).

Existen muchas especies parásitas, que exhiben todos los grados de parasitismo y atacan a todos los grupos de plantas y animales. Las formas libres son en general incoloras y las parásitas blanquecinas. Dentro del huésped viven en distintas partes del cuerpo: en vertebrados hay parásitos intestinales, de los pulmones y vías pulmonares, del sistema sanguíneo y linfático, riñones, distintos tejidos e incluso dentro de las células. Los fitoparásitos pueden encontrarse en los frutos, en las grietas de la corteza o formando agallas en las raíces. Las vías de transmisión son varias. En el caso más sencillo, los huevos o las fases juveniles incluidas en la cápsula del huevo penetran por vía oral. En otros casos lo hacen activamente por la piel. También un huésped intermedio que puede introducir las larvas en el huésped definitivo por una picadura o que puede ser ingerido por el huésped definitivo (Tamayo 2004).

Muchos nematodos se encuentran asociados a insectos, en relaciones que van desde fortuitas hasta parasíticas. Esta última puede ocasionar diferentes efectos deletéreos sobre sus hospederos, que pueden ir desde reducción en la fecundidad, esterilidad y longevidad, disminución en la actividad, retraso en el desarrollo, cambios fisiológicos y morfológicos en el comportamiento, hasta la muerte (Poinar 1979; Boemare 2002; Parada 2002).

Hay ocho familias de nematodos reconocidas como parásitos de insectos: Allantonematidae, Diplogasteridae, Mermithidae, Phaenopsitylenchidae, Sphaerularidae, Tetradonematidae, Heterorhabditidae y Steinernematidae. Las dos últimas se relacionan con una bacteria simbiote que mata al hospedero rápidamente, razón por la cual ha despertado gran interés mundial para ser desarrolladas como biocontroladores de insectos plaga (Kaya y Stock 1997; Parada 2002).

La bacteria simbiote pertenece a la familia Enterobacteriaceae y se han reconocido dos géneros *Xenorhabdus* en asocio con Steinernematidae y *Photorhabdus* con Heterorhabditidae (Coto *et al.* 1995). Las células de la bacteria simbiote son llevadas por los nematodos infectivos, en la porción ventricular de su intestino. Una vez encontrado un insecto hospedero apropiado, el nematodo lo penetra por sus aberturas naturales (boca, ano,

espiráculos), llegando hasta el hemocele, en donde libera la bacteria, la cual se propaga, matando al hospedero por septicemia en 48 horas (Kaya y Stock 1997; Boemare 2002; Parada 2002; Triviño 2002).

1.2.3 Biodiversidad: El término biodiversidad surge a finales de los 80, significa variedad biológica y es el resultado de un complejo e irreplicable proceso evolutivo, cuyo estudio ha proporcionado una serie de herramientas de medida muy útiles.

La medida de biodiversidad es un concepto impreciso y equívoco, no existe una unidad universal para medirla ni un único atributo, por lo cual no se puede decir que existe un mejor método. La biodiversidad tiene diferentes facetas y para cada una hay que buscar la aproximación más apropiada, para lo cual se debe considerar el nivel de biodiversidad que se quiere analizar (Moreno 2001).

Tradicionalmente, la diversidad biológica ha sido dividida en tres componentes: alfa (α), beta (β) y gamma (γ), sin embargo, la relación que existe entre ellos es aún tema de debate. La diversidad **alfa** es la riqueza de especies de un hábitat determinado y que se considera homogéneo y delimitado; la diversidad **beta** es la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre comunidades al movernos de una localidad a otra, y por último, la diversidad **gamma** se considera como la riqueza total de especies existentes en un área mayor, dentro de varias unidades del paisaje o entre varios tipos de coberturas o hábitats (conjunto de comunidades), y es el resultante de la diversidad de cada una de las comunidades (diversidad alfa), así como el grado de diferenciación que se ha desarrollado entre ellas (diversidad beta) (Alvarez *et al.* 2004).

Existen numerosas publicaciones que proponen, compilan o revisan diferentes índices utilizados para cuantificar la biodiversidad (Moreno 2001; Magurran 1988). Para evaluar la diversidad en sus diferentes componentes y niveles o escalas, se pueden utilizar índices que finalmente ayudan a resumir información en un solo valor y permiten unificar cantidades para realizar comparaciones. Sin embargo, para la aplicación de índices es necesario conocer los supuestos en los que están

enmarcados, para que la información generada a través de éstos pueda ser utilizada para interpretar correctamente el comportamiento de la biodiversidad

1.2.3.1 Biodiversidad de nematodos: Los nematodos ocupan posiciones claves en los sitios alimenticios en el suelo, se alimentan de la mayoría de organismos del suelo y son alimento para muchos otros; también ejercen influencia sobre la vegetación de sucesión. La evaluación de la estructura de la comunidad de nematodos, desde el punto de vista ecológico, requiere del conocimiento de sus estrategias de vida a través de la escala “**c-p**”, como colonizadores “**c**”, estos son pequeños, numerosos, con capacidad de sobrevivencia y colonizar bajo condiciones extremas, ocupan una posición basal en la cadena trófica o persistentes y los “**p**”, o persistentes son de mayor tamaño, pocos en el hábitat, no pueden sobrevivir bajo condiciones extremas, el nivel de cadena trófica con mayor adaptación de organismos y diversas fuentes de alimento (Neher 2000), se le da una escala de 1 a 5 de acuerdo a las condiciones mencionadas, este valor se utiliza para el cálculo del Índice de Madurez (**IM**) el cual es un indicador del estado general del suelo (Bongers y Ferris 1999; Bongers *et al.* 2001):

cp-1: Ciclo de vida corto, huevos pequeños, principalmente bacteriívoros, comúnmente se alimentan de medios enriquecidos, subsisten fácilmente a disturbios en el suelo.

cp-2: Ciclo de vida Largo y fecundidad más baja que el cp-1, muy tolerantes a condiciones adversas y pueden ser criptibióticos, son principalmente bacteriívoros y fungívoros.

cp-3: Ciclos de vida más largos, más sensibles a condiciones adversas, fungívoros, bacteriívoros y carnívoros.

cp-4: Ciclo de vida largo y fecundidad baja, más sensibles a disturbios, pequeñas especies de omnívoros.

cp-5: Ciclo de vida más largo, talla de cuerpo muy grande, tasa de fertilidad más baja, mucho más sensibles a disturbios. Predominantemente carnívoros y omnívoros.

Todas estas características agrupan las familias en grupos tróficos ya identificados como: bacterióvoros, fungívoros, omnívoros, predadores y parásitos. En general, los nematodos pueden estar situados dentro de una de estas categorías por examen del tipo de boca o estoma y la forma del esófago. Otras características tales como el tamaño del cuerpo y el estilo de vida del nematodo, si está vivo, si es de movimiento rápido o lento, sirven también para caracterizarlos (Yeates 1979; Ingham y Detling 1984; Yeates *et al.* 1993; Yeates *et al.* 1994; Yeates *et al.* 1997; Bardgett y Cook 1998; Bardgett *et al.* 1999; Hunt 2000; Ferris *et al.* 2001; Neher *et al.* 2004; Azpilicueta *et al.* 2008; Leguízamo y Parada 2008).

1.2.4 Búsqueda de nematodos entomoparásitos: Los nematodos entomoparásitos (NEPs), especialmente de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae (Rhabditida), son organismos que actúan como reguladores de las poblaciones de insectos y tienen una serie de características como organismos controladores, que los diferencian de otros grupos de entomoparásitos, siendo una alternativa dentro de programas de Control biológico (Luque 2001).

En busca de estos organismos se hacen muchas investigaciones para capturar poblaciones nativas, además de estudios de distribución conducidos a través del mundo, donde se han encontrado en variedad de hábitats como pastos, forestales, hortalizas, frutales, flores, etc., que presentan diferentes características de suelos (Rueda *et al.* 1993).

Un ejemplo del uso de los entomonematodos es el caso de la introducción de *Popillia japonica* Newman en Estados Unidos, plaga que se multiplicó rápidamente, devastando árboles frutales y plantas ornamentales, y que se encontró infectada con el nematodo *Steinernema glaseri* (Steiner) (Rhabditida: Steinernematidae) en el Norte de Carolina. Experimentos con este nematodo se

realizaron en los 30's, culminando con un programa de cría masiva entre 1936 a 1937; donde 3,6 billones de nematodos fueron liberados en medio artificial a través del estado de Nueva Jersey (Jackson 1993).

Los nematodos presentan muchas adaptaciones, por tal razón, al iniciar labores de registro de especies de éstos, se hace necesario determinar las condiciones de hábitat, procedimiento de muestreo, técnicas de extracción e incremento, además de fijación y preservación de los ejemplares; dirigiendo siempre estos esfuerzos a la tenencia de individuos jóvenes y adultos para su identificación. Se debe tener en cuenta que los mejores sitios para hacer muestreos son los relacionados con el nicho de posibles hospedantes, al igual que áreas de descomposición orgánica activa y abundante, como compost, madera envejecida, bajo cortezas de troncos, estiércol y, en caso de cultivos, sitios de ataque del insecto.

Suelos de áreas boscosas frecuentemente contienen parásitos obligados tipo Rhabditidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae, así como predadores y omnívoros tipo Mononchida o Dorylaimida. De acuerdo a la taxa de interés conviene examinar suelos húmedos, ya que la sobrevivencia de los nematodos decrece en suelos secos o muy saturados, del mismo modo que generalmente hábitats naturales e inalterados aumentan la probabilidad de encuentro de mayor número de especies por área, mientras hábitats perturbados presentarán mayor número de individuos en menos especies (Parada 2001).

En Colombia, aproximadamente en los últimos 13 años se han realizado investigaciones con especies nativas y foráneas, destacándose entre estos trabajos el control del chinche *Cyrtomenus bergi* con *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) (Barberena 1996), *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) (Caicedo y Bellotti 1994) y *S. feltiae* (Filipjev) y *H. bacteriophora* Poinar en invernadero (Melo *et al.* 2006a). También se usó para el control de la plaga *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipteridae) en plantaciones de palma de aceite (Ortiz 1994), para el control de chisas *Ancognata scarabaeoides*

Burmeister (Navarro y Vélez 1999), y contra *Phyllophaga obsoleta* Blanchard y *Cyclocephala* sp. (Londoño 1999), sobre *Phyllophaga* sp., *P. menetriesi* Blanchard y *Anomala cincta* Saylor (Melo *et al.* 2006b). En el control de broca del café *Hypotenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) con los nematodos *S. feltiae* y *H. bacteriophora* (Molina-Acevedo y López-Núñez 2003); y *S. feltiae* sobre *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) en campo (Parada 2001). Esto demuestra el gran interés por diferentes entidades del país en el uso de estos parásitos, para lo cual se han desarrollado metodologías que han permitido evaluar su efectividad, bajo diversas condiciones.

Una de las formas de captura de estos nematodos es por medio del insecto trampa *Galleria mellonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pyralidae), la cual presenta más susceptibilidad ante estos patógenos que los insectos hospederos comunes.

La piral de la cera, falsa tiña gigante o polilla grande de la cera es la principal plaga de apiarios de *Apis mellifera*. Las polillas atacan solamente colmenas abandonadas o activas pero con debilitadas colonias de abeja. La especie es usada para estudios en fisiología y patología de insectos, y como hospedero de parasitoides de varias plagas de Lepidópteros. Es una mariposa nocturna de color marrón grisáceo que con las alas extendidas alcanza un tamaño de 20 mm a 30 mm, la hembra puede poner en las fisuras de la colmena de 400 a 1 800 huevos (agrupados en conjuntos de 30 a 50). De los huevos nace una larva que cuando joven tiene un color blanco grisáceo, pasando posteriormente a un color gris, alcanzando un tamaño de unos 2,5 cm de longitud. El estado de larva está compuesto por cinco instares. Después de unos días la larva busca un soporte sólido hilando un capullo de unos 2 cm de longitud, del que sale una mariposa que vive entre 3 y 30 días (las hembras comienzan a poner huevos entre los 4 y 10 días después del nacimiento). Si las condiciones ambientales son buenas se desarrollan varias generaciones de forma ininterrumpida (Rijo *et al.* 1988).

Este insecto provee una excelente detección de nematodos en el sitio o en muestras bajo procesamiento en laboratorio (Bedding y Akhurst 1975); y, es un excelente hospedero para la multiplicación a pequeña escala.

1.3 MATERIAL Y MÉTODOS

1.3.1 Descripción de las áreas en estudio: La fase campo de esta investigación se desarrolló en el municipio de Palmira en el campo experimental del CIAT (987,6 m s.n.m.; 03°30'11,7 N y 76°2'28,8 W), donde se encontraba el cultivo de frijol (**FC**); y en el Corregimiento Potrerillo, Vereda el Olivo, Finca Utopía (prom. 1600 m s.n.m.; 03°33'07,2 N y 76°10,5'50,3 W), Departamento del Valle del Cauca, Colombia. En este sitio se encontraban el cultivo intercalado de banano y café (**BC**); el remanente de bosque o bosque prístino (**BP**); y, el ecotono (**E**), o sitio entre el cultivo y el bosque.

1.3.2 Muestreo: En un lote sembrado de FC (2 ha) se tomaron muestras en transeptos (cuatro por muestreo; de 5 m de ancho), cada uno con 10 cuadrantes de 2 m x 2 m, con 5 m entre cuadrantes. En cada cuadrante se tomó cuatro submuestras de 100 g, a una profundidad de 30 cm, cubriendo toda la superficie del lote, además se tomaron los datos de H.R., temperatura del suelo y coordenadas.

En la finca Utopía se encuentra el BP (1,5 ha), en la parte más alta de la misma; E (1 ha), ubicado en la parte media; y, BC (1 ha) en la parte baja; en CIAT (FC) 2 ha. Se tomaron muestras, igualmente, en transeptos (cuatro de 4 m de ancho), con cuadrantes (diez) de 2 m entre cuadrantes, donde se extrajeron igualmente cuatro submuestras de 100 g cada una en cada cuadrante (**Fig. 3**).

Además de esto se realizaron muestreos en tres épocas durante el primer semestre del 2008, con base en la dinámica del cultivo de frijol en CIAT; así: un primer muestreo antes de la siembra (febrero); un segundo, dos meses después de la siembra (abril) y el tercer muestreo después de cosechado el frijol (4 meses después de la siembra (junio).

1.3.3 Extracción e identificación de nematodos: Para recuperar e identificar los nematodos tomados directamente del suelo, se utilizó el método de "filtrado en papel de algodón" (Verschoor y De Goede 2000). Para esto se

tomaron muestras de 300 g de suelo que se ubicaron sobre un tamiz de tamaño de poro de 1,4 mm con papel Kleenex sobre un contenedor plástico. Posteriormente se humedeció con aproximadamente 100 cm³ de agua destilada estéril (ADE) hasta alcanzar el nivel del suelo. Después de 18 horas en reposo el filtrado se pasó por un tamiz de tamaño de poro 0,5 mm para recuperar los nematodos que migraron al fondo. Para la lectura e identificación de nematodos, se decantaron los nematodos de la muestra para hacer el conteo e identificación de las taxas presentes en las muestras.

Los individuos recuperados durante las extracciones, se sacrificaron, fijaron y preservaron en solución tipo TAF (2 partes de trietanolamina, 91 partes de agua y 7 partes de formaldehído 36 %), a 50°C en “baño maría”. A continuación se fijaron usando el método Seinhorst (1959), colocándolos en multipozos con 1 cm³ de solución I (20 etanol; 1 glicerol; 79 ADE), colocada en un desecador con etanol al 96 %, en horno a 35 °C, por 12 horas. Seguido se coloca la solución II (5 glicerol; 95 etanol), tapando parcialmente los multipozos y colocando el horno a 40 °C por 3 horas. Posteriormente a esto, se montaron en láminas de vidrio cubreobjetos (Cobb) (**Fig. 4**).

Para la identificación se usaron los microscopios ópticos Nikon, Labophot y Olympus CX 31, con los lentes 10x, 25x, 40x y 100x; y los oculares 10x y 16x. Se tomaron como referencias las claves de Panessar y Marchall (2001), para los órdenes Araeolaimida, Chromadoria, Dorylaimida, Enoplia y Mononchida; la de Nguyen (2003) para Diplogasterida y Rhabditida; la de Nickle y Hooper (1991) y Siddiqi (2000) para Aphelenchida y Tylenchida. En la categoría de familia se clasificaron por el grupo trófico y la escala **c-p** de Bongers 1999; Yeates *et al.* 1993; y, Leguízamo y Parada 2008.

La identificación se llevó a cabo a través de estudios morfológico y morfométricos, estado de desarrollo, características de los labios, forma del estoma, tipo de esófago, estilete y, forma de la cola entre otros.

1.3.4 Extracción de nematodos con insecto trampa: En laboratorio se dispusieron 600 g de suelo de cada ambiente, en recipientes plásticos con

capacidad 100 cm³, donde se colocaron larvas de *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae), 10 por recipiente (Bedding y Arkhust 1975), manteniéndolas en oscuridad total y a 25 °C por cinco días. Este procedimiento se repitió varias veces hasta que el suelo se secó.

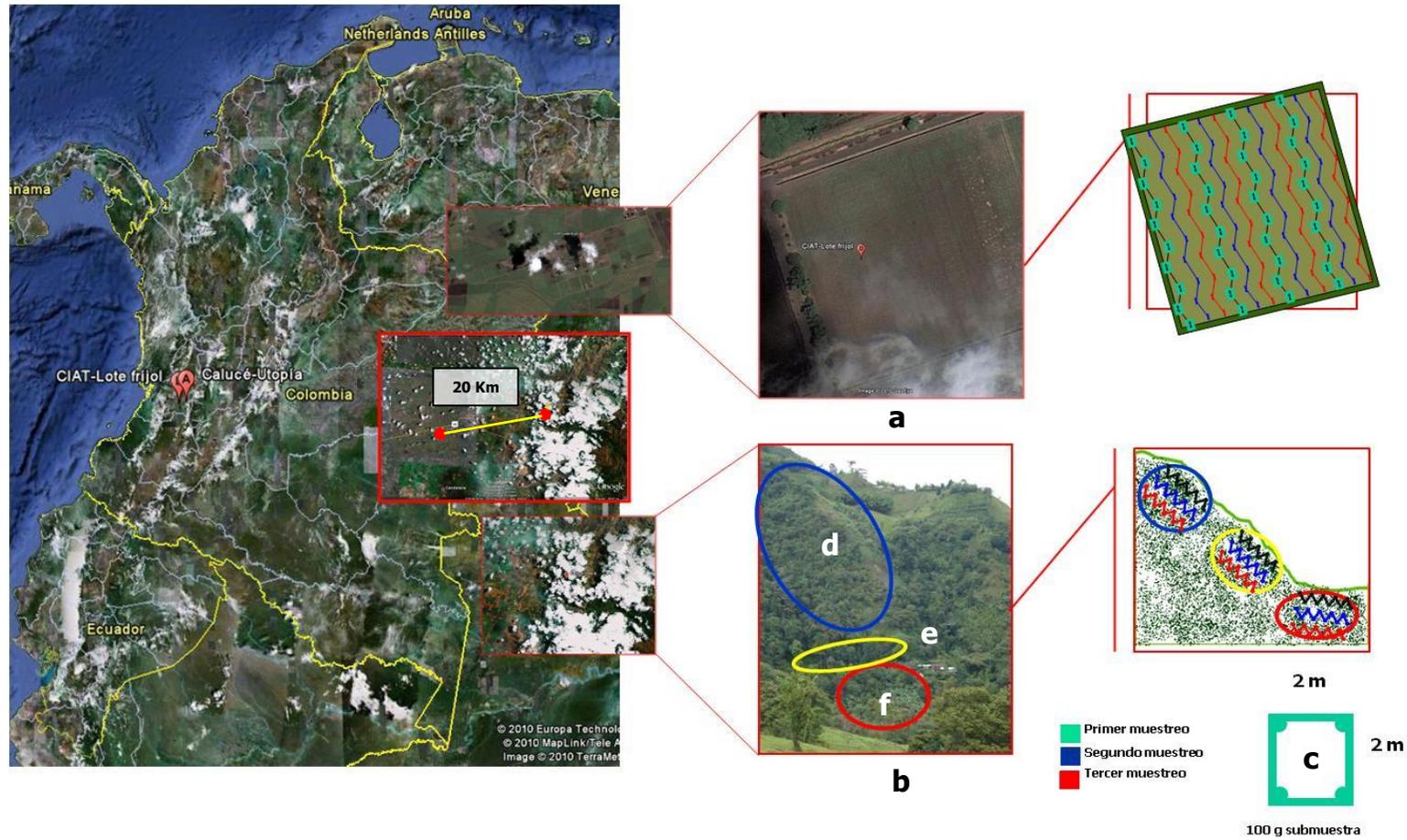


Figura 3. Esquema de muestreo en campos de Colombia (Valle del Cauca), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre. **a:** Campo CIAT, frijol; **b:** Palmira (Calucé); **c:** Cuadrantes de muestreo (submuestras); **d:** Bosque prístino; **e:** Ecotono; **f:** Cultivo plátano-Café.

Posteriormente las larvas se extrajeron del suelo y se colocaron en cajas de Petri (60 mm x 15 mm) sobre papel filtro, dejándolas en cámara de maduración y, posteriormente, se colocaron en “trampa White” modificada (Kaya y Stock 1997), hasta que los nematodos salieron de la larva y migraron al agua. Con los nematodos obtenidos se hicieron reinfecciones sobre larvas de *G. mellonella* (Postulados de Koch), lo que se verificó a los cinco días (**Fig. 5**). Posterior a esto se realizó la identificación, con base en las características morfológicas de los adultos.

1.3.5 Análisis de suelos: Este análisis se realizó en el laboratorio de Servicios Analíticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Se determinó materia orgánica (MO) (Espectrometría de Walkley-Black); pH (Agua 1:1) y textura (Bouyucos).

1.3.6 Análisis de información: Se realizó un análisis descriptivo en términos de porcentaje, representado por cada categoría; tomando número de individuos de cada categoría sobre el número de individuos totales; máximos y mínimos; promedios; desviación estándar; varianza; y, coeficiente de variación. Los criterios de selección fueron estados de desarrollo (hembra, macho y juveniles); familia (23); categoría c-p (1 a 5); grupo trófico (seis categorías: bacterióvoro, fungívoro, bacterióvoro-fungívoro, herbívoro, omnívoro y predador); tiempo de evaluación (antes del cultivo, durante y después de cosecha) condiciones del suelo (pH, MO y textura); para cuatro hábitats (bosque prístino, ecotono, cultivo café-plátano y cultivo de frijol) y todas sus posibles combinaciones. Para todo esto se usó el paquete estadístico SAS.

También se calcularon los índices de diversidad alfa de Shannon-Wiener (Krebs 1994), cuyos rangos de diversidad se encuentran entre 0 a 4; donde valores cercanos a 0 son considerados bajos, valores de 2 en rango medio y valores superiores a 2,5 altos; lo que se relaciona con los diferentes tipos de nematodos presentes en el suelo. Además se calculó el índice de dominancia de Simpson, la cual es una medida de cómo una especie puede dominar una comunidad; valores cercanos a 1 son dominantes y cercanos a 0 no

dominantes. Para el análisis de biodiversidad se usó el paquete estadístico PAST (Hammer *et al.* 2007). Además, por ser considerados grupos indicadores, se determinaron proporciones de fungívoros/bacterióvoros y de (fungívoros + bacterióvoros)/herbívoros. Por otra parte, se tuvieron en cuenta a dorylaimidos por su sensibilidad a desbalances en el suelo y por perderse su población cuando suceden disturbios en el suelo; éstos al encontrarse en porcentajes mayores del 25 % indican hábitats poco intervenidos (Sohlenius y Sandor 1987; Cares y Huang 1991).

Usando los valores c-p se determinó el índice de madurez (Bongers 1999). Con las taxas encontradas se calculó el índice de madurez mIM; el índice de madurez IM usando todos menos los herbívoros, donde valores menores o cercanos a 2 son hábitats con disturbio y de 2 a 4 cadenas tróficas de maduras a estables, con poco disturbio; y, el índice de herbívoros (PPI). Para todos estos cálculos se utilizó la fórmula:

$$\text{Sum } ((v_i) * (f_i))$$

donde:

v_i = valor c-p para la familia i (1 a 5).

f_i = frecuencia relativa de la familia i .

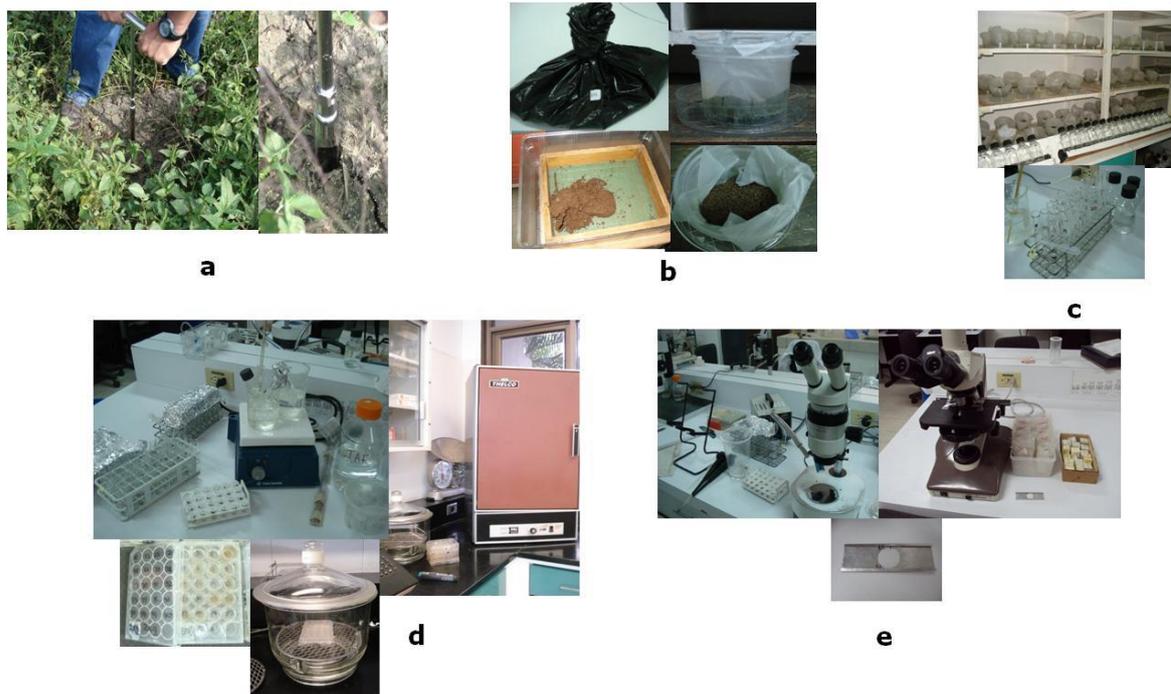


Figura 4. Método filtrado de papel para la extracción de nematodos. **a:** Colecta de suelo en campo con barrenos; **b:** Suelos en bolsas, traídos de campo, tamices de extracción; **c:** extracción en tamices y fijación en solución TAF; **d:** Fijación permanente en soluciones I y II, en horno; **e:** Montaje en láminas Cobb e identificación con microscopio.

También se realizó un análisis clúster, conocido como análisis de Conglomerados, taxonomía numérica o reconocimiento de patrones. Se trata de una técnica estadística multivariante cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos (cluster en inglés), de forma que los perfiles de los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo), y los de los objetos de clúster diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo). Este se usó para las familias por sitio, usando las similitudes, el índice de diversidad beta de Morisita-Horn, y los paquetes estadísticos Estimate 8,0 y PAST (Hammer *et al.* 2007), para comparar la abundancia relativa entre los taxa de dos comunidades. Una de las ventajas que tiene este índice es que es relativamente insensible al tamaño de muestra y la riqueza de especies y, es muy usado para datos de abundancia (Clements y Newman 2002). Este mismo índice se empleó para la comparación de los grupos tróficos encontrado en los cuatro hábitats, usando

en este caso el método de Ward, que tiene la ventaja de que las agrupaciones se unen de tal manera que el aumento de la varianza dentro del grupo se reduce al mínimo (Milligan 1980). Para esto se emplearon los mismos paquetes estadísticos y el mismo índice.

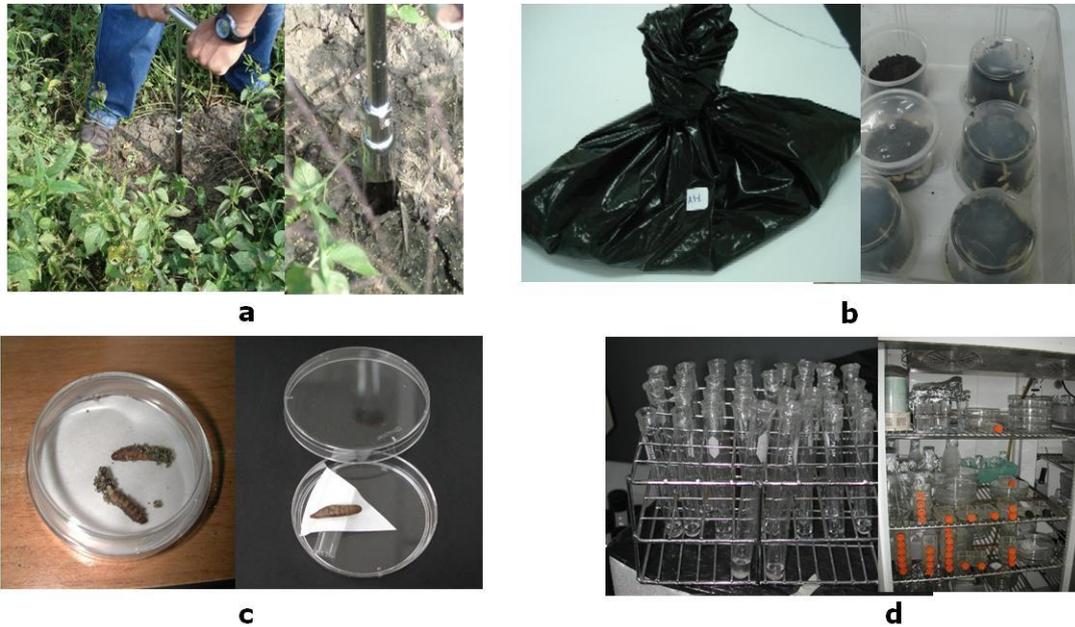


Figura 5. Extracción de nematodos entomoparásitos con insecto trampa (*G. mellonella*); **a:** Colecta de suelo en campo con barreno; **b:** Suelos en bolsa, recipientes con suelo y larvas del insecto trampa; **c:** Larvas infectadas en cámara de maduración y trampa *white*; **d:** Almacenamiento de nematodos identificados.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.4.1 Áreas de estudio: El hábitat **BP** presentó vegetación exclusiva del área, como son árboles altos y arbustos nativos (**Anexo 1**), además de grandes cantidades de materia orgánica procedente de la hojarasca caída en el suelo por muchos años.

El **E**, que posee una pendiente de 45 grados, ha sufrido deforestación por lo que se encuentran solo pastos y arvenses. Se han plantado árboles nativos que están aún pequeños. Por último, en la parte baja, se encuentra el cultivo intercalado (**BC**), sin tratamiento químico solo con incorporación de gallinaza al suelo, la cual es usada como fuente de nitrógeno. El aporte consiste en mejorar

las características de la fertilidad del suelo con nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

Respecto al cultivo de frijol (**FC**), en CIAT, el lote evaluado ha permanecido por más de 20 años con el mismo cultivo; sometido al uso de insecticidas, fungicidas, herbicidas, mecanización agrícola, entre otros (**Anexo 2**). Este lote es un terreno plano con riego por gravedad; lo que se vio reflejado en las características de suelo analizadas y las bajas poblaciones de nematodos encontradas en este estudio. Ambientes de monocultivo y cultivos intensivos pueden destruir el hábitat de diversas especies y favorecer la erosión, al ser un monocultivo monovarietal, favorece la pérdida de biodiversidad, al haber homogeneidad genética igualmente, el cultivo es vulnerable a plagas especializadas; y, el uso de fitosanitarios sin duda contamina el suelo y elimina organismos benéficos como lo demuestra la extensa literatura científica.

El análisis de suelos de estas dos zonas muestra dos clases de texturas: franco arcillosa (FrA) para la Finca la Utopía en sus tres ambientes (**BP**, **E** y **BC**) y textura franco limosa (FrL) en la zona **FC**, donde se presenta la menor abundancia de las dos Clases de nematodos de vida libre encontradas (**Anexo 3**).

Se tomaron datos *in situ* en los tres muestreos, con los cuales se determinaron valores promedio para temperatura ambiental, del suelo, y la Humedad Relativa (H.R.); encontrándose que la humedad más alta correspondió al **BP**, así como la temperatura más baja; presentando este sitio variaciones mínimas entre los hábitats **E** y **BC**. El **FC** presentó las mayores temperaturas y la menor Humedad Relativa (**Anexo 4**).

En este primer semestre del 2008, se presentaron lluvias más frecuentes de lo normal, el promedio de precipitación fue mayor que en años anteriores en los dos sitios; la H. R. y la temperatura permanecieron constantes durante todo el tiempo en que se realizaron los muestreos (**Anexo 5**).

El pH en los dos sitios mostró diferencias, encontrándose para **FC** el mayor valor (más básico), pH típico de suelos agrícolas. Igualmente se encontró en este ambiente el menor porcentaje de materia orgánica (MO); asociando estos resultados con el menor número de nematodos encontrados en este hábitat, pues se observó en menor número los órdenes Dorylaimida y Enoplia, los cuales son predadores; y, en mayor cantidad, Aerolaimida. Estos resultados se deberían a que las actividades agrícolas tienden a favorecer una proporción alta de nematodos parásitos de plantas y a disminuir la diversidad y abundancia de sus depredadores (Kimpinski y Sturz 2003; van Bruggen y Termorshuizen 2003). Para la finca Utopía se presentaron valores ligeramente ácidos, lo que podría deberse a la acumulación de gran cantidad de materia orgánica en descomposición, la cual supera el 40 %, por lo que se lo considera un suelo orgánico que brinda más alimento a los organismos que habitan el mismo. La materia orgánica es mayor en los bosques que en los campos cultivados; esto debido a los árboles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, modificando las características físicas del suelo por la adición de hojarasca, raíces y tallos que incrementan los niveles de materia orgánica (Fassbender y Bornermisza 1987; Fassbender 1993) (**Tabla 1; Anexo 3**).

En la Finca Utopía, donde los rangos de pH son ligeramente ácidos, se presentó el mayor número de individuos de los ocho órdenes encontrados; igual a lo observado por Leguizamó (2005). La textura de los dos sitios muestra para **FC**, un suelo franco limoso, lo que produciría una mayor filtración que afectaría a las poblaciones de nematodos que encontradas allí, frente a un tipo franco arcilloso que presenta una filtración más lenta, reteniendo organismos en el suelo (**Anexo 3**).

1.4.2 Identificación de nematodos: Se identificó el 25 % de las muestras colectadas; resultando 3 217 nematodos de vida libre, clasificados en 23 familias, ocho órdenes y dos clases. Predominaron siempre los estados juveniles frente a los adultos (2:1); y, se encontraron más hembras que machos (5:1). Esto es explicable ya que en la mayoría de casos los estados juveniles son lo que se desplazan, son de vida libre y los encargados de parasitar. Las hembras como en

la mayoría de seres vivos son las encargadas de multiplicar las especies por lo cual se encuentran en mayor proporción (**Fig. 6**).

1.4.2.1 Clases y órdenes: Como se mencionó, se identificaron dos clases, la Adenophorea con cinco órdenes de nematodos, siendo más abundante el Dorylaimida (972), cinco veces más que Mononchida (208) y Enoplia (183); y, en menor cantidad Aerolaimida (50) y Monysterida (28). En la Clase Secernentea, se identificaron tres órdenes, siendo el Rhabditida el más abundante (997), en más del doble que los Tylenchida (450) y aún más que Aphelenchida (329) (**Fig. 7**).

En estudios previos se determinó que la clase Adenophorea es propia de bosques prístinos y que posiblemente favorecen la estructura trófica con representantes como Dorylaimidos, que fueron los más abundantes; éstos se presentan en mayor número en áreas con bajas condiciones de disturbio (Sohlenius y Wasilewska 1984); mientras que la clase Secernentea donde predomina el orden Rhabditida, es más propia de ecosistemas cultivados, con coberturas vegetales menos densas y menos grupos tróficos, en este estudio no se presentó esta tendencia, lo que podría mostrar en todos los ambientes un grado de intervención (Papamija *et al.* 2002; Leguízamo 2005) (**Fig. 8**).

En los hábitats, el mayor número de nematodos se encontró en la finca Utopía frente a CIAT, destacándose **BP** y **BC** con la mayor cantidad de nematodos (974 y 937, respectivamente). El **E** presentó una leve disminución que podría atribuirse a que este terreno posee una pendiente pronunciada, con pobre cobertura vegetal y sin árboles, características que eran abundantes en los otros dos hábitats; el **BP** es el que posee mayor porcentaje de nematodos, que puede deberse a las condiciones físicas y químicas del suelo y a la cobertura vegetal; en contraposición con el hábitat cultivado **FC**, el cual ha sido sometido a manejo agronómico intensivo, con bajo contenido de material orgánica y poca cobertura vegetal (Bongers y Bongers 1998; Leguízamo 2005) (**Fig. 9**).

Tabla 1. Características del suelo en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), relacionados con el número de individuos de nematodos de vida libre.

Clase	Orden	BP		E		BC		FC	
		pH	5,1	pH	5,2	pH	5,6	pH	7,6
		MO (%)	60,1	MO (%)	58,9	MO (%)	54,4	MO (%)	27,67
		Textura	Franco arcilloso	Textura	Franco arcilloso	Textura	Franco arcilloso	Textura	Franco limoso
	Rhabditida		290		211		297		199
Secernentea	Tylenchida		131		128		122		69
	Aphelenchida		120		56		138		15
	Dorylaimida		307		252		262		151
	Enoplia		65		54		42		22
Adenophorea	Mononchida		47		81		57		23
	Aerolaimida		10		4		13		23
	Monhysterida		4		8		6		10
Totales			974		794		937		512

BP: bosque prístino; E: Ecotono; BC: cultivo Banano-Café; FC: cultivo Fríjol-CIAT; pH: valor de acidez; MO: materia orgánica.

En el hábitat **FC**, se observó que el número de individuos de la clase Secernentea (289) fue mayor que la de Adenophorea (229), lo que podría sustentar lo encontrado por Zullini (1976), quien afirma que los miembros de la subclase Secernentea generalmente son menos sensibles a los contaminantes y otras alteraciones que los miembros de la subclase Adenophorea. Pero como ya se mencionó en el **BP** y **BC** la tendencia fue igual lo que no es coherente con lo encontrado por Zullini.

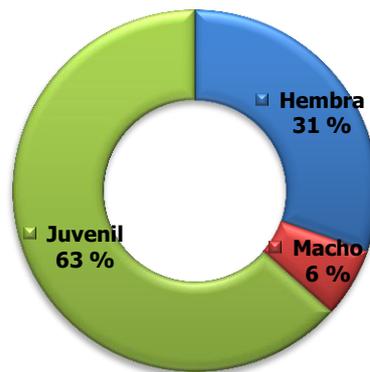


Figura 6. Estados de desarrollo de nematodos de vida libre encontrados en muestreos en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

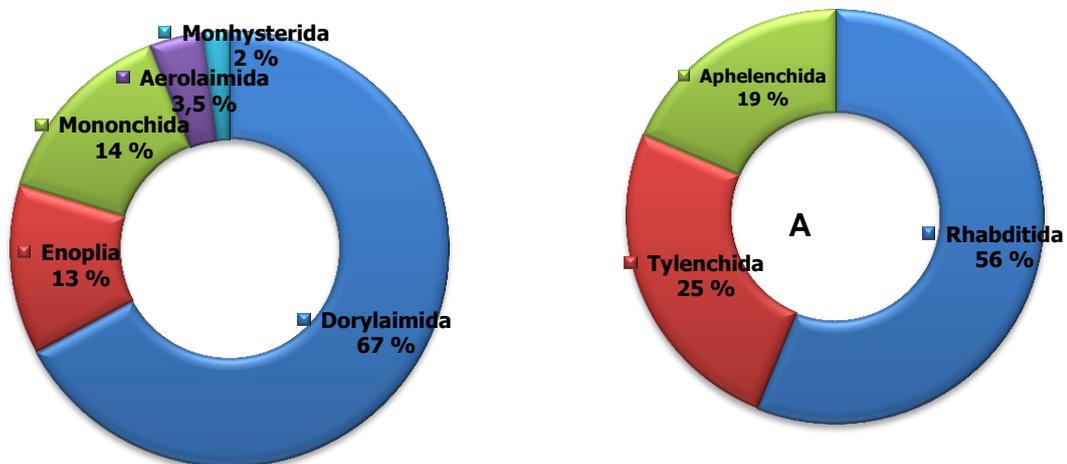


Figura 7. Clases de nematodos de vida libre identificados con su respectivos órdenes, encontrados en muestreos en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT). **A.** Adenophorea; **B.** Secernentea.

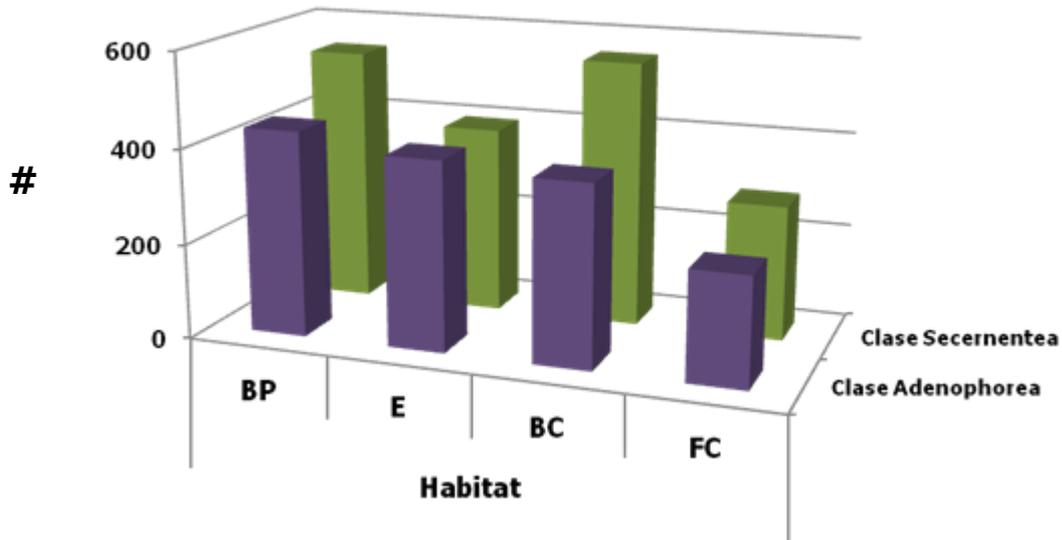


Figura 8. Comparación de cuatro hábitats (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT) frente a las Clases de nematodo identificados.

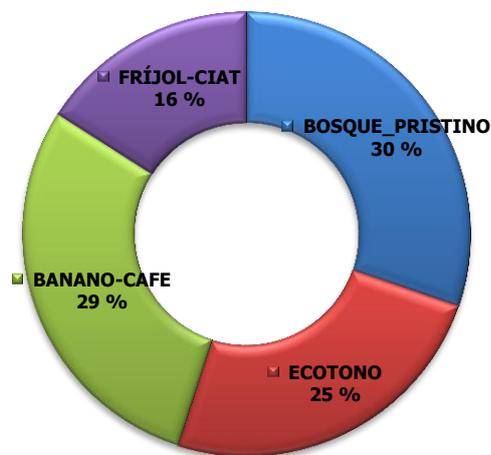


Figura 9. Porcentaje de nematodos identificados en cuatro hábitats, en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

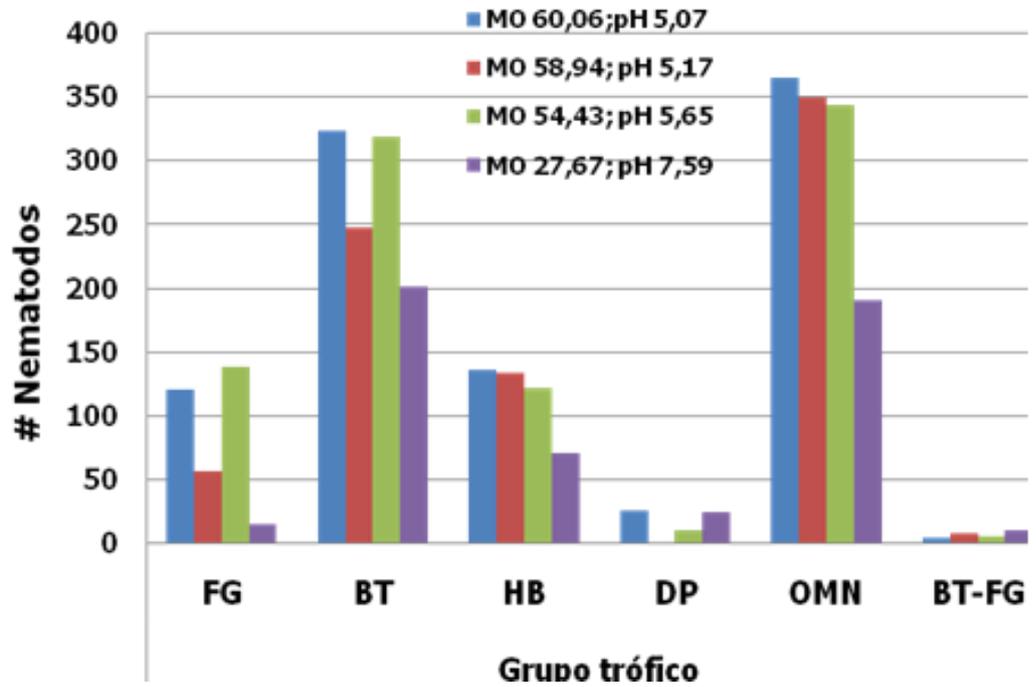
1.4.2.2 Familias: Se encontraron 23 familias en los cuatro hábitats, siendo las más abundantes Dorylaimidae (473), Rhabditidae (456), Qudisionematidae (382) Hoplolaimidae (360) y Aphelenchidae (291); el **BP** tuvo 30,3 % de las familias; el **E** el 24,7; el **BC** el 29,1 %; y, con el menor porcentaje, el hábitat cultivado **FC** con sólo el 16 %.

Nematodos de la familia Dorylaimidae, particularmente sensibles a las perturbaciones de ambientes con suelos franco arcillosos, para **FC** presentó el menor número de familias; una familia importante por presentar la mayor proporción, fue Longidoridae, la cual pudo estar influenciada por las prácticas agrícolas intensivas que sufre este ambiente (Bongers 1999; Ferris *et al.* 2004; Leguízamo 2005) (**Fig. 10; Anexo 6**).

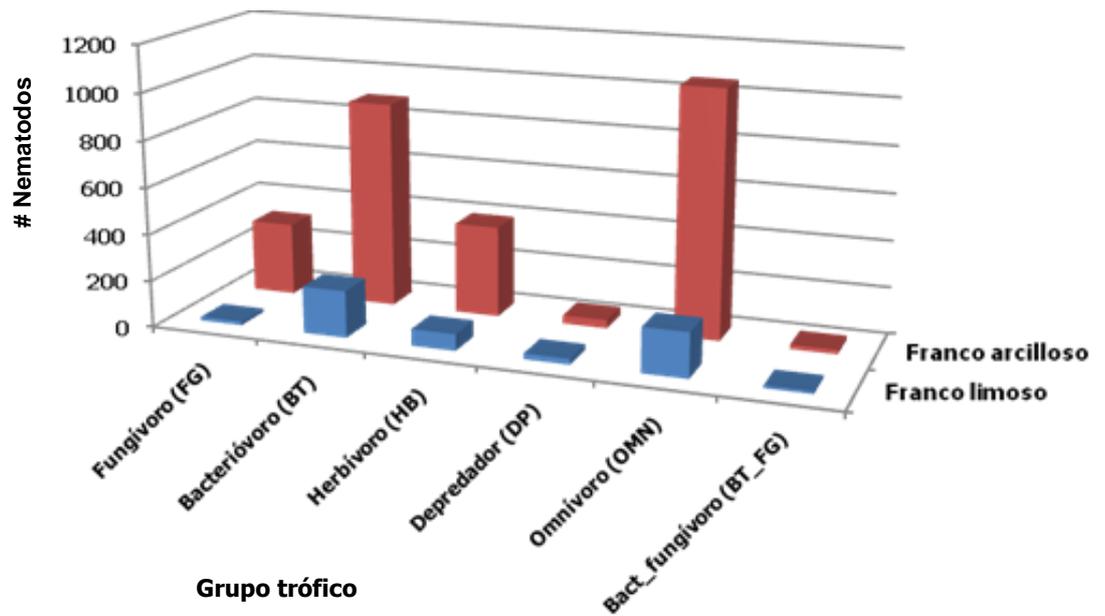
Las familias Rhabditidae, es de los primeros nematodos en colonizar el estiércol (Sachs 1950), en el hábitat **BC**, se presentó el uno de los mayores números, con relación a otros ambientes (**E, FC**), lo que podría explicarse, por el hecho de que en este terreno se aplica de gallinaza como abono frecuente.

En el **BP** se encontraron todas las familias identificadas (23), mientras que en el **E** (21), en **BC** (20) y en **FC** (19). En **BP** las familias más abundantes fueron Rhabditidae, Dorylaimidae y Qudisionematidae; mientras que en **E** y **BC** fue Dorylaimidae; por otra parte en **FC** predominó la familia Rhabditidae. La familia Diploscapteridae solo se encontró en el **BP**. De forma general **BP** fue el hábitat con mayor diversidad y abundancia de nematodos (**Fig. 11; Anexo 7**).

En el análisis clúster los ambientes más cercanos en cuanto a las familias encontrada fueron el **BP** y **BC** (0,97), alejándose de ellos un poco el **E** (0,94), esto se podría explicar ya que el **E**, a pesar que se encuentra en el mismo sitio, posee condiciones de cobertura vegetal y pendiente muy diferente. A mayor distancia se encuentra el **FC** (0,88), lo cual era de esperarse ya que este hábitat es el que estuvo sometido a condiciones ambientales y de manejo más extremas, con poca cobertura vegetal y procesos de compactación continua, lo cual se refleja en las condiciones del suelo, disminuyendo la movilidad y dispersión de las poblaciones de microorganismos (Leguízamo 2005) (**Fig. 12**).



A



B

Figura 10. Número de nematodos en sus respectivos grupos tróficos, relacionado con el análisis del suelo de cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo fríjol-CIAT). **A.** Materia Orgánica (%) y pH; **B.** Textura.

Al comparar los tres muestreos hechos en el tiempo, los porcentajes de nematodos encontrados no variaron significativamente, dando confiabilidad a los

resultados encontrados por la conservación de las condiciones ambientales, muy constantes durante este semestre (**Fig.13; Anexo 5**).

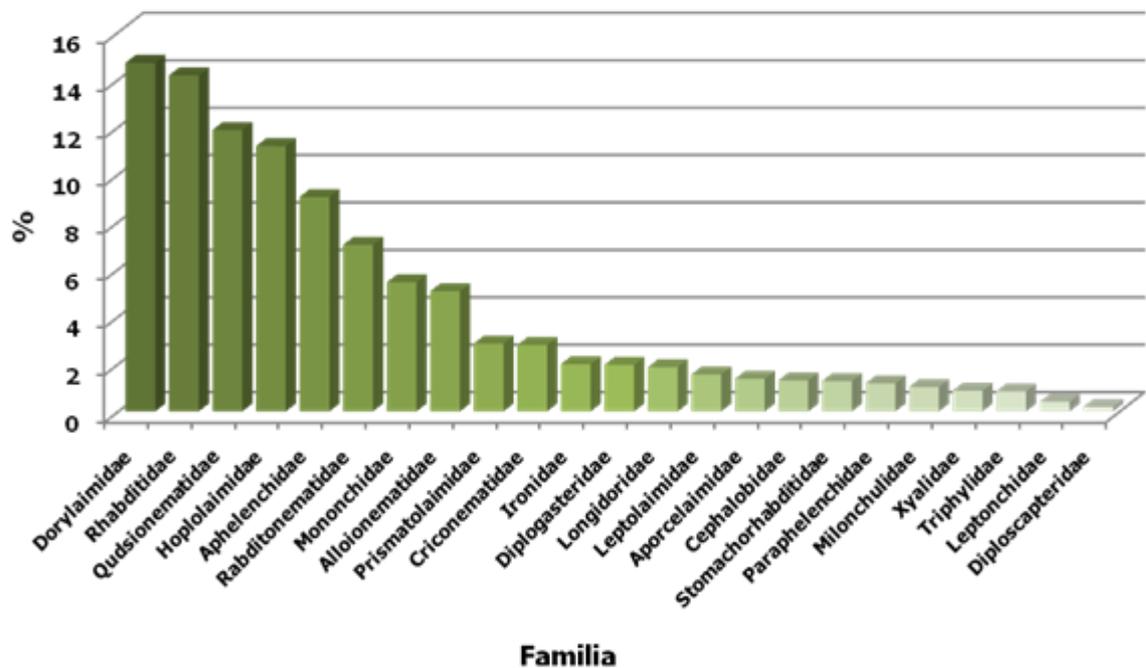


Figura 11. Porcentaje de familias identificadas en los muestreos realizados en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

1.4.2.3 Grupos tróficos: Se discriminaron seis grupos tróficos: predador, fungívoro, herbívoro, bacteriívoro y omnívoro. Estos grupos se categorizaron en altos porcentajes para bacteriívoro y omnívoro; medios para herbívoro y fungívoro; y, los más bajos para predador y bacteriívoro-fungívoro (**Fig. 14**).

El **BP** presentó el mayor número de omnívoros, organismos típicos de hábitat sin mayor perturbación, seguidos por el **E** y **BC**; el grupo siguiente en cantidad de nematodos fue el bacteriívoro, mayor para el **BP**, disminuyendo gradualmente para el **BC**, **E** y **CF** y, en menor número, los bacteriívoro-fungívoro en los cuatro ambientes; y, por último, no se encontraron predadores en el **E** (**Fig. 15**). Según lo encontrado por Yeates y Bird (1994), en ambientes de monocultivo predominó los herbívoros y se presentaron

bajos porcentajes de bacteriívoros, esto además del hábito de los cultivos pudo verse afectado por la labranza y la estructura del suelo.

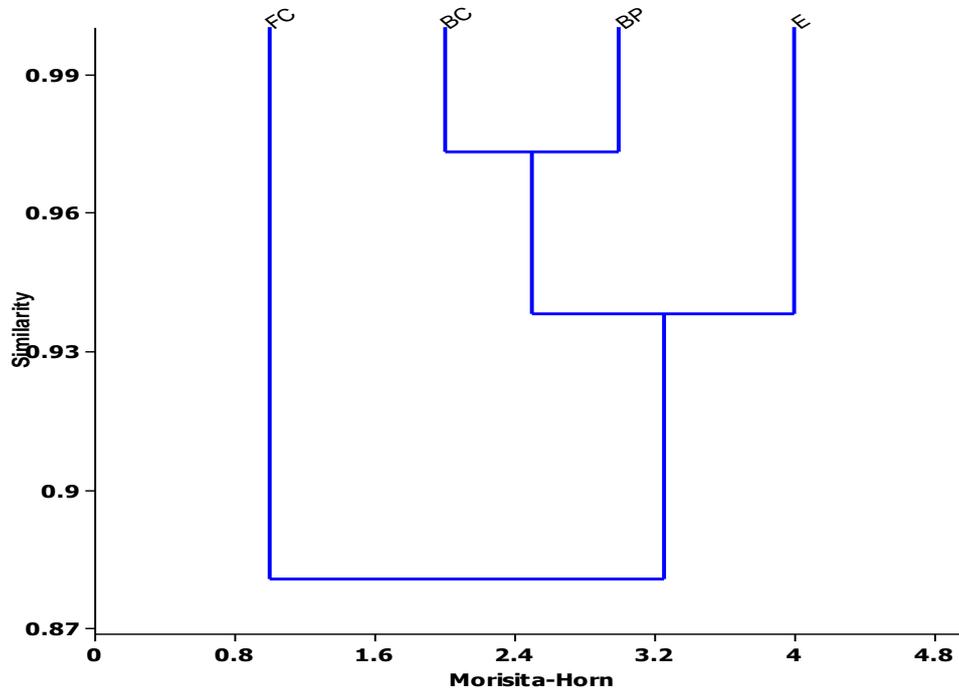


Figura 12. Clúster de la distribución de nematodos por familias en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT).

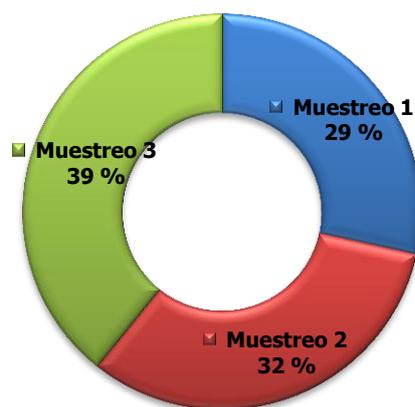


Figura 13. Porcentaje de nematodos colectados en tres épocas de muestreo (1=antes de siembra; 2=2 meses después; 3=4 meses después de la siembra), en cuatro hábitats en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

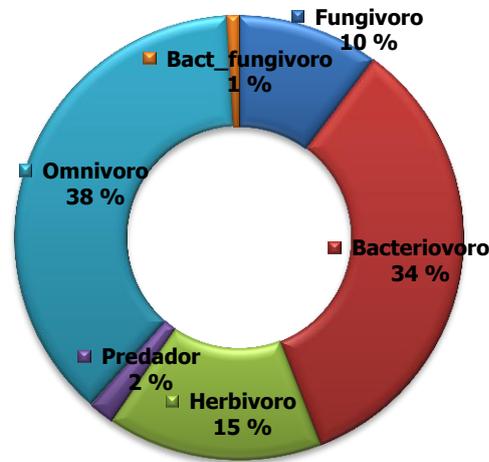


Figura 14. Grupos tróficos presentes en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

Las familias identificadas fueron clasificadas según su grupo trófico y valor **c-p** (1 a 5). El mayor número de familias quedaron agrupadas en los grupos de omnívoros y bacteriívoros (**Fig. 16**). Dentro de un mismo grupo trófico se encuentran diferentes valores **c-p**: **c-p1**, los cuales subsisten fácilmente a disturbios en el suelo frente a los que se ubican en **c-p5**, que son mucho más sensibles a disturbios, en estos se ubican familias como Dorylaimidae la cual se encontró en mayor número en **BP** y **BC**, y en menor cantidad en el **FC** (Yeates *et al.* 1993; Yeates *et al.* 1994; Schouten *et al.* 1998; Neher *et al.* 2004; Azpilicueta *et al.* 2008; Leguízamo y Parada 2008) (**Anexo 8**). Esto se explica por el hecho de que en suelos agrícolas como el **FC**, la diversidad en grupos tróficos representa una disminución de la abundancia de fungívoros, omnívoros y predadores y en un aumento de la abundancia de bacteriívoros y herbívoros (Neher 2001; Kimpinski y Sturz 2003).

En el análisis clúster realizado, se observó que los ambientes más cercanos de acuerdo al grupo trófico fueron **BP** y **BC** (0,99), seguidos del **E** (0,96); mientras que el **FC** estuvo más alejado (0,93) (**Fig. 17**).

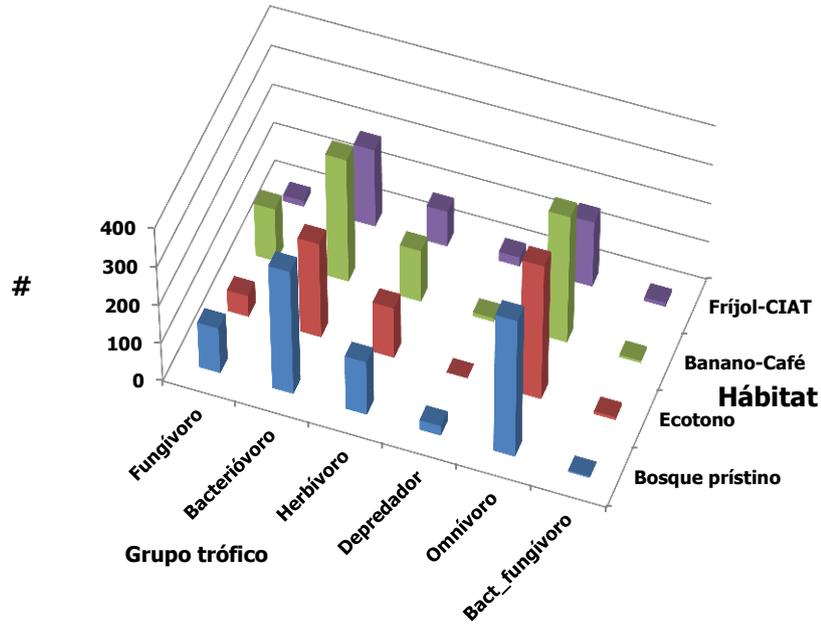


Figura 15. Número de nematodos agrupados por grupos tróficos en cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo fríjol-CIAT).

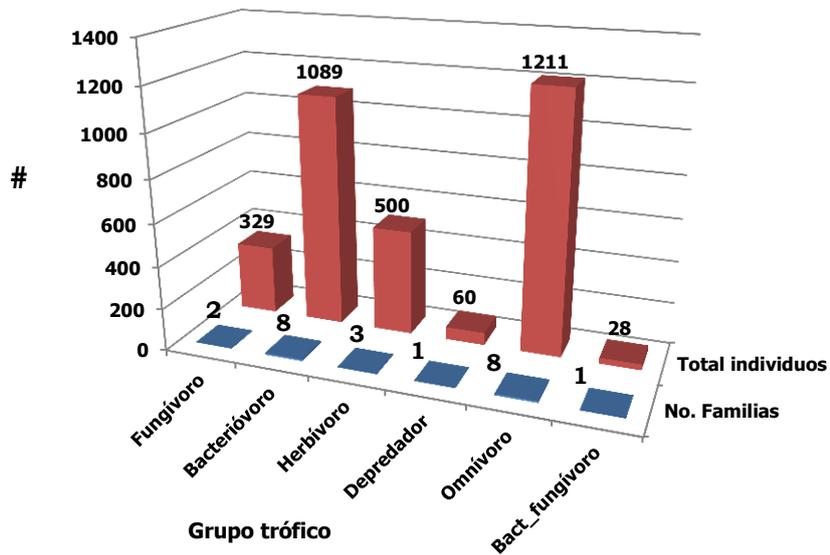


Figura 16. Número de familias e individuos por grupo tróficos en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo fríjol-CIAT).

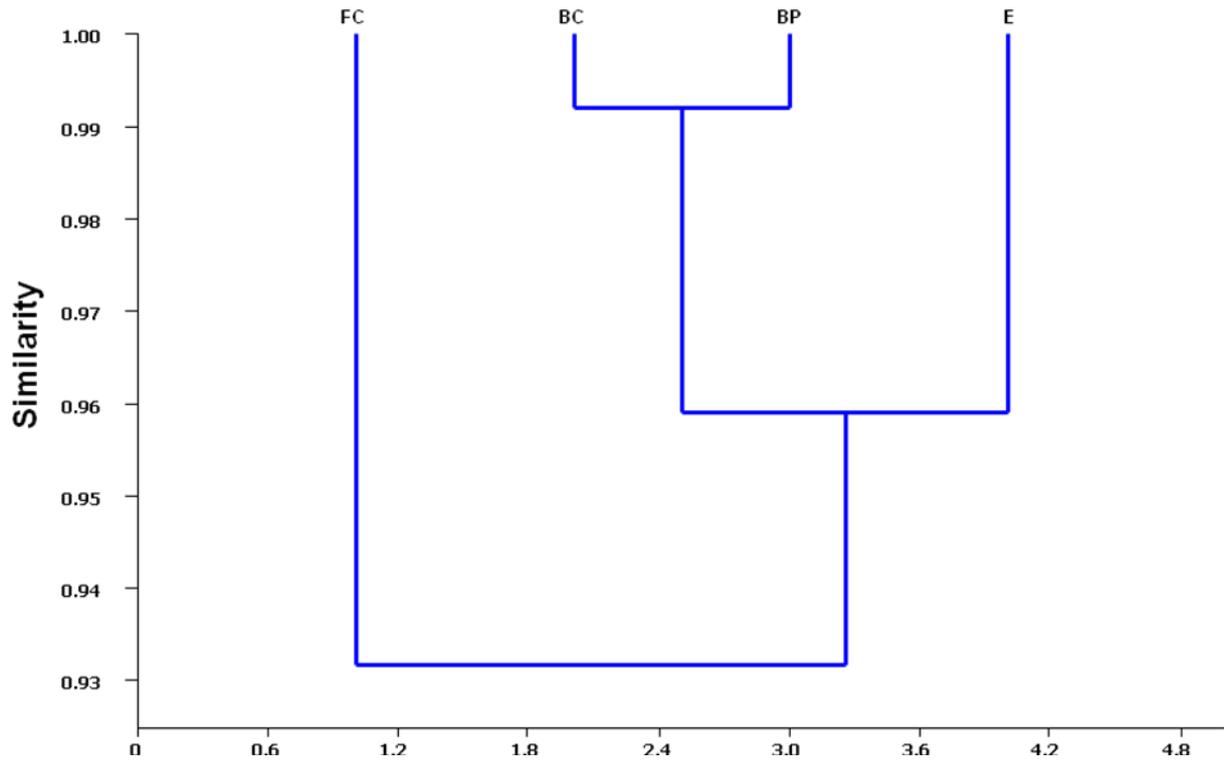


Figura 17. Clúster de la distribución de nematodos por grupos tróficos en los cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT).

1.4.3 Análisis de biodiversidad: En el análisis de los índices poblacionales se observa que en el **BP** se encontró el mayor número de individuos, seguido por **BC**; y, presentando la menor cantidad, el hábitat cultivado **FC**, el cual también presentó el menor número de familias; lo que era de esperarse frente a la mayor diversidad en ambientes prístinos (**Tabla 2**).

El índice de dominancia muestra valores más altos donde hay mayor intervención (Salguero 2006), lo que coincide con lo encontrado en el ambiente **FC**.

La medida de índices como el de diversidad y madurez, describen la estructura de la comunidad para nematodos e indican la condición de la salud de suelos; es una importante información acerca del rango de organismos en

la cadena alimenticia del suelo y puede servir como componente integral para evaluar características tales como biodiversidad de sistemas (Neher y Campbell 1996).

Los valores mayores en este caso se presentaron para **BP** y los menores para **FC** (**Tabla 2**), siendo los ambientes extremos en manejo y vegetación, valores superiores a 2,5 altos para el índice de Shannon-Wiener, como lo que se encontró para la finca la Utopía en todos sus ambientes (**BP**; **E** y **BC**). Esto indica que son los sitios de mayor riqueza de familias y de mayor abundancia. En el caso del índice de Simpson, éste expresa, que los valores cercanos a 1 son dominantes para una familia en una comunidad (Krebs 1994); en este caso están muy cercanos entre sí, haciendo diferencia entre los dos sitios La finca la Utopía y CIAT.

Con relación a los índices de madurez (**mIM** e **IM**), los valores mayores se presentan en **BP**; para **mIM** está entre 2 a 4, lo que lo describe como de estable a con poco disturbado; para el **IM**. Con estos índices se podría deducir que estos suelos están en condiciones de disturbio e intervención, pero el que se presenta como más inestable es el cultivado (**FC**). Parada y Leguízamo (2004), encontraron en un Bosque Natural Chingaza, cercano a Bogotá, un valor de $IM=4,0$ lo que muestra que el sitio evaluado en este trabajo posee un disturbio moderado y una cadena trófica de baja estabilidad (Leguízamo 2005) (**Tabla 2**).

La proporción **F/B**, mostró mayor cantidad de bacterióvoros para todos los ambientes, siendo **BC** y **BP**, las áreas con mayores valores, tal vez porque estos organismos se ven beneficiados por la materia orgánica del suelo, proveniente de la hojarasca del bosque y la incorporación de gallinaza en **BC**. Por otra parte, la menor cantidad registrada en los otros ambientes, podría deberse a la pérdida de vegetación y a la compactación del suelo, lo cual dificulta la movilidad y dispersión de los nematodos (Leguízamo 2005). Resultados similares se presentan para **(F+B)/PP**, en este la cantidad de herbívoros fue menor para **FC** y **E**. probablemente por el manejo y el tipo de vegetación presente (**Tabla 2**).

El índice de **PPI**, o herbívoros se presentaron en menor proporción en **FC**, como se explicó anteriormente, en este caso la disponibilidad de alimento fue poca, considerando el manejo del cultivo, en el cual el uso de herbicidas fue constante durante el ciclo del cultivo.

Como lo reportado por Leguizamó (2005), el porcentaje de dorylaimidos fue bajo, ya que, porcentajes mayores al 25 %, se consideran de poca intervención. El mayor porcentaje se presentó en **E**. El menor porcentaje se presenta para **FC**, lo que se esperaba, considerando que es el ambiente más intervenido; este grupo de nematodos es muy usado por considerarse indicador de hábitats con disturbio (Sohlenius y Wasilewska 1984) (**Tabla 2**).

Tabla 2. Índices calculados para estudiar la comunidad de nematodos de vida libre en cuatro ambientes en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

Índices	BP	E	BC	FC
Familias	23	21	20	19
Individuos	974	794	937	512
Índice de diversidad de Shannon-Weiner (H')	2.672	2.622	2.530	2.456
Índice de Simpson (Dominancia)	0.910	0.908	0.901	0.891
mIM	2.021	1.834	1.772	1.834
IM	1.772	1.585	1.523	1.585
PPI	0.22	0.225	0.21	0.14
F/B	0.379	0.251	0.444	0.118
(F+B/PP)	3.170	2.356	3.422	2.457
% Dorylaimidos	13.963	16.877	14.941	12.305

IM: índice de madurez modificado (sin tener en cuenta herbívoros); **mIM:** índice de madurez total; **PPI:** parásitos de plantas; **BP:** bosque prístino; **E:** ecotono; **BC:** cultivo banano-café; **FC:** cultivo frijol-CIAT.

1.4.4 Colección de nematodos entomoparásitos: En las muestras evaluadas se reporta un nematodo entomoparásito, perteneciente a la familia Steinernematidae Chitwood y Chitwood (1937); el cual se identificó por morfología como *Steinernema* sp. Travassos 1927 (**Anexo 9**); género que posee alrededor de 30 especies, estos son parásitos obligados de insectos. Los infectivos juveniles llevan una bacteria simbiote en la parte anterior de su

intestino, la cual es la que produce la infección en el huésped, se necesitan machos y hembras para su reproducción (Parada 2002).

Para certificar su entomofagia se aplicaron los postulados de Koch, resultando positivo. Además se identificó la bacteria simbiote asociada a este nematodo como *Xenorhabdus bovienii*, esta identificación se hizo en el laboratorio de microbiología de la Universidad Javeriana de Bogotá; esta bacteria se encuentra asociada exclusivamente a la especie *S. carpocapsae* (Weiser 1955) (Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding 1982), lo que podría concluir que esta especie fue la identificada, esta se ha reportado previamente en Colombia, en el departamento de Cundinamarca (Choachí y Carmen de Carupa) (Parada 2001a) (**Figura 18**).

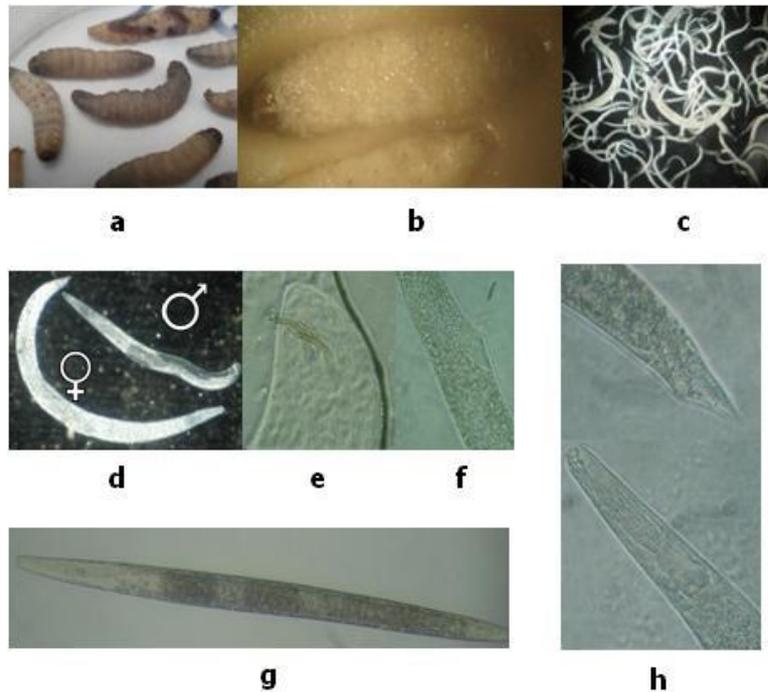


Figura 18. Nematodo entomoparásito encontrado e identificado (*Steinernema* pos. *carpocapsae*) en muestreos en el Valle del Cauca, Finca La Utopía, en el cultivo de Banano-Café (BC); **a**: Síntomas en larvas de *G. mellonella* infectadas con el nematodo; **b**: Larvas con nematodos saliendo; **c**. Estado adultos e inmaduros; **d**: Hembra y macho; **e**: Macho con espículas; **f**: Vulva en hembra; **g**: Infeccioso Juvenil (IJ); **h**: Cola y esófago típico del grupo.

1.5 CONCLUSIONES

En el análisis de las muestras predominaron los estados juveniles frente a los adultos (2:1), encontrándose más hembras que machos.

Se identificaron dos clases de nematodos, Secernentea con tres órdenes y Adenophorea, con cinco.

Los porcentajes de nematodos encontrados no variaron significativamente al comparar los tres muestreos en el tiempo.

De 23 familias halladas en los cuatro hábitats, las más abundantes, en orden descendente, fueron Dorylaimidae, Rhabditidae, Qudisionematidae, Hoplolaimidae y Aphelenchidae.

Se discriminaron seis grupos tróficos: predador, fungívoro, herbívoro, bacteriívoro, bacteriívoro- fungívoro y omnívoro. El grupo trófico omnívoro presentó el mayor porcentaje de nematodos y, en contraposición, el bacteriívoro-fungívoro, el menor.

Según su grupo trófico y valor **c-p**; el mayor número de familias se agrupan en omnívoros y bacteriívoros. Los nematodos clasificados como **c-p1**, subsisten fácilmente a disturbios en el suelo y los **c-p5**, son más sensibles a disturbios.

En este estudio el hábitat con menos disturbio (**BP**) fue el que presentó mayor diversidad, en oposición al cultivado (**FC**), el cual tuvo la menor. Conforme mayor intervención hubo recibido el suelo se observó que el pH pasó de ácido a ligeramente alcalino y, el contenido de materia orgánica disminuyó del hábitat natural, poco intervenido al cultivado.

Se halló un nematodo entomoparásito en las muestras evaluadas de los tres sitios, específicamente en el ambiente **BC**; y, según los estudios fue

identificado como *Steinernema* pos. *carpocapsae* el cual ya ha sido reportado en Colombia.

De los resultados encontrados se puede concluir que la fauna de nematodos posee una alta biodiversidad en los sitios muestreados.

1.6 RECOMENDACIONES

Trabajos de biodiversidad de nematodos de vida libre en esta zona del país no se habían reportado previamente, por lo que se deben realizar más estudios tendientes a conocer las poblaciones de estos organismos; planteándose cómo los cambios que se están dando en las condiciones ambientales actuales, están afectando las poblaciones de nematodos.

Estos cambios podrían ser imperceptibles si no se conoce cómo se encuentra esta diversidad en la actualidad, ya que la falta de estudios en esta área, no permite tener un punto de comparación. El cómo ocurren estos procesos puede afectar las poblaciones de organismos, que están cumpliendo procesos en el suelo que permiten su equilibrio químico biológico, lo que se reflejará en el resto de los seres vivos que sustentamos nuestra existencia en el suelo.

2. LOS NEMATODOS COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE)



RESUMEN

Los nematodos entomoparásitos *Steinernema riobrave* Cabanillas, Poinar & Raulston (*Sr*, EUA); *S. carpocapsae* Weiser (*Sc*, EUA); *S. feltiae* Filipjev (*Sf*, Colombia) y *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (*Hb1*: Italia, *Hb2*: Colombia y *Hb3*: Alemania), fueron evaluados como controladores biológico de las chisas *Phyllophaga menetriesi* Blanchard y *P. bicolor* (Moser). Larvas 3 de cuatro semanas de las dos especies mostraron en un primer experimento mayor infección y mortalidad para *P. bicolor*, y, comparando los aislamientos, los steinernemátidos (infección promedio= 19,79 % y mortalidad= 9,89 %) fueron menos virulentos que los de *H. bacteriophora* (infección media= 65,10 % y mortalidad= 46,87 %). En un segundo experimento *P. menetriesi* frente a cuatro aislamientos *Steinernema feltiae* (*Sf*) de Colombia y tres aislamientos de *H. bacteriophora* de Italia (*Hb1*), Colombia (*Hb2*) y Alemania (*Hb3*), donde el mayor porcentaje de mortalidad e infección fue para el aislamiento de Colombia (Inf = 29,2 %; mortalidad = 16,7% respectivamente). En un tercer experimento larvas 3 de seis y nueve semanas de *P. menetriesi*, fueron evaluados con cuatro aislamientos, dos nematodos nativos (*Sf* y *Hb2*) y dos introducidos (*Hb1* y *Hb3*), siendo *Hb2* el más virulento (infección = 29,17 %; mortalidad = 16,67 %); estos resultados muestran cómo *P. menetriesi*, es una especie muy difícil de combatir en este estado de desarrollo, lo que plantea buscar otras alternativas para aprovechar eficientemente a los entomoparásitos, como el momento de su aplicación, entre otras adecuaciones.

Palabras clave: Entomoparásitos; *Phyllophaga*; *Heterorhabditis*; *Steinernema*.

SUMMARY

The entomoparasite nematodes *Steinernema riobrave* Cabanillas, Poinar & Raulston (Sr, EUA); *S. carpocapsae* Weiser (Sc, EUA); *S. feltiae* Filipjev (Sf, Colombia) and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Hb1: Italia, Hb2: Colombia and Hb3: Germany), were evaluated as biological control agents of the white grub species *Phyllophaga menetriesi* Blanchard and *P. bicolor* (Moser). Three larvae of four weeks age of the two species in a first experiment showed the highest infection and mortality values for *P. bicolor*, in comparing the nematode isolates. The steinernematids (average infection = 19,79 % and mortality = 9,89 %) were less virulent than *H. bacteriophora* (average infection = 65,10 % and mortality = 46,87 %). In a second experiment *P. menetriesi* against four strains *S. feltiae* (Sf) from Colombia and three isolates of *H. bacteriophora* of Italy (Hb1), Colombia (Hb2) and Germany (Hb3), where the highest mortality and infection was to isolate Colombia (Inf = 29,2 %, mortality = 16,7 %, respectively). In a third experiment larvae of six and nine weeks age of *P. menetriesi* were evaluated with four nematode isolates, two natives (Sf y Hb2) and two introduced (Hb1 y Hb3), Hb2, being the most virulent (average infection= 29,17 %; mortality= 16,67 %); this showed that *P. menetriesi*, is difficult to control in this stage of development, making it necessary to search for alternatives of application methods in order to improve the efficiency of these entomoparasites.

Key words: Entomoparasites; *Phyllophaga*; *Heterorhabditis*; *Steinernema*.

2.1 JUSTIFICACIÓN

Las primeras fases de los estudios de control biológico incluyen una investigación básica sobre los aspectos fundamentales de taxonomía, biología, fisiología, genética, ecología y demografía, comportamiento, métodos culturales y nutrición de los organismos biocontroladores (De Bach 1975). En un principio son estudios básicos útiles para cualquier aplicación del método, los cuales no necesariamente reportan resultados utilitarios inmediatos como un objetivo y, tampoco incluyen los efectos directos de utilizar, manipular o conservar enemigos naturales.

En Colombia, el tema particular de las plagas del suelo ha sido poco estudiado, siendo necesario conocer principalmente lo relacionado con la incidencia del complejo de chisas, identificación de especies, cultivos afectados, avances y logros en el desarrollo de alternativas para el control de sus poblaciones, entre otros aspectos.

Al igual que otros insectos del suelo, el problema de las chisas (cutzos) se debe en gran parte al mal manejo de la biota de este ambiente edáfico, como la quema después de cada ciclo del cultivo, el sobrepastoreo, el uso irracional de agroquímicos especialmente herbicidas y fertilizantes y mala rotación de cultivos, entre las principales causas.

Con el objetivo de reducir las poblaciones de plagas a niveles de convivencia, o incluso llegar a eliminarlas por completo de una plantación determinada, la utilización de enemigos naturales cohabitantes de éstas parece la mejor opción; y, dentro de éstos, los nematodos se presentan como una alternativa de gran impacto como controladores biológicos.

Los nematodos, especialmente de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae son considerados entomoparásitos, debido a que actúan como reguladores de las poblaciones de insectos y otros artrópodos habitantes del suelo, ya que presentan una serie de atributos como organismos controladores que los diferencian en forma ventajosa de otros grupos de entomopatógenos, por

lo cual son considerados como una excelente alternativa para ser empleados en el Manejo Integrado de Plagas. En los últimos 50 años, diferentes tipos de nematodos que atacan insectos han sido examinados como un potencial para el control biológico de plagas; por mencionar dos casos puntuales, se los consideran en el manejo biológico de las plagas subterráneo de la viruela y un complejo de escarabajos (Caicedo y Bellotti 1994; Barberena 1996; Luque 2001; Federici 2002; Melo y Gaigl 2004; Parada *et al.* 2006).

Finalmente, esta investigación busca confirmar la teoría de que, además de su uso como biocontroladores de plagas agrícolas, los nematodos, como otros microorganismos, son indicadores de la calidad de suelo, entendiéndose ésta como el grado de erosión biótica del sustrato bajo diferentes niveles de incidencia de la actividad humana en este ambiente.

2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.2.1 Chisas como insectos plaga: Las chisas de la familia Melolonthidae son de un valor ecológico sobresaliente en buena parte del mundo, pues su gran mayoría juega un papel trascendental en el reciclaje de material orgánico y enriquecimiento del suelo. Sin embargo, varias especies se han convertido en plagas de importancia económicas; y, las más dañinas pertenecen a las subfamilias Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae y Cytoniinae. En el pasado estos insectos aparecieron sólo localmente y por épocas, por eso no fueron considerados como plagas de mayor importancia; pero, en la actualidad se presta más atención a estos insectos en todas las zonas donde hay agricultura (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000; Pardo-Locarno 2002).

En Colombia se conocen con el nombre vulgar de chisa a las larvas cuyos adultos son escarabajos o cucarrones (catzos) que varían en tamaño, coloración, forma y hábitos, de acuerdo a la especie. Varias especies de estos melolontidos constituyen un complejo de plagas que afectan en forma severa una gran diversidad de cultivos en el país, como plagas rizófagas o plagas de

follajes y frutos (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000). Estas larvas de escarabajos, han sido consideradas las plagas al nivel del suelo de mayor importancia en diferentes cultivos del mundo. Sin embargo, solamente las de tercer instar causan daños significativos como trozadores de plántulas o, consumidores de raíces y propágulos. En las etapas avanzadas de los cultivos causan amarillamiento del área foliar, pasando por plasmólisis hasta la marchitez de toda la planta, debido al consumo de raíces pequeñas completas, hasta corteza de raíces grandes, involucrando la zona cambial e impidiendo el ascenso de agua y nutrientes al área foliar; este daño depende igualmente de la población del rizófago, edad del cultivo y la cobertura vegetal que lo rodea, así como de los macro y micro organismos entomoparásitos y entomófagos presentes en el sustrato (Ortega-Ojeda 2005; Posada 1993).

Colecciones de larvas realizadas en el norte del departamento del Cauca (Caldono) han mostrado una diversidad de especies, entre las cuales se destacan por su abundancia *Plectris fassli* Moser, *P. pavidata* Burmeister, *Anomala cincta* Say, *Ceraspis innotata* Blanchard, y un complejo de *Phyllophaga* spp., género más importante por su carácter rizófago estricto, ciclo anual y larvas de mayor porte entre las dañinas, destacándose *Phyllophaga menetriesi* Blanchard y *P. bicolor* (Moser) (CIAT 2004; Pardo-Locarno 2000).

Los adultos no son tan dañinos como la larva, pero ocasionalmente afectan las inflorescencias de cultivos como maíz o, se alimenta del follaje de arbustos, árboles y ciertas plantas anuales, entre las que se destacan las familias Papilionaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Poaceae, entre otras (Ortega-Ojeda 2005).

En varias zonas del país se han llevado estudios relacionados al daño económico que ocasionan estos rizófagos a cultivos de yuca, frijol, papa, cereales, maíz y hortalizas, donde las pérdidas alcanzan entre el 10 y 95 % de las cosechas (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000).

En el departamento del Tolima, el sistema de producción en suelos de ladera con cultivos como arracacha (zanahoria blanca), maíz, frijol, arveja o habichuela

(vainita), en áreas de economía campesina, presenta como principal limitante tecnológico el ataque de chisas (Coleoptera: Melolonthidae) de los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Macrodactylus*, *Serica*, *Plectris*, *Isonychus*, *Anomala* y *Ancognatha*; que causan pérdidas en una medida que obliga al agricultor a abandonar el lote (Vásquez y Norato 2000).

En el Oriente Antioqueño la chisa es una plaga que ha venido incrementando sus poblaciones desde 1988, al punto que por sus daños en los cultivos se la ha elevado a la connotación de plaga de importancia económica (Londoño 2001).

En el Norte del Cauca, experimentos realizados en campo con larvas tres de *Phyllophaga* spp. mostraron en yuca pérdidas que van entre el 26 % en raíces y 30 % para almidón; en condiciones controladas se observó que densidades entre cinco y siete larvas por estaca consumen más del 95 % de corteza y 35 % de médula, en un período de dos meses; y que el daño realizado por una chisa resulta en el 53 % de pérdidas de su potencial productivo por el consumo de la corteza, médula y raíces de las estacas; lo que muestra la severidad del problema, considerando que la siembra coincide con la aparición del estado más agresivo de la plaga (Ortega-Ojeda 2005).

2.2.2 Ciclo de vida: El ciclo de vida de las chisas varía con el clima, siendo más largo en regiones más templadas y, más corto, en áreas tropicales sin estaciones. Pueden ser más largos también en algunas regiones con estaciones cálidas y secas, donde las larvas esperan varios meses para empupar hasta el comienzo de las lluvias.

Existen especies para las cuales el ciclo dura un año, mientras que para otras como las centroamericanas *Phyllophaga* pueden tener ciclos de uno o dos años de acuerdo con su distribución (Ritcher 1958). Las especies que tienen ciclo de un año aparecen principalmente en alturas entre moderadas y altas y en las zonas más húmedas con una estación seca corta de dos a tres meses. Las especies con ciclo de dos años tienden a confinarse en tierras

más bajas, caracterizadas por temperaturas más elevadas y baja pluviosidad, con largas estaciones secas de cuatro a seis meses (King 1984).

En Colombia son escasos los trabajos sobre biología de chisas. Ruiz y Posada (1985) estudiando la biología de *Ancognata scarabaeoides* en el insectario de Entomología de ICA Tibaitatá (Cundinamarca), encontraron que la duración de huevo a adulto para hembras y machos es de 342,7 y 348,6 días, respectivamente. Los huevos blancos y redondos aumentan de tamaño durante la incubación (28,3 días) y son depositados en forma individual dentro de una cámara preparada por la hembra. Ocurren tres estados larvales que duran 34,7; 47,5 y 162,7 días. Las larvas empupan en el suelo dentro de una cámara redonda que se encuentra a 30 cm o más de profundidad. La duración de la pupa es de 78,3 días. En Colombia, en yuca, se ha determinado que el ciclo de vida de *Phyllophaga* dura un año (Bellotti *et al.* 1983).

Las larvas tienen apariencia de C, el cuerpo es de color crema, robusto y blando. Los segmentos posteriores en la parte ventral son translúcidos, mientras que la cabeza y las patas son fuertemente esclerotizadas.

Los adultos emergen del suelo como respuesta a las primeras lluvias intensivas (Andrews 1984; Gaylor y Frankie 1979; King 1984; Pardo-Locarno *et al.* 1995). Y en este periodo se recolectan grandes cantidades con trampas de luz (King 1984), excepto durante la luna llena, ya que la luz artificial se opaca conforme el ciclo lunar aumenta su luminosidad (Pardo-Locarno *et al.* 1995).

En los Melolonthinae muchas especies copulan durante la noche mientras las hembras continúan alimentándose del follaje, como ocurre en *Phyllophaga*. En *Macrodactylus* la cópula ocurre en las flores durante el día. Después del apareo y la alimentación las hembras regresan al suelo donde ovipositan (Ritcher 1958).

Gaylor y Frankie (1979), sugieren que el largo periodo de oviposición que tienen las especies de chisas es una estrategia que les permite asegurar que algunos huevos y larvas pequeñas puedan sobrevivir a periodos de excesiva humedad o de alta sequía. Diversas características del suelo y plantas

hospederas son importantes para la escogencia de sitios de oviposición por los adultos; así, suelos con excesiva o escasa humedad, además de suelos compactados, ciertos tipos de plantas hospederas y de coberturas como por ejemplo césped afelpado muy tupido, inhiben a las hembras en su oviposición (Fluke *et al.* 1932; Gaylor y Frankie 1979; Weiner y Capinera 1980).

En campos abiertos los adultos prefieren ovipositar en sitios con maleza, preferiblemente pastos; ellos raramente lo hacen en tierras limpias, y esto es porque los primeros mantienen la humedad del suelo incrementando la sobrevivencia de huevos y/o de larvas jóvenes, haciendo a los insectos menos susceptibles a la desecación; también enfrían la superficie del suelo, permitiéndoles desarrollarse en una temperatura más favorable. Adicionalmente proveen una fuente abundante de alimento para larvas y disminuyen el parasitismo y predación de huevos, larvas y pupas (Hruska 1985).

2.2.3. *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard): En este género se encuentran las denominadas filo-rizófagas, cuyas larvas viven en el suelo alimentándose de raíces, bulbos y tubérculos, mientras que los adultos consumen el follaje de angiospermas y gimnospermas (Morón 1994).

Se ha reportado a *P. menetriesi* en una amplia distribución, desde el sureste de México hasta Venezuela y Colombia, donde se la ha registrado en el Valle del Cauca, Cauca y Antioquia (Morón *et al.* 1998).

En *P. menetriesi* B., al igual que en otras, la larva tres es el estado más voraz y de mayor duración comparado con los otros (el primer estadio se desarrolla en un periodo de 19 días; el segundo tiene una duración promedio de 27 días, mientras que el tercero se desarrolla en un período promedio de 175 días), lo que permite su presencia produciendo daño por un lapso de tiempo más largo en el cultivo. Su duración en pupa es de 34 días y como adulto 88 días, presentando un tiempo total de 386 días, en los cuales los adultos vuelan por 15 días (Calberto *et al.* 2005; CIAT 2005; CIAT 2004; Pardo-Locarno 2000) (**Fig. 19**).

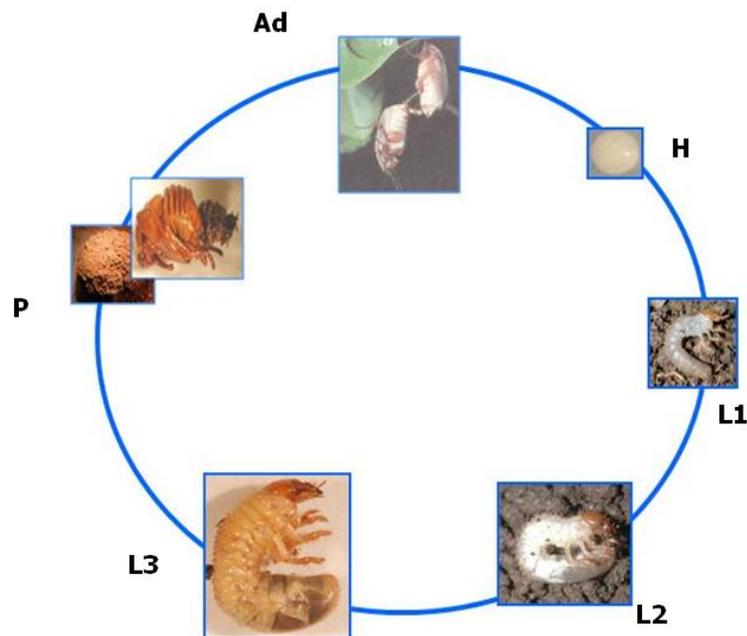


Figura 19. Ciclo de vida chisas del género *Phyllophaga* spp. **H:** huevo; **L1:** larva 1; **L2:** larva 2; **L3:** larva 3; **P:** pupa; **Ad:** adultos (cópula).

Según King (1984), *P. menetriesi* en Centro América tiene una fecundidad máxima de 140 huevos y un periodo de oviposición en un rango de 50 a 100 días.

Esta especie se destaca entre las más dañinas y, en yuca, se han reportado daños que pueden llegar a disminuir hasta en un 95 % la brotación y causar pérdidas del 70 %. Estos daños consisten en la destrucción de la corteza, de las yemas de estacas recientemente sembradas, y la presencia de galerías en la parte leñosa, razón por la cual los cangres o propágulos vegetativos mueren. Cuando el daño se presenta en plantas jóvenes (1 a 2 meses), éstas repentinamente se marchitan y mueren. Las larvas se alimentan de la corteza de la parte inferior del tallo inmediatamente debajo de la tierra y de las raíces (Bellotti y Schoonhoven 1978) (**Fig. 20**).



Figura 20. Daño producido por larvas de *Phyllophaga* spp. **a.** cultivo yuca; **b.** Raíces de yuca; **c.** Papa; **d.** Cebolla larga; **e.** Zanahoria; **f.** Maíz tierno.

P. menetriesi se presenta en altitudes que van entre 1000 a 1600 m s.n.m., siendo reportada en yuca, café y maíz causando hasta el 100 % de daño. La aparición de los adultos ocurre principalmente entre diciembre a marzo, encontrándose en muestreos de suelo hasta 20 larvas por m² en este período, aunque para enero y febrero se han colectado entre siete y ocho larvas por m². Por otro lado, estudiando la fenología de esta especie, se ha encontrado que en el departamento de Cundinamarca la mayoría de adultos aparecen de enero a marzo, no obstante se encuentran volando durante todo el año.

En Antioquia los adultos aparecen principalmente de marzo a abril, reduciendo su densidad en octubre. En el Cauca la mayor aparición se presenta de octubre a noviembre, apareciendo también en abril (CIAT 2004; CIAT 2003).

2.2.4 *Phyllophaga bicolor* (Moser): Al igual que *P. menetriesi*, la larva tres es el estado más voraz y de mayor duración comparada con las otras; el huevo tiene una duración de 18 días. El primer estadio se desarrolla en un periodo de 24 días; el segundo tiene una duración promedio de 29 días; y, el tercero se desarrolla en un período medio de 171 días. Su morfología larval es similar a *P. menetriesi* pero su tamaño es menor, durante las colectas en campo siempre se encuentran en mayor cantidad. En pupa su duración es alrededor de 30 días, presentando un ciclo de aproximadamente 271 días (CIAT 2004).

2.2.5 Control biológico con nematodos entomoparásitos: Por el hábito subterráneo de esta plaga, el control mediante métodos tradicionales es muy difícil y poco eficaz; sin embargo el agricultor recurre frecuentemente al control químico, sin obtener resultados positivos, lo cual lo lleva a la sobredosis y el uso irracional de los insecticidas, generando el exterminio de controladores naturales, además del incremento de la contaminación de suelos y aguas subterráneas y la pérdida de la calidad del suelo (Restrepo-Giraldo y López-Ávila 2000).

En algunos casos se cuenta más con el criterio subjetivo del técnico, de su experiencia, que la recomendación de algún estudio, que tampoco puede generalizarse por su limitación a la zona de influencia de la especie y el cultivo estudiado; sin embargo, el hecho de manejar la fecha de siembra vs. la aparición de la larva 3 podría convertirse en una medida de control cultural económico y de fácil manejo para los agricultores, sin dejar de tener en cuenta las condiciones ambientales tan cambiantes en esta época (Ortega-Ojeda 2005).

Una forma de control biológico realizado con microorganismos para los escarabajos fue iniciado hace más de 100 años; siendo las bacterias, hongos, virus y entomonematodos los más usados en la actualidad por programas de control biológico, los más exitosos programas se basan en patógenos con alta especificidad hacia plagas precisas (Jackson 1993).

Con referencia a los entomonematodos, el aislamiento de *Steinernema glaseri* Steiner de la chisa *Popillia japonica* Newman en Nueva Jersey, resultó en el primer reporte de uso de entomopatógenos para el control de plagas (Glaser

1932); sin embargo, el desconocimiento en la interacción de este nematodo frente a su bacteria simbionte produjo resultados desalentadores, lo que devino en la pérdida de interés. Hacia los 80's, se retomaron los estudios con aislamientos de nematodos, cuyas familias más importantes Steinernematidae y Heterorhabditidae, se comportaban mejor (*S. glaseri* y *Heterorhabditis* spp.) que otras (*S. feltiae* Filipjev y *S. carpocapsae* Weiser). Los 90's se caracterizó por estudios más profundos, efectuando avances en producción y tecnología así como buscando la causa de la resistencia de las chisas hacia los nematodos; haciendo más fácil su implementación dentro de programas de control biológico para diferentes especies de chisas (Gaugler *et al.* 1992; Klein 1990; 1993; Georgis y Gaugler 1991).

Otros estudios con diferentes aislamientos de NEPs de estas familias hallaron que su uso es promisorio en el control de chisas y su efectividad es mayor cuando las dosis de NEPs usadas son altas; además por la capacidad de reproducción y supervivencia de los nematodos es posible reducir el número de aplicaciones y eliminar el uso de algunos insecticidas.

Estos nematodos se desarrollan dentro del insecto luego de ingresar por sus aberturas naturales (boca, espiráculos y ano) y de liberar la bacteria simbionte que almacenan en su interior, y la cual es la encargada de matar al insecto. Dentro del insecto se desarrollan varias generaciones del nematodo, hasta cuando se agota el alimento y salen las formas infectivas en busca de otro huésped (**Fig. 21**) (Villani y Wright 1988; Forschler y Gardner 1991; Klein 1992; Lacey *et al.* 1993; Gaugler *et al.* 1994).

2.3 MATERIAL Y MÉTODOS

Este experimento, se llevó a cabo en condiciones de laboratorio, en el campo experimental del CIAT-Palmira-Colombia, con temperatura de 23 +/- 2 °C y 70 +/- 5 % de H.R.

2.3.1 Cría del insecto plaga: Se trabajó con larvas de *P. menetriesi* y *P. bicolor*, obtenidas de capturas en campo, a través de muestreos de suelo

en la región del departamento del Cauca (Caldono - 1570 m s.n.m.; 18 °C), donde se colectaron en campo larvas de segundo instar, en diciembre del 2008.

Se seleccionó para este experimento el tercer instar de las chisas, de diferente tiempo de madurez (seis y nueve semanas), esta por ser el estado más agresivo a controlar, por la disponibilidad de estas larvas este experimento se realizó en el primer semestre del 2009. Estas larvas se mantuvieron en cuarentena por tres semanas en laboratorio para descartar enfermedades adquiridas en campo. La cría en laboratorio se mantuvo en cabina, en vasos plásticos con tapa (capacidad volumétrica de 100 cm³), con arena y suelo orgánico estéril (1:3) y alimentándola con trozos de zanahoria, a 23 °C, y 70 +/-5 % de H.R. (**Fig. 22**).

2.3.2 Cría del insecto trampa *Galleria mellonella*: La cría se mantuvo en un cuarto a 29 °C y humedad relativa de 67 %, con una dieta consistente en 500 g de salvado de trigo, 145 g de levadura de cerveza, 72 g de cera de abejas, 150 cm³ de glicerina, 270 cm³ de miel de abejas y formaldehído al 1 % del total de los “coloides” (mezcla glicerina + miel).

Se utilizaron frascos de vidrio grandes (aproximadamente 16 cm x 16 cm x 16 cm de lado) y de boca ancha para la oviposición de los adultos; así como recipientes de acrílico rectangulares para los huevos (15 cm x 5 cm x 7 cm) y larvas (24 cm x 32 cm x 11 cm). Las bandejas se esterilizaron previamente con agua caliente, hipoclorito y alcohol, con posterior exposición a luz ultravioleta (12 h) (**Fig. 23**).

2.3.3 Selección y multiplicación de nematodos: Se evaluaron seis aislamientos de NEPs nativos e introducidos (**Tabla 3**), que se multiplicaron para cada experimento en larvas de último instar de *G. mellonella*, obteniéndose infectivos juveniles (IJs) una semana antes de la aplicación, manteniéndolos en agua destilada estéril (ADE) a 15 °C.

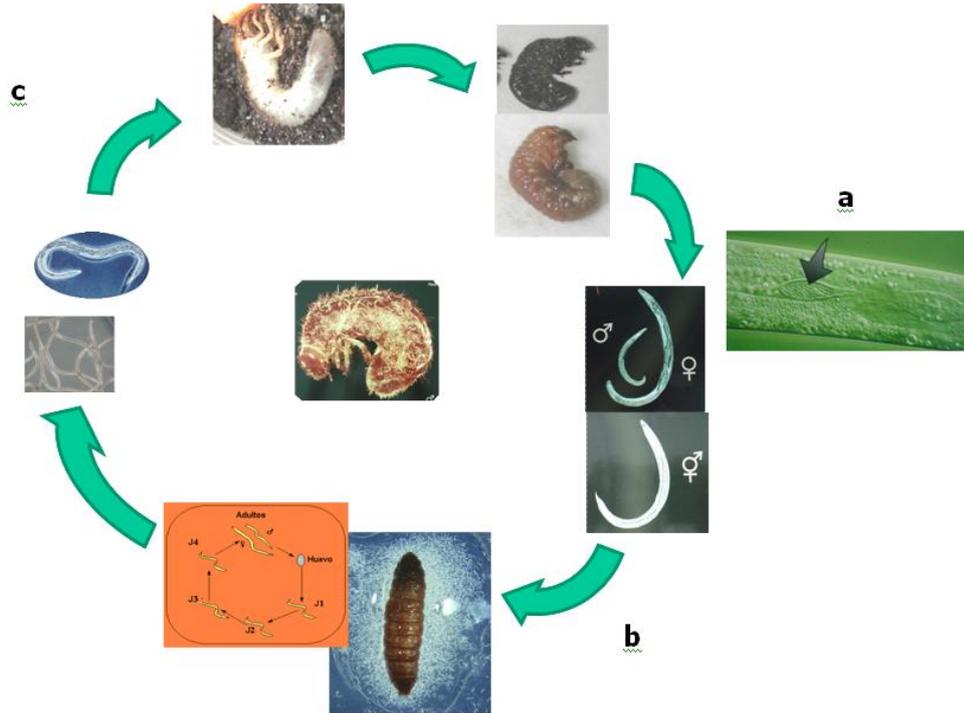


Figura 21. Ciclo de vida de nematodos entomoparásitos. **a:** bacteria simbiote en la parte anterior del intestino; **b:** fase dentro del insecto; **c:** fase fuera del insecto en suelo.

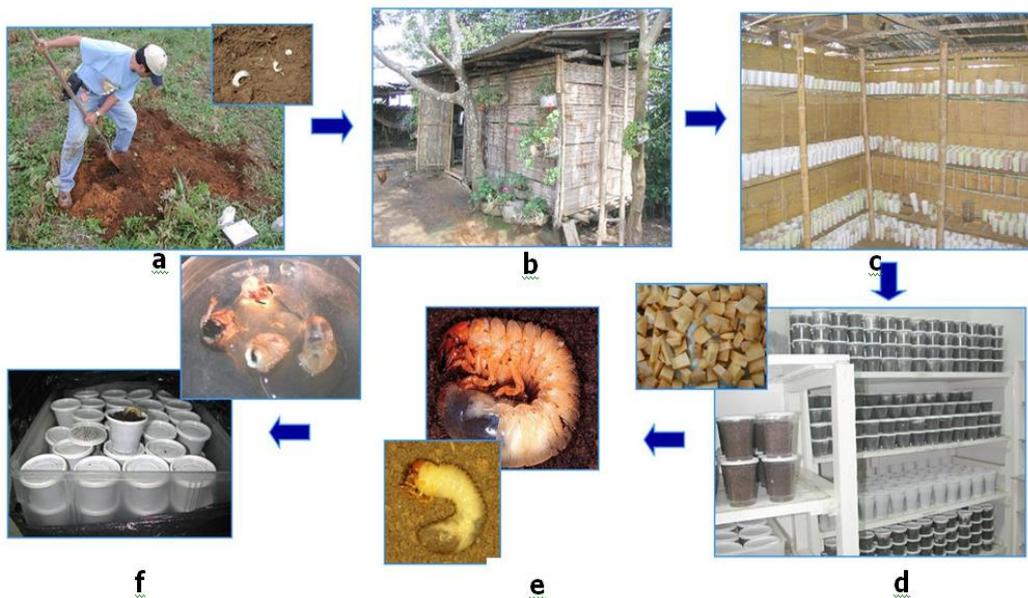


Figura 22. Captura en campo y cría de larvas de chisas rizófagas en laboratorio. **a.** colección en campo; **b y c.** Cría en campo; **d.** Cría en laboratorio; **e.** Dos especies de chisas *Phyllophaga*; **f.** Ensayos con nematodos.

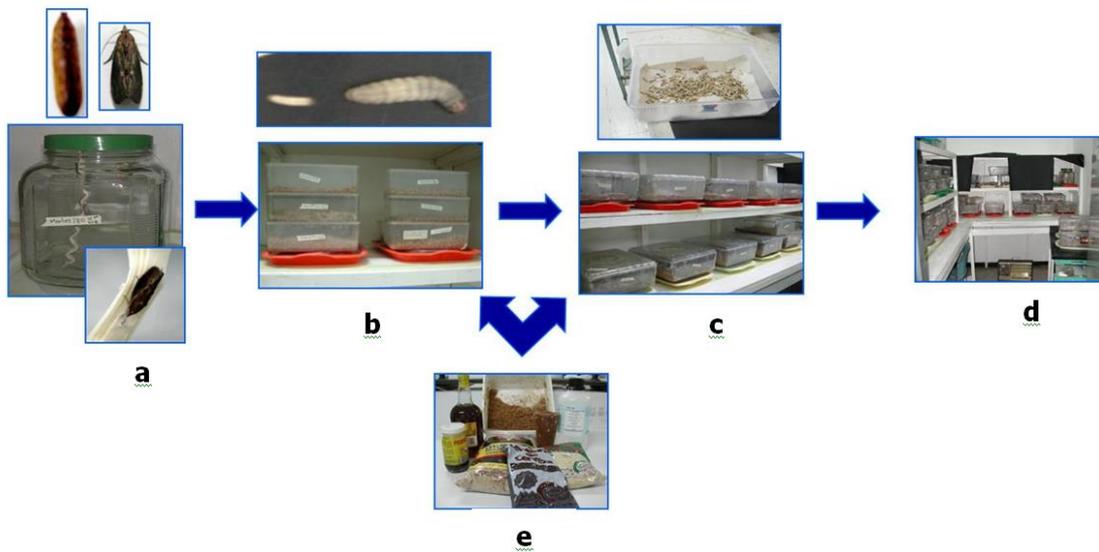


Figura 23. Cría de *Galleria mellonella*, insecto trampa para la producción *in vivo* de nematodos entomoparásitos. **a.** Pupas y adultos, frascos con papel para ovipositar; **b.** Larvas de diferente edad, bandejas para larvas pequeñas; **c.** Larva de último instar, bandejas de cría; **d.** Cuarto de crecimiento; **e.** Elementos para la dieta.

Tabla 3. Aislamientos de nematodos entomoparásitos nativos e introducidos, evaluados para control biológico de chisas rizófagas en laboratorio del CIAT.

Especie	Nomenclatura	Lugar de origen		Fuente
		País	Entidad	
<i>Steinernema riobravis</i>	Sr	EUA	Certis	Certis
<i>Steinernema feltiae</i>	Sf	Colombia	Univ. Nacional de Bogotá	Parada J. C.
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Sc	EUA	CABI/Bioscience	López J. C.
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Hb1	Italia	CABI/Bioscience	López J. C.
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Hb2	Colombia	CENICAFÉ	López J. C.
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Hb3	Alemania	E-NEMA	Ehlers R-U

2.3.4 Pruebas de infección y mortalidad con nematodos: Los experimentos se implantaron en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar DBCA, considerando en el primero dos factores en estudio que fueron los aislamientos de NEPs, y las dos especies de chisas; y, en el segundo, una especie de chisa y cuatro aislamientos de NEPs y, el último la edad de la larva de

P. menetriesi. Se mantuvo un testigo absoluto de chisas que recibieron únicamente ADE. La unidad experimental consistió en 12 individuos, recibiendo una dosis de 10 000 infectivos juveniles (IJs) por larva. Se realizaron cuatro repeticiones.

Se realizaron tres experimentos con los seis aislamientos de NEPs nativos e introducidos: un primer experimento con dos especies de chisas (*P. menetriesi* y *P. bicolor*) y cuatro aislamientos (*Sr. S. riobrave* (EUA); *Sc. S. carpocapsae* (EUA); *Hb1: H. bacteriophora* (Italia) y *Hb2: H. bacteriophora* (Colombia)); y, un segundo con *P. menetriesi* con cuatro aislamientos, *Sf. S. feltiae* (Colombia); *Hb1: H. bacteriophora* (Italia) y *Hb2: H. bacteriophora* (Colombia), y *Hb3: H. bacteriophora* (Alemania) y el último en dos edades de la larva tres de *P. menetriesi*, con cuatro aislamientos (*Sf. S. feltiae* (Colombia); *Hb1: H. bacteriophora* (Italia); *Hb2: H. bacteriophora* (Colombia); *Hb3: H. bacteriophora* (Alemania)). La evaluación en diferentes edades se realizó para determinar el efecto de la madurez de la larva 3 frente a la patogenicidad de los NEPs.

Las variables de respuesta fueron infección y mortalidad, lo que se verificó disectando larvas vivas y muertas de la plaga para verificar la presencia de NEPs. Lo anterior sirvió también para establecer que la mortalidad se produjo por estos microorganismos.

Los individuos se dispusieron en un vaso plástico con tapa (capacidad 56 cm³), en suelo-arena estéril (3:1), donde se aplicó 1 cm³ de la solución de nematodos y 3 cm³ de ADE para ajustar la humedad a capacidad de campo.

Los NEPs se aplicaron un día después de colocar la larva y la zanahoria en cada envase (**Fig. 24**).

2.3.5 Análisis de información: Se hizo un análisis de varianza con la respectiva separación de medias para las variables significativas por la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) (Infostat 2009).

Previo a esto se realizaron transformaciones de los datos considerando su distribución, utilizando las fórmulas: Arcoseno $\sqrt{\%X/100}$ para el primer experimento y $\sqrt{X+1}$ para el segundo y tercero.

La presentación de las gráficas se hizo con los datos en porcentaje.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Infección y mortalidad de *Phyllophaga menetriesi* y *P. bicolor* con cuatro aislamientos de nematodos: Se presentaron diferencias significativas entre las especies evaluadas, mostrándose *P. bicolor* como la más susceptible, tanto en infección (Prom. 58,33 %) como en mortalidad (Prom. 44,27 %) ($F = 33,70$; $p \leq 0,0001$ y $F = 36,50$; $p \leq 0,0001$, respectivamente) (**Fig. 25**). Esto obedecería a lo observado por Shapiro *et al.* (2002), quienes concluyeron que las diferencias morfológicas, de comportamiento y el grado de susceptibilidad de las chisas hacen que los nematodos presenten diferencias o dificultad en su control. Concomitante con lo anterior, Shannon y Carballo (1996) afirman que *P. menetriesi* ha demostrado en ensayos previos ser una especie difícil de combatir; se menciona también que cepas de nematodos evaluadas en otros insectos, inclusive en especímenes del mismo género, con los cuales se han obtenido excelentes resultados, no han funcionado para esta especie de chisa (CIAT 2004). De igual manera, Londoño (2001), evaluando el efecto de *Steinernema* sp. sobre este género encontró mortalidades similares al control donde no se aplicó nematodos. Finalmente, en otro experimento, de forma natural la mortalidad para esta especie en el instar 3, al igual que en el estado de prepupa fueron nulas (Melo *et al.* 2007).

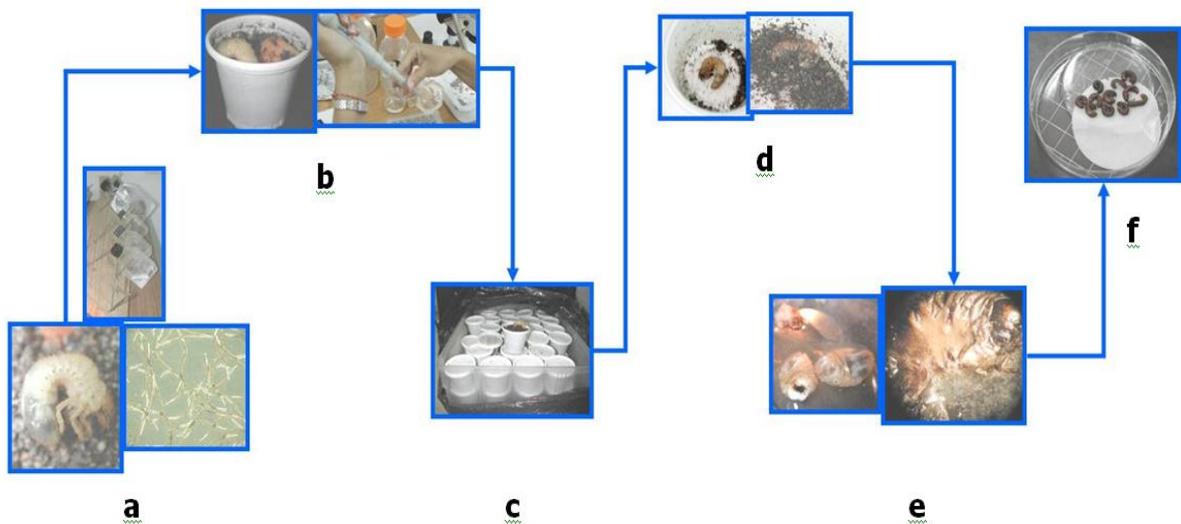


Figura 24. Metodología de infección con nematodos entomoparásitos sobre *Phyllophaga menetriesi* y *P. bicolor*. **a.** Larvas de *Phyllophaga*, juveniles infectivos de nematodos para infectar; **b.** Preparación de soluciones para infección de nematodo en recipientes plásticos, alimento zanahoria; **c.** Recipientes donde se hizo el experimento; **d.** Larva de chisas muertas por nematodos; **e.** Disección de chisas en busca de nematodos; **f:** extracción de nematodos en trampa *White*.

Las variables infección ($F= 24,07$; $p \leq 0,0001$) y mortalidad ($F= 30,37$; $p \leq 0,0001$), las especies de *Steinernema* ($X=19,79\%$ y $9,89\%$) resultaron menos virulentas que los aislamientos de *H. bacteriophora* (Prom. = $65,10\%$ y $46,87\%$). Para las dos especies de chisas, la infección ($F = 17,58$; $p \leq 0,0001$), es igual en la mayoría de los casos, diferenciándose marcadamente *P. bicolor* para los dos aislamientos de *H. bacteriophora* (Prom. = $95,83\%$). La mortalidad ($F = 24,07$; $p \leq 0,0001$) fue mayor para los mismos aislamientos y especie de chisa (Prom. = $85,41\%$), sobresaliendo sobre los otros, *S. carpocapsae* fue la especie menos virulenta para *P. bicolor*, con un pobre 2% (Fig. 25).

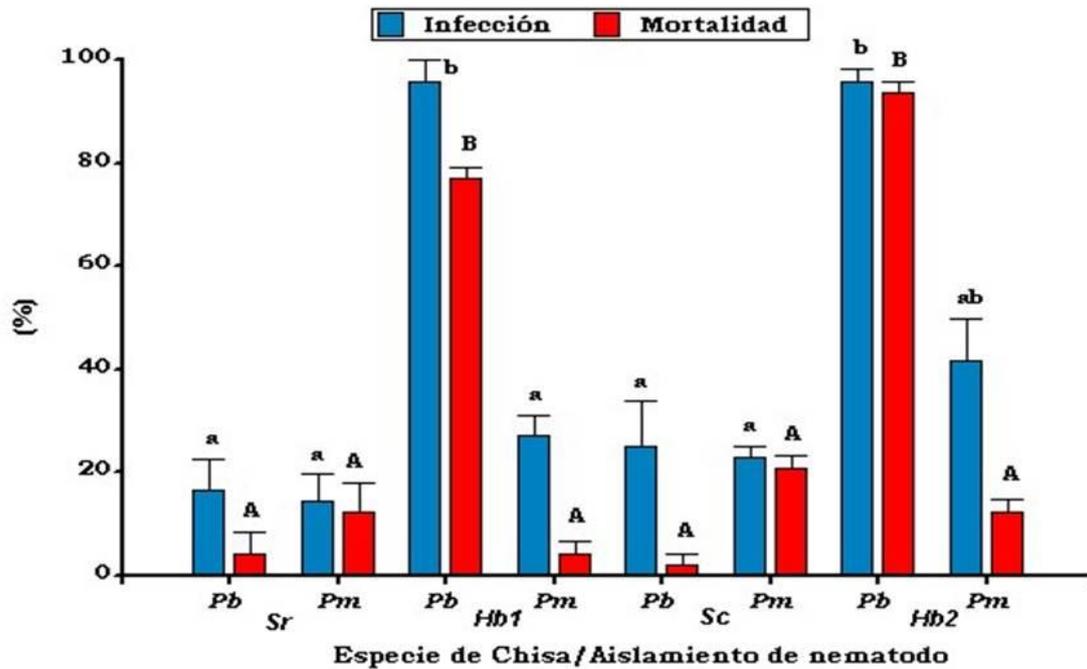


Figura 25. Diferencias entre dos especies de chisas (*Pb*: *Phyllophaga bicolor* y *Pm*: *P. menetriesi*) en el porcentaje de infección (**a**) y mortalidad (**A**), al aplicar cuatro aislamientos de NEPs (*Sr*: *Steinernema riobrave*; *Hb1*: *Heterorhabditis bacteriophora* (Italia); *Sc*: *S. carpocapsae*; *Hb2*: *H. bacteriophora* (Colombia)); porcentajes seguidos de la misma letra no difieren significativamente: Tuckey ($p < 0,05$).

Al evaluar el efecto de los nematodos sobre *P. menetriesi* con cuatro aislamientos, se observó que las especies de *H. bacteriophora* son los más patogénicos que el de *Steinernema feltiae*, infección ($F = 6,99$; $p \leq 0,05$) y mortalidad ($F = 7,67$; $p \leq 0,05$); los valores son bajo para esta especie de chisa, no superando el 30 % para infección (29,2 %) y el 15 % (16,7 %) para mortalidad, valores bajos para un experimento en laboratorio con condiciones controladas (**Fig. 26**).

Los resultados de este experimento son coherentes con otros experimentos, donde se ha encontrado que generalmente el complejo de especies de *Heterorhabditis* son más patogénicas, o sea que matan más larvas, que *S. carpocapsae*; igualmente, se ha reportado que concentraciones inferiores de NEPs de este género produjeron mortalidades mayores sobre otras especies de chisas (Klein 1993; 1990; Cappaert y Koppenhöfer 2003).

Experiencias previas muestran a los nematodos causando en laboratorio mortalidades cercanas al 100 % para otras especies plaga; sin embargo las mortalidades sobre *P. menetriasi* en este estudio no superaron, como ya se mencionó, en ninguno de los casos el 30 %, lo que cuestionaría la efectividad de los nematodos para este género, en este estadio, considerando que en campo la mortalidad se verá afectada por factores bióticos y abióticos que disminuyen su efecto, como afirman Henneberry *et al.* (1996); Kaya y Koppenhöfer (1996); Ehlers *et al.* (1997); Smith (1999); Shannon y Carballo (1996); y, Smith (1999).

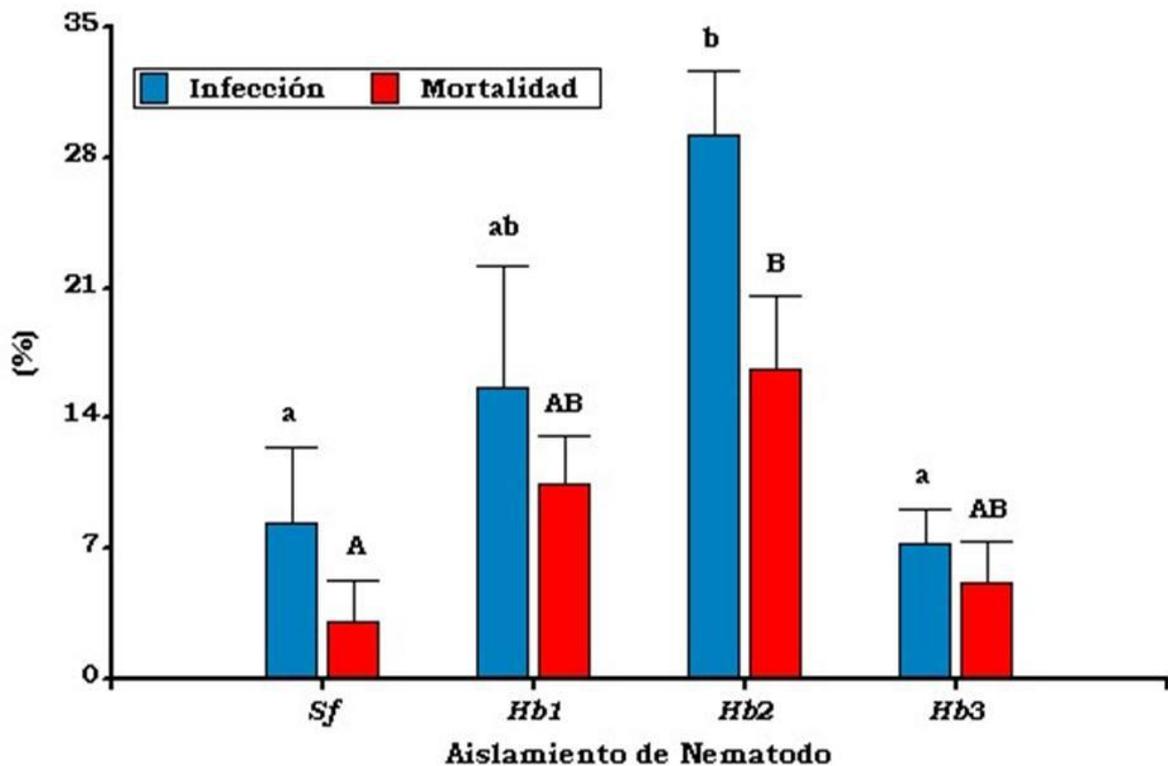


Figura 26. Porcentaje de infección (a) y mortalidad (A) de cuatro aislamientos de NEPs sobre *Phyllophaga menetriasi*. (*Sf*: *Steinernema feltiae*; *Hb1*: *Heterorhabditis bacteriophora* (Italia); *Hb2*: *H. bacteriophora* (Colombia); *Hb3*: *H. bacteriophora* (Alemania), porcentajes seguidos de la misma letra no difieren significativamente: Tuckey ($p < 0,05$).

2.4.2. Infección y mortalidad de cuatro aislamientos de NEPs sobre dos edades de L3 de *Phyllophaga menetriasi*: Entre los aislamientos nativos (*Sf* y *Hb2*) y los introducidos (*Hb1* y *Hb3*), el mejor, tanto en infección

(29,17 %; $F = 7,09$; $p \leq 0,0018$) como en mortalidad (16,67 %; $F = 7,17$; $p \leq 0,0017$) fue *H. bacteriophora* nativo (Colombia). Los tres aislamientos de *H. bacteriophora*, se comportaron de forma diferente presentando mortalidades bajas (**Fig. 27**), lo que podría explicarse con lo reportado por Shapiro *et al.* (2002), quien afirma que las chisas poseen una serie de mecanismos de defensa que incluyen una disminución en la salida del dióxido de carbono, frecuente defecación, comportamientos defensivos y evasivos, membranas externas densas y, una fuerte respuesta inmune; lo que las hace difíciles de controlar con entomopatógenos.

Al evaluar la influencia de la edad en las variables se encontró que al avanzar el tiempo estas larvas se hacen más resistentes al ataque de los NEPs, pues tanto la infección ($F = 6,10$; $p \leq 0,022$) como la mortalidad ($F = 15,12$; $p \leq 0,0008$), disminuyeron conforme aumentó la edad de la chisa; así, para cualquier aislamiento las larvas de nueve semanas fueron menos susceptibles que las de seis semanas, cuyas mortalidades fueron de 13,02 % y 4,69 %, respectivamente (**Fig. 28**).

Lo anterior corrobora los resultados de Melo *et al.* (2007) y Koppenhöfer y Fuzy (2004), en cuyos experimentos se verificó también que al aumentar la edad de las chisas *Anomala inconstans*, *Popillia japonica* y *A. orientalis* disminuye el efecto de los nematodos (*H. bacteriophora*).

Con estos resultados se verifica que existe una fuerte interacción entre la biología y hábitos de los organismos del suelo cohabitantes con las variaciones del ambiente, como lo sostienen Shannon y Carballo (1996), lo que exige mayor planificación en el planteamiento de la oportunidad y métodos de aplicación de los nematodos entomoparásitos.

2.5 CONCLUSIONES

En la evaluación de varios aislamientos se destacó *H. bacteriophora* de Colombia como el más virulento a las chisas.

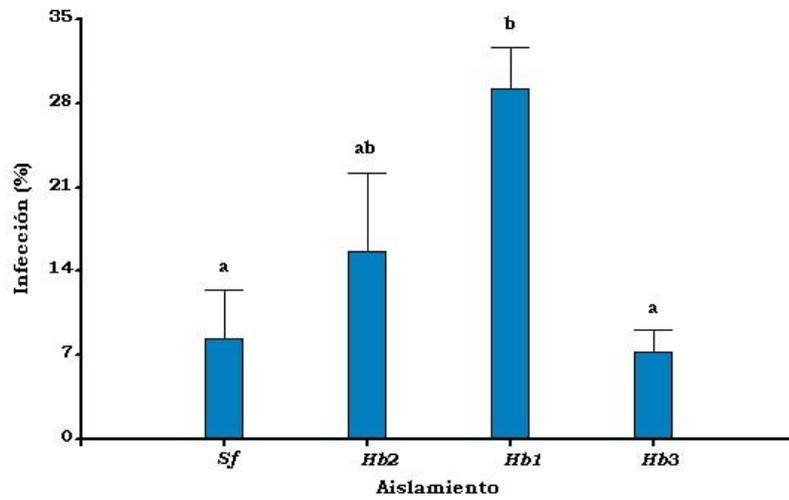
Los aislamientos tienen diferente efecto sobre la especie de chisa a controlar; siendo *P. bicolor* la más susceptible al ataque de nematodos entomoparásitos.

A mayor edad de la larva blanco se halló menor susceptibilidad a los NEPs, aspecto significativo a tener en cuenta al momento de aplicarlos buscando controlar chisas.

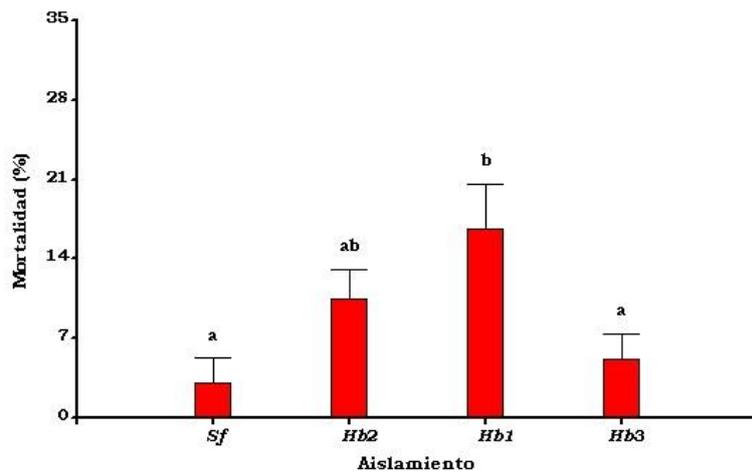
Los resultados obtenidos permiten inferir que la coevolución de las plagas con sus patógenos pudo conferir a las larvas blanco varias formas de resistencia a éstos últimos.

2.6 RECOMENDACIONES

En los dos experimentos la especie de mayor interés *P. menetriesi*, fue la menos afectada por los NEPs, especialmente mientras más madura; por lo que se recomienda no incluir a estos biocontroladores en un programa de control biológico de chisas, sin previamente considerar modificaciones a los métodos tradicionales de su uso, como la oportunidad de aplicación de los NEPs, escogencia del nematodo específico a la plaga según su estrategia de búsqueda y especialización al insecto blanco.



a



b

Figura 27. Porcentaje de (a) infección y (b) mortalidad con cuatro aislamientos de NEPs en dos edades de larva 3 de *Phyllophaga menetriesi* (Sf: *Steinernema feltiae*; y 3 (Hb1, Hb2 y Hb3: aislamientos de *Heterorhabditis bacteriophora* (Colombia Italia, y Alemania); porcentajes seguidos de la misma letra no difieren significativamente: Tuckey ($p < 0,05$).

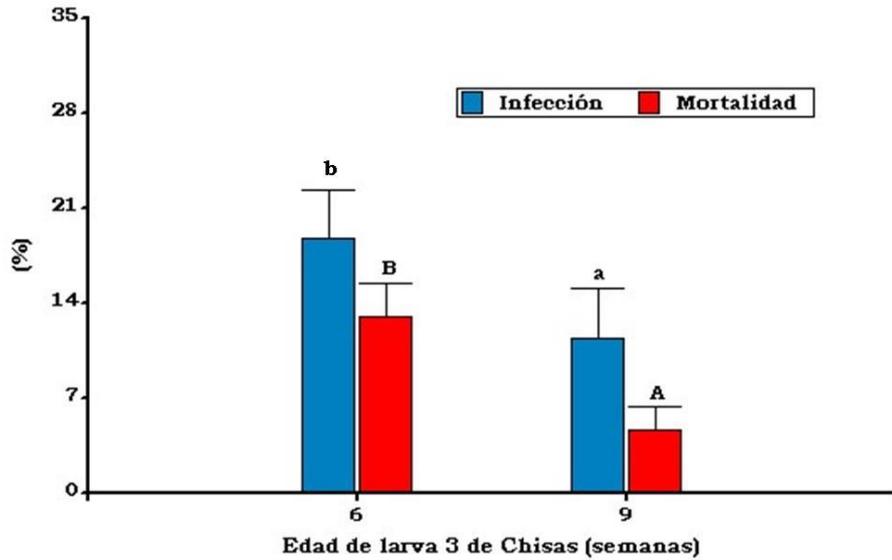


Figura 28. Porcentaje de infección (a) y mortalidad (A) para dos edades de larva 3 de *Phyllophaga menetriesi* con cuatro aislamientos de NEPs (*Steinernema feltiae*; y 3 aislamientos de *Heterorhabditis bacteriophora* (Italia, Colombia y Alemania); porcentajes seguidos de la misma letra no difieren significativamente: Tuckey ($p < 0,05$).

REFERENCIAS

- Altieri, M. A. (1999). *The Ecological role of Biodiversity in Agroecosystems* (Vol. 74). Agric. Ecosyst. Environ.
- Alvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., . . . Villareal, H. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. (P. d. Ambiental, Ed.) Bogotá, Colombia: GEMA.
- Andrews, K. L. (n.d.). Proyecto Manejo Integrado de Plagas en Honduras; El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales en la Escuela Agrícola Panamericana. (9), 2-21. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
- Azpilicueta, C. V., Aruani, M. C., Reeb, P. D., & Sánchez, E. E. (2008). Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en alto Valle del Río Negro. *Nematropica*, 3(1), 75-86.
- Barberena, M. F. (1996). Capacidad parasítica de dos razas del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) sobre el chinche de la viruela de la yuca *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. 89. Santiago de Cali, Colombia.
- Bardgett, R. D. (1998). *Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands* (Vol. 10). Appl. Soil Ecol.
- Bardgett, R. D., Cook, R., Yeates, G. W., & Denton, C. S. (1999). *The influence of nematodes on below-ground processes in grassland Ecosystems* (Vol. 212). (P. a. Soil, Ed.)
- Bedding, R. A., & Akhurst, R. J. (1975). *A simple technique for the detection of insect parasitic Rhabditid nematodes in soil* (Vol. 21). Nematologica.
- Bellotti, A. C., & Schoonhoven, A. (1978). *Plagas de yuca y su control*. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT.
- Bellotti, A. C., Reyes, J. A., Arias, B. A., & Vargas, O. (1983). Insectos y ácaros de la yuca y su control. In J. A. Reyes (Ed.), *Yuca: Control Integrado de Plagas* (pp. 69-93). PNUD y Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Boemare, N. (2002). Biology, Taxonomy and Systematic of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In R. Gaugler, *Entomopathogenic Nematology* (pp. 35-36).
- Bongers, T. (1999). The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil*, 212, 13-22.
- Bongers, T., & Bongers, M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10, 239-251.
- Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode Community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Tree*, 14(6), 224-228.
- Bongers, T., Iliava-Makulec, K., & Ekschmitt, K. (2001). Acute sensitivity of nematode taxa to CuSO₄ and relationship with feeding-type and life-history classification. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1511-1516.
- Burgos, U. U. (2007). Retrieved from www.ubu.es/investig/aulavirtual/
- Caicedo, A. M., & Bellotti, A. (1994). Evaluación del nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) para el control de *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 20(4), 241-246.

- Calberto, G. A., Yela, O., & Zuniga, R. G. (2005). Mass rearing *Phyllophaga menetriesi* (Col: Melolonthidae) under controlled conditions. In C. I. (CIAT), *Soil pests-Cassava and other crops; Annual Report. Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems* (pp. 81-91). Cali, Colombia.
- Cappaert, D. L., & Koppenhöfer, A. M. (2003). *Steinernema scarabaei*, an entomopathogenic nematode for control of the European chafer. *Biological Control*(28), 379-386.
- Cares, J. H., & Huang, S. P. (1991). Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira*(16), 199-209.
- CIAT. (2003). *Cassava Entomology*. Annual Report, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems, Cali.
- CIAT. (2004). *Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems*. Annual Report, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Soil pests-Cassava and other crops, Cali.
- CIAT. (2005). *Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems*. Annual Report, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Soil Pests-Cassava and other crops, Cali.
- Clements, W. H., & Newman, M. C. (2002). *Community ecotoxicology*. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Corredor V, T., & Parada, S. J. (1999). Capacidad de Búsqueda de *Steinernema feltiae* (Filipjev 1934) (Rhabdithidae: Steinernematidae) Sobre *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechidae) afectando *Solanum phureja*. In F. d. Agronomía (Ed.), *Seminario-Nematodos Entomopatógenos. Línea de Investigación en Nematodos Entomopatógenos. Septiembre 25*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Coto, D. S., Vargas, C., & King A., B. S. (1995). *Plagas invertebradas de cultivos tropicales con énfasis en América Central: Inventario*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- De Bach, P. (1975). El alcance del Control Biológico. In *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas* (p. 949). México: Continental S. A.
- Fassbender, H. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales* (2 ed.). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Fassbender, H., & Bornermisza, E. (1994). *Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina*. (I. I. Agricultura-IICA, Ed.) San José, Costa Rica.
- Federici, B. A. (2002). A perspective on pathogens as Biological Control Agents for insect pests. In *Diagnosis Plant Diseases caused by Nematodes* (pp. 539-534).
- Ferris, H., T., B., & Goede, R. G. (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*(18), 13-29.
- Fluke, C. L., Graber, L. F., & Koch, K. (1932). Populations of white grubs in pastures with relation of the environment. *Ecology*(13), 43-45.
- Forschler, B. T., & Gardner, W. A. (1991). Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. *J. Econ. Entomol.*, 84(3), 841-843.

- Frampton, G. K., Van Den Brink, P. J., & Gould, P. J. (2000). Effects of spring drought and irrigation on farmland arthropods in southern Britain. *Journal of Applied Ecology*(37), 865-883.
- Gaugler, R., Campbell, J. F., Selvan, S., & Lewis, E. E. (1992). Large-scale inoculative releases of entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri*: assessment 50 years later. *Biological Control*(2), 181-187.
- Gaugler, R., Wang, Y., & Campbell, J. F. (1994). Aggressive and evasive behaviors in *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae: defenses against entomopathogenic nematode attack. *Journal of Invertebrate Pathology*(64), 193-199.
- Gaylor, M. J., & Frankie, G. W. (1979). The relationship of rainfall to adult flight activity, and of soil moisture to oviposition behavior and egg and first instar survival in *Phyllophaga crinita*. *Environmental Entomology*(8), 591-594.
- Georgis, R., & Gaugler, R. (1991). Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology*(84), 713-720.
- Glaser, R. (1932). Studies on *Neoaplectana glaseri*, a nematode parasite of the Japanese beetle (*Popillia japonica*). 34 p. (N. J. Agriculture, Ed.) Trenton.
- Hammer, O., Harper, D. A., & Ryan, P. (2007). Paleontological Statistics Software Package for Education and data analysis, PAST.
- Henneberry, T., Forlow, Jech, L. F., & Burke, R. A. (1996). Pink bollworm adult and larval susceptibility to steinernematid nematodes and nematode persistence in the soil in laboratory and field test in Arizona. *Southwestern Entomology*(21), 357-367.
- Hruska, A. J. (1985). Weedy groundcover increases damage to cassava by white grubs in Costa Rica. *Trop. Agric. Trinidad*, 64(3), 212-216.
- Hunt, D. J. (2000). A Introductory Guide to Trophic Groups of Soil Nematodes. 32.
- INFOSTAT, G. (2009). *INFOSTAT; Manual del usuario* (1 ed.). Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Ingham, R. E., & Detling, J. K. (1984). American mixed-grass prairie III; Soil nematode populations and root biomass on *Cynomys ludovicianus* colonies and adjacent uncolonized areas. *Oecología* (63), 307-313.
- Ingham, R. E., Trofymow, J. A., & Coleman, D. C. (1985). Interactions of bacteria fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological monographs*(55), 19-140.
- Jackson, T. A. (1993). Developing microbial controls for scarab pest. In A. I. Sociedad Mexicana de Entomología (Ed.), *Memorias de la IV Mesa Redonda sobre Plagas Subterráneas 14 y 15 de Octubre de 1993; Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas*, (p. 261). Xalapa.
- Kaya, A. M., & Koppenhöfer, A. (1996). Effects of microbial and other antagonistic organism and competition on entomopathogenic nematodes. *BioControl Science and Technology*(6), 357-371.
- Kaya, H. K., & Stock, S. P. (1997). Techniques in insect nematology. In A. Press., *Manual of techniques in Insect Pathology* (pp. 281-324). L.A. Lacey, ed.
- Kimpinski, J., & Sturz, A. V. (2003). Managing crop root zone ecosystems for prevention of harmful and encouragement of beneficial nematodes. *Soil and tillage research*, 72(2), 213-221.
- King, B. S. (1984). Biology and Identification of white grubs (*Phyllophaga*) of economic importance in Central America. *Tropical Pest Management*, 30(1), 36-50.

- Klein, M. G. (1990). Efficacy against soil-inhabiting insects pests. In R. Gaugler, & K. H. K. (Eds.), *Entomopathogenic nematodes in biological control* (pp. 195-214). Florida: CRC Press.
- Klein, M. G. (1992). Use of *Bacillus popilliae* in Japanese beetle control. In Interceptor, & T. J. Glare (Ed.), *Use of pathogens in scarab pest management* (pp. 179-190). Andover.
- Klein, M. G. (1993). Biological control of scarabs with entomopathogenic nematodes. In R. Bedding, R. Akhurst, & H. Kaya (Eds.), *Nematodes and the Biological Control of Insects* (pp. 49-57). East Melbourne: CSIRO.
- Koppenhöfer, A., & Fuzy, E. M. (2004). Effect of white grubs developmental stage on susceptibility to entomopathogenic nematodes.
- Krebs, C. (1994). Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. In H. C. Publisher (Ed.). New York.
- Lacey, L. A., Bettencourt, R., Garrett, F. J., Simões, N. J., & Gaugler, R. H. (1993). Factors influencing parasitism of adult Japanese beetles, *Popillia japonica* (Col.: Scarabaeidae) by entomopathogenic nematodes. *Entomophag*, 38(4), 501-509.
- Leguízamo, M. C. (2005). Nematodos de vida libre en suelos de cultivos de papa, pasturas y bosque alto andino en la Vereda Páramo Guerrero-Zipacquirá (Cundinamarca). 200. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía.
- Leguízamo, M. C., & Parada, J. C. (2008). Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta). *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*(9), 61-65.
- Londoño, M. (1999). Efecto de *Steinernema carpocapsae* sobre especies de chiza en Colombia. In U. N. Agronomía (Ed.), *II Seminario sobre Nematodos Entomopatógenos*, (pp. 54-65). Bogotá.
- Londoño, M. (2001). Las chizas y su manejo. *Hortalizas, plagas y enfermedades*, 36-47. Rionegro, Colombia: Corpoica-Sociedad Colombiana de Entomología.
- Luque, J. E. (2001). Nematodos entomopatógenos: Un modelo de línea de investigación en control biológico. In F. d. Colombia (Ed.), *Seminario de nematodos entomoparásitos una alternativa en MIP: "Especies, Biología, Ecología, multiplicación masiva, Técnicas de aplicación, experiencias y perspectivas de uso*, (pp. 4-6). Bogotá.
- Maggenti, A. (1991). General Nematodo Mophology. In M. Dekker, & W. Nickle (Ed.), *Manual of Agricultural Nematology* (pp. 3-46). new York.
- Magurran, A. E. (1988). Diversidad Ecológica y su medición. España: Ediciones Vedral.
- Melo, E. L., & Gaigl, A. (2004). Experiencia con el uso de nematodos entomopatógenos, en el manejo de dos plagas subterráneas del trópico central de Colombia. *Memorias, XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. SOCOLEN.* , (pp. 203-209). Bogotá.
- Melo, E. L., Ortega, C. A., Gaigl, A., & Bellotti, A. C. (2006b). *Evaluación de cinco aislamientos de nematodos entomoparásitos, nativos e introducidos, para el manejo de chizas rizófagas (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) de tercer ínstar.* (P. S. J.C., L. J. E., & P. C. J., Eds.) Universidad Nacional de Colombia.

- Melo, E. L., Ortega-Ojeda, C. A., & GAIGL. (2007). Efecto de nematodos sobre larvas de *Phyllophaga menetriesi* y *Anomala inconstans* (Coleoptera: Melolonthidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 21-26.
- Melo, E. L., Ortega-Ojeda, C. A., Gaigl, A., Bellotti, A. C., & Ehlers, R.-U. (2006a). Evaluación de dos cepas comerciales de entomonematodos como agentes de control de *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 31-38.
- Milligan, G. W. (1980). An examination of the effect of six types of error perturbation on Fifteen Clustering Algorithms. *Psychometrik*(45), 325-342.
- Molina-Acevedo, J. P., & López-Nuñez, J. C. (2003). Supervivencia y parasitismo de nematodos entomopatógenos para el control de *Hypotenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) en frutos del Café. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 29(2), 523-533.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. 84. Zaragoza, España.
- Morón, M. A. (1994). Aspectos Biológicos sobre Scarabaeidae (Sensu lato) (Insecta: Coleoptera). *Memorias. XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, (pp. 151-158). medellín.
- Morón, M. A., Vallejo, F., & Restrepo G, H. (1998). El género *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Melolonthidae) en Colombia. Un análisis preliminar de su diversidad y distribución. *Avances en el estudio de la Diversidad, Importancia y Manejo de los Coleópteros Edafícolas Americanos.*, 29-36.
- Navarro, F., & Vélez, I. (1999). Evaluación patogénica del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la chisa *Phyllophaga* sp., en el oriente antioqueño. (U. N. Agronomía, Ed.) *II seminario sobre Nematodos Entomopatógenos*, 37-47.
- Neher, D. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators. . *Journ. of Nematol.*, 33(4), 161-168.
- Neher, D., & Campbell, C. L. (1996). Sampling for regional monitoring of nematodes.
- Neher, D., Bongers, T., & Ferris, H. (2004, 08 02). Computation of nematode community indices. *Society of Nematologists Workshop*.
- Nickle, W., & Hooper, D. (1991). The Aphelenchina: bud, leaf and insect nematodes, cap 10. In B. A. Center, & W. Nickle (Ed.), *Manual of Agricultural Nematology*. Meryland.
- Niles, R. K., & Freckman, D. W. (1998). From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In K. R. Barker, G. A. Pederson, & G. L. Windham, *Plant and Nematode Interactions* (pp. 65-85). Madison: American Society of Agronomy.
- Ortega-Ojeda, C. A. (2005). Estudios metodológicos para evaluar el impacto económico de escarabajos Melolonthidae (Insecta: Coleoptera) en tres cultivos tropicales. *Trabajo de grado de Master en Ciencias en Fitoprotección*, 109. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Ortiz, L. E. (1994). Control microbiano de *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipteridae) con el nematodo *Steinernema carpocapsae* en Tumaco, Nariño. *Trabajo de Grado de Ingeniero Agrónomo*, 95. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
- Panesar, T., & Marshall, V. (2001). Key to the forest Nematode Taxa of British Columbia. *Science, technology and Environment División*.

- Paoletti, M. (1999). Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.*(74), 1-18.
- Paoletti, M. G. (1994). Soil biota, nutrient cycling and farming systems. 314.
- Paoletti, M. G., Favretto, M. R., Marchirato, A., Bressan, M., & Babetto, M. M. (1993). Biodiversità in pescheti forlivesi. In C. O. Osservatorio Agroambientale, & P. M. al. (Ed.), *Biodiversità negli agroecosistemi* (pp. 20-56). Forli.
- Paoletti, M., & Pimentel, D. (1992). *Biodiversity in Agroecosystems*.
- Papamija, R., Sánchez, M., & Gómez, E. (2002). Estudio de las poblaciones de nematodos como bioindicadores de la sanidad de suelos cultivados en Maracuyá (*Pasiflora edulis*) en los municipios de Roldanillo. La Unión y Toro. *Fitopatología Colombiana.* , 26, 33-36.
- Parada, J. C. (2001). Uso de Nematodos Entomoparásitos contra *Tecia solanivora* en condiciones de campo. *Seminario Nematodos Entomoparásitos: Una alternativa en MIP*, 42-48.
- Parada, J. C. (2001a). Steinernematidae (Rhabditida: Secernentea) en Cundinamarca y Sur de Boyacá. *XXVIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN*, (p. 94).
- Parada, J. C. (2002, 08 5-9). Introducción al estudio de Nematodos Entomoparásitos. 103. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- Parada, J. C., & C., L. M. (2004). Avances en el registro de nematodos de vida libre en suelos del PNN Chingaza. *Memorias del XVI Congreso Colombiano de La Ciencia del Suelo*, (p. 94). Cartagena de Indias.
- Parada, J. C., Luque, J. E., & Piedrahíta, C. W. (2006). *Nematodos Entomoparásitos. Experiencias y Perspectivas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pardo-Locarno, C. (2000). Avances en el estudio de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en Colombia, observaciones sobre los complejos regionales y nuevos patrones morfológicos de larvas. In S. C. Entomología (Ed.), *XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*, (p. 285). Medellín.
- Pardo-Locarno, L. C. (2002). Aspectos sistemáticos y bioecológicos del complejo chisa (Col, Melolonthidae) de Caldoño, Norte del Cauca, Colombia. 170. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Pardo-Locarno, L. C., Franco, M. P., & Alarcon, A. A. (1995). Estudios preliminares de las chisas (Coleoptera: Lamellicornia) de San Antonio, Cauca. Registros y observaciones en *Laparosticti* y *Pleurosticti*. 21(1), 51-57.
- Poinar, G. O. (1979). *Nematodes for biological control of insects*. Boca Ratón, Florida: CRC Press.
- Posada, O. L. (1993). Las chisas, sus enemigos naturales y recomendaciones sobre su manejo. *Agricultura Tropical*, 30(3), 71-79.
- Restrepo-Giraldo, H., & López-Ávila, A. (2000). *Especies de chisas (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas.
- R-H, E., Wulf, A., & Peters, A. (1997). Pathogenicity of axenic *Steinernema fetiae*, *Xenorhabdus bovienii*, and the bacto-helminthic complex to larvae of *Tipula*

- oleraceae (Diptera) and *Galleria mellonella* (Lepidoptera). *Journal of Invertebrate Pathology*(69), 212-217.
- Rijo, E., Matos, N., & Barrios, A. (1988). *Ciclo biológico de Galleria mellonella bajo condiciones de laboratorio*. Cienc. Tec. Agric. Protección de plantas.
- Ritcher, P. O. (1958). Biology of Scarabaeidae. *Annual Review of Entomology*(3), 311-335.
- Ritz, K., & Trudgill, D. L. (1999). Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges; Discussions paper. *Plant and Soil*(212), 1-11.
- Rueda, L. M., Osawaru, S., Georgi, L., & Harrinson, R. E. (1993). Natural Occurrence of Entomogenous Nematodes in Tennessee Nursery Solis. *Journal of Nematology*, 25(2), 181-188.
- Ruess, L., Michelsen, A., Schmidt, I. K., & Jonasson, S. (1999). Simulated climate change affecting microorganisms, nematode density and biodiversity in subarctic soils. *Plant and Soil*(212), 63-73.
- Ruiz, N., & Posada, L. (1985). Aspectos biológicos de las chisas en la Sábana de Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología*, 11(1), 21-26.
- Sachs, H. G. (1950). Die Nematodenfauna der Rinderexkremente. *Zool. Jahrb. (Syst.)*(79), 209-272.
- Salguero, B. M. (2006). Caracterización de Nematodos de vida libre como Bioindicadores de calidad y salud de suelos bananeros en Costa Rica. 82. (CATIE, Ed.) Turrialba, Costa Rica.
- Schouten, A., Van Esbroek, M., & Alkemade. (1988). Dynamics and stratification of functional groups of nematodes in the organic layers of a Scots pine in relation to temperature and moisture. 26(4), 293-304.
- Seinhorst, J. W. (1959). A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*(4), 117-128.
- Shannon, P., & Carballo, M. (1996). Biología y control de *Phyllophaga* spp.; Serie Técnica. Informe Técnico No. 227. . In CATIE (Ed.), *Seminario-Taller Centroamericano sobre la biología y control de Phyllophaga spp.*, (p. 132). Turrialba.
- Shapiro-Ilan, D. I., Gouge, D. H., & Koppenhöfer, A. M. (2002). Factors affecting commercial success: case studies in cotton, turf and citrus. (R. Gaugler, Ed.) *Entomopathogenic Nematology*, 333-355.
- Siddiqi, M. (2000). *Tylenchida Parasites of Plants and Insects* (2 ed.). (International, Ed.)
- Smith, K. (1999). Factors affecting efficacy. In U. o. Jersey, *Optimal Use of insecticidal Nematodes in Pest Management* (pp. 37-46). New Jersey: Polavarapu.
- Sohlenius, B. (1985). Influence of climatic conditions on nematode coexistence: a laboratory experiment with a coniferous forest soil. *Oikos*(44), 430-438.
- Sohlenius, B., & Sandor, A. (1987). Ploughing of a perennial grass lay-effect on the nematode fauna. *Pedobiologia*(33), 199-210.
- Sohlenius, B., & Wasilewska, L. (1984). Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil. *Journal of Applied Ecology*(21), 327-342.
- Stock, P. (1998). *Sistemática y Biología de nemátodos parásitos y asociados a insectos de importancia económica*. Santa fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral. Esperanza.
- Tamayo, M. (2004). *Nematodos*. Retrieved from <http://www.monografias.com/>

trabajos5/nemato/nemato2.shtml

- Taylor, A. R., Schroter, D., Pflug, A., & Wolters, V. (2004). Response of different decomposer communities to the manipulation of moisture availability: potential effects of changing precipitation patterns. *Global Change Biology*(10), 1313-1324.
- Triviño, J. C. (2002). Biología de *Steinernema feltiae* (Filipjev 1934), Wouts. Mracek, Gerdin y Bedding, 1982 (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia y su bacteria simbiote *Xenorhabdus bovienii* (Akhurst 1983) Akhurst y Boemare 1993. 100. Universidad Nacional de Colombia.
- Van Bruggen, A. H., & Termorshuizen, A. J. (2003). Integrated approaches to root disease management in organic farming systems. *Australian Plant Pathology*, 32(2), 142-156.
- Vasquez, N., & Norato, T. (2000). Validación y transferencia de tecnología para el Control Microbiológico de las Chizas en el Sistema de Producción de Arracacha en Cajamarca. *Revista Nataima*, 18.
- Verschoor, B. C., & De Goede, R. G. (2000). The nematode extraction efficiency of the Oostenbrink elutriator-cottonwool filter method with special reference to Nematode Body Size and Life Strategy. *Nematology*(2), 325-342.
- Viglizzo, E. (2001). *La trampa de Malthus; Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI* (1 ed.). Universitaria de Buenos Aires.
- Villani, M. G., & Wright, R. J. (1988). Entomogenous nematodes as biological control agents of European chafer and Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae infesting turf grass. *Journal Economic Entomology*, 81(2), 484-487.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2007). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (2 ed.). (P. d. Biodiversidad, Ed.) Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Weiner, L. F., & Capinera, J. L. (1980). *Preliminary study of the biology of the white grub Phyllophaga fimbripes (Le Conte) (Col: Scarabaeidae)*. (Vol. 53). J. Kansas Entomological Society.
- Wikipedia. (2008). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/biodiversidad>
- Woodring, J. L., & Kaya, H. K. (1988). *Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A Handbook of Biology and Techniques*. (Arkansas Agricultural Experiment Station, Ed.) Fayetteville: Southern Cooperative Series Bulletin 331.
- Yeates, G. W. (1979). Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*(11), 213-229.
- Yeates, G. W. (1994). Modification and qualification of the nematode maturity index. *Pedobiología*(38), 97-101.
- Yeates, G. W. (2003). Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biol Fertil Soils*(37), 199-210.
- Yeates, G. W., & BirD, A. F. (1994). Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. *Fund Appl Nemat*(17), 133-145.
- Yeates, G. W., Bardgett, R. D., Cook, R., Hobbs, P. J., Bowling, P. J., & POTTER, J. F. (1997). Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes. *Journal and Applied Ecology*(34), 453-470.

- Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G., Freckman, D. W., & GEORGIEVA, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera; an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*(25), 315-331.
- Zullini, A. (1976). Nematodes as indicators of river pollution. *Nematol. Medit.*(4), 13-22.

GLOSARIO

- Acelular:** El adjetivo acelular también se usa para designar los tejidos que sólo poseen matriz extracelular y que carecen de células, como la mesoglea de algunos invertebrados o la cutícula de los artrópodos.
- Aislamiento:** Variante genotípica de una especie o, incluso, de un taxón inferior, son organismos de la misma especie pero de procedencia diferente.
- Apareo:** Conjunto de todos los comportamientos de cortejo y cría que realizan dos individuos de distinto sexo para procrear, y que culmina con la cópula.
- Artrópodo:** Arthropoda, del griego αρθρον, *arthron*, "articulación" y πούς, *pous*, "pie") constituyen el filo más numeroso y diverso del reino animal (Animalia). Incluye, entre otros, insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos.
- Bacterióvoros:** Organismo que se alimentan de bacterias.
- Biocontrol:** Es un método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos con objeto de controlar las poblaciones de otro organismo.
- Biocontrolador:** Organismo capaz de regular poblaciones de plagas por cualquier forma de comensalismo.
- Biodiversidad:** También llamada diversidad biológica, es el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución.
- Bioindicador:** Es un indicador consistente en una especie vegetal, hongo o animal; o formado por un grupo de especies (grupo eco-sociológico) o agrupación vegetal cuya presencia (o estado) nos da información sobre ciertas características ecológicas, es decir, (físico-químicas, micro-climáticas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio.
- Biomasa:** Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen o materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
- Biota:** Designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada.

- Blastocele:** Cavidad de segmentación es la cavidad general primaria de los animales durante su desarrollo embrionario; general porque no está abierta al exterior, y primaria porque es la primera cavidad corporal que aparece en el embrión.
- Catzo** Adulto de Coleoptera (Ecuador), equivalente a cucarrón o escarabajo.
- Celoma:** El celoma es la cavidad general secundaria del cuerpo, que se forma en el mesodermo, de animales celomados o eucelomados. Se dice que es general porque no comunica con el medio exterior, lo cual no es estrictamente cierto, ante todo en el caso de la enterocelia, y se dice que es secundaria porque, como tal cavidad general, es la segunda en aparecer, tras el blastocele, a lo largo del desarrollo embrionario.
- Chisa:** Larva o estado inmaduro de un escarabajo (Coleoptera).
- Coevolución:** Término de la Biología por el que se designa al fenómeno de adaptación evolutiva mutua producida entre dos o varias especies de seres vivos como resultado de su influencia recíproca por relaciones como la simbiosis, el parasitismo, la polinización o las interacciones entre presa y depredador.
- Coloide:** El nombre de coloide proviene de la raíz griega kolas que significa que puede pegarse. Este nombre hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos.
- Comensalismo:** Comensalismo se define como una relación interespecífica entre dos organismos vivos, donde uno de los individuos se beneficia y el otro no se ve perjudicado ni beneficiado.
- Compost:** El compost es un abono orgánico, producto de la descomposición de restos de cosechas y animales, los cuales se convierten en elementos nutritivos más asimilables para las plantas.
- Control biológico:** Biocontrol, es un método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos con objeto de controlar las poblaciones de otro organismo.
- Cópula:** Unión sexual entre dos individuos siendo el momento en el cual, el macho y la hembra de una especie se acoplan.

Cutícula:	Capa o película protectora de variada composición material producida por células epidérmicas que cubren el cuerpo de varios invertebrados.
Cutzo:	Larva o estado inmaduro de un escarabajo (Coleoptera), nombre con el cual se denomina en Ecuador a las chisas.
Depredación:	Tipo de relación interespecífica que consiste en la caza y muerte que sufren algunas especies (presa), por parte de otros que se los comen llamados depredadores o predadores. Un mismo individuo puede ser depredador de unos seres y presa de otros. La depredación ocupa un rol importante en la selección natural.
Disectaron:	División en partes de una planta, un animal o un ser humano muertos para examinarlos y estudiar sus órganos.
Ecosistema:	Sistema natural vivo que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico en donde se relacionan, biotopo. Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas tróficas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema.
Ecotono:	Lugar donde los componentes ecológicos están en tensión. Zona de transición entre dos o más comunidades ecológicas (ecosistemas) distintas.
Enemigo natural:	Organismos parasitoides, depredadores y patógenos que controlan especies plaga.
Entomoparásito:	Organismos que parasitan insectos.
Esclerotizado:	Estructura endurecida o parte rígida de un ser vivo.
Espiráculos:	Denominación del orificio respiratorio de muchos animales.
Estilete:	Estructura que se encuentra en la parte anterior de los nematodos esclerotizada y típica de los fitonematodos y depredadores.
Factor biótico:	Conjunto de organismos vegetales, animales, hongos, bacterias y otros microorganismos, interactuando igualmente con otras especies para conseguir alimento, cobijo u otros beneficios mientras que compite con otras (e incluso pueden ser comidas).
Fenología:	Estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina.

Fitoparásitos:	Organismos parásitos de plantas.
Foliar:	Lámina que comúnmente forma parte de la anatomía de una hoja.
Foránea:	Hace referencia a algo de fuera, no nativo.
Formaldehido:	Compuesto químico, más específicamente un aldehído (el más simple de ellos) es altamente volátil y muy inflamable.
Fungívoros:	Organismos que se alimentan de hongos.
Gonoporo:	Poros asociados a las gónadas o aparato reproductor.
Grupo trófico:	"Nivel de alimentación"; categorías de organismos de una comunidad y la posición de un organismo en una cadena alimentaria, definida por su fuente de energía; incluye productores, consumidores primarios, consumidores secundarios, descomponedores.
Índice:	Cifra que le da sentido y facilita la comprensión de la información. Estos nacen de la necesidad de conocer en profundidad la magnitud de un fenómeno y poder realizar comparaciones del mismo en distintos territorios o a lo largo del tiempo.
Inflorescencia:	Disposición de las flores sobre las ramas de forma agrupada, esta disposición es la más común encontrada en las plantas.
Ínstar:	Estado larval de algunos artrópodos holometábolos, que se puede presentar después de una muda.
Marchitez:	Pérdida del vigor, turgencia, frescura y color.
Mesodermo:	Una de las tres capas celulares que constituyen el embrión.
Microartrópodo:	Insecto microscópico.
Morfométrico:	La morfometría es un método que se utiliza en varias disciplinas, basado en la forma de ciertas cosas. De acuerdo a la forma y medidas de los objetos se pueden clasificar o identificar.
Mutualismo:	Relación interespecífica temporal en que ambos organismos obtienen algún grado de beneficio.
Nativo:	Especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana.

Nicho:	Término que describe la posición relacional de una especie o población en un ecosistema o el espacio concreto que ocupa en el ecosistema.
Omnívoro:	Organismo que se alimenta de diversidad de fuentes.
Ovíparo:	Animal cuya modalidad de reproducción incluye el depósito de huevos en el medio externo donde completar su desarrollo antes de la eclosión.
Ovovivíparos:	Animal en el cual los huevos permanecen dentro del cuerpo de la hembra hasta su eclosión. Ésta puede producirse inmediatamente antes de lo que vendrá a ser un parto, o inmediatamente después de la puesta.
Patogénesis:	Origen y evolución de una enfermedad con todos los factores que están involucrados en ella.
Patógeno:	Organismo capaz de causar enfermedad en el hospedero (vegetal) o en el huésped (animal), según el caso.
Peritoneo:	Membrana que envuelve la mayor parte de los órganos del abdomen.
Piral:	Se trata de un lepidóptero o mariposa nocturna o polilla, este término hace referencia a la familia Pyralidae, estas pueden causar daños.
Plasmólisis:	Se produce ya que las condiciones del medio extracelular son hipertónicas; debido a esto, el agua que hay dentro de la vacuola sale al medio hipertónico (ósmosis) y la célula se deshidrata ya que pierde el agua que la llenaba.
Pluviosidad:	La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre.
Policultivo:	El policultivo o Policultura es aquel tipo de agricultura que usa cosechas múltiples sobre la misma superficie, imitando hasta cierto punto la diversidad de ecosistemas naturales de plantas herbáceas, y evitando las grandes cargas sobre el suelo agrícola de las cosechas únicas, o monocultivo. Incluye la rotación de cosecha, multi-cultivo, inter-cultivo, y cultivo en callejones. El policultivo, aunque requiere a menudo más trabajo, tiene varias ventajas sobre el monocultivo.
Prístino:	Hábitat sin intervención donde no ha habido intervención del hombre.

- Pseudocelomados:** Agrupación de filos cuya cavidad general no es de origen mesodérmico y recibe el nombre pseudoceloma (o pseudocele) o blastoceloma. Antiguamente formaron un filo único, los Asquelmintos (del griego *askos*, ampolla o saco y *helmins* gusanos, gusanos que tienen un tubo, el digestivo, dentro de otro, la pared corporal).
- Pseudoesqueleto:** Esqueleto falso.
- Rizófago:** Se refiere al insecto que se alimenta de las raíces de los cultivos.
- Rizósferas:** Medio cercano que rodea al sistema radicular de un vegetal.
- Septicemia:** Infección generalizada de un organismo.
- Simbionte:** Organismo involucrado en una relación simbiótica donde los dos organismos resultan beneficiados.
- Sobrepastoreo:** Se produce cuando las plantas están expuestas a pastoreo intensivo durante largos períodos de tiempo, o sin periodos de recuperación suficiente.
- Taxa:** Organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", de forma que el taxón de una especie es un espécimen o ejemplar concreto.
- Transeptos:** Forma de muestreo en forma de zig zag, que trata de cubrir la mayor parte de un sitio.
- Virulencia:** Capacidad de producir enfermedad; habilidad para invadir y afectar al huésped o algunos de sus órganos o tejidos; patogenicidad.

ANEXOS

Anexo 1. Vegetación encontrada en el remanente de bosque en la finca Utopía-Potrerrillo-Palmira-Valle del Cauca. Colombia.

Nombre vulgar	Nombre científico
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
Guayabo	<i>Psidium guajava</i>
Carbonero	<i>Calliandra pittienrri</i>
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
Chagualo	<i>Clusia multiflora</i>
Caspi	<i>Calophyllum brasiliense</i>
Iraca	<i>Carludovica palmata</i>
Helecho arbustivo	Cyatheaales
Flor Amarillo	<i>Senna spectabilis</i>
Guavo	<i>Inga edulis</i>
Caña menuda	<i>Saccharum officinarum</i>
Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>

Anexo 2. Manejo agronómico del cultivo en el lote de hábitat cultivado de frijol – CIAT, período Enero a Julio del 2010.

	Fecha	Producto	Propósito
1.	13 Marzo	Afalón 1 kg/ha; Stomp 2 L/ha	Herbicida; presiembra y siembra
		Confidor 250 cm ³ /ha	Control: Mosca Blanca, <i>Empoasca</i> y Crisomélidos
2.	26 Marzo	Boro 200 g/ha	Manejo de deficiencias
		Zinc 400 g/ha	Elementos menores que requiere el frijol
3.	2 Abril	Sevin 1 kg/ha	Manejo de Crisomélidos
		Coljap: Nutrifoliar 1,5 L/ha	Fertilización
4.	9 Abril	Elosal 1 L/ha	Acaricida (azufrado) contra ácaro blanco
		Coljap: Nutrifoliar 1,5 L/ha	Fertilización
5.	17 Abril	Sevin 1 kg/ha	Manejo de: Crisomélidos; <i>Epinotia</i> sp.
6.	28 Abril	Milbeknock 250 cm ³ /ha	Acaricida
7.	6 Mayo	Decis 1 L/ha	Insecticida para comedores de vainas
8.	9 Mayo	Milbeknock 250 cm ³ /ha	Acaricida
9.	15 Mayo	Vertimec 300 cm ³ /ha	Acaricida
10.	23 Mayo	Milbeknock 250 cm ³ /ha	Acaricida

Anexo 3. Análisis de suelos de cuatro hábitats muestreados en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre.

Hábitat	pH	MO (g/kg)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
RB	5,07	60,06	39,50	31,83	28,67	7,00
E	5,17	58,94	40,11	29,34	30,55	7,00
CB	5,62	54,43	34,40	32,20	33,40	7,00
FC	7,59	27,67	9,64	70,90	19,46	9,00

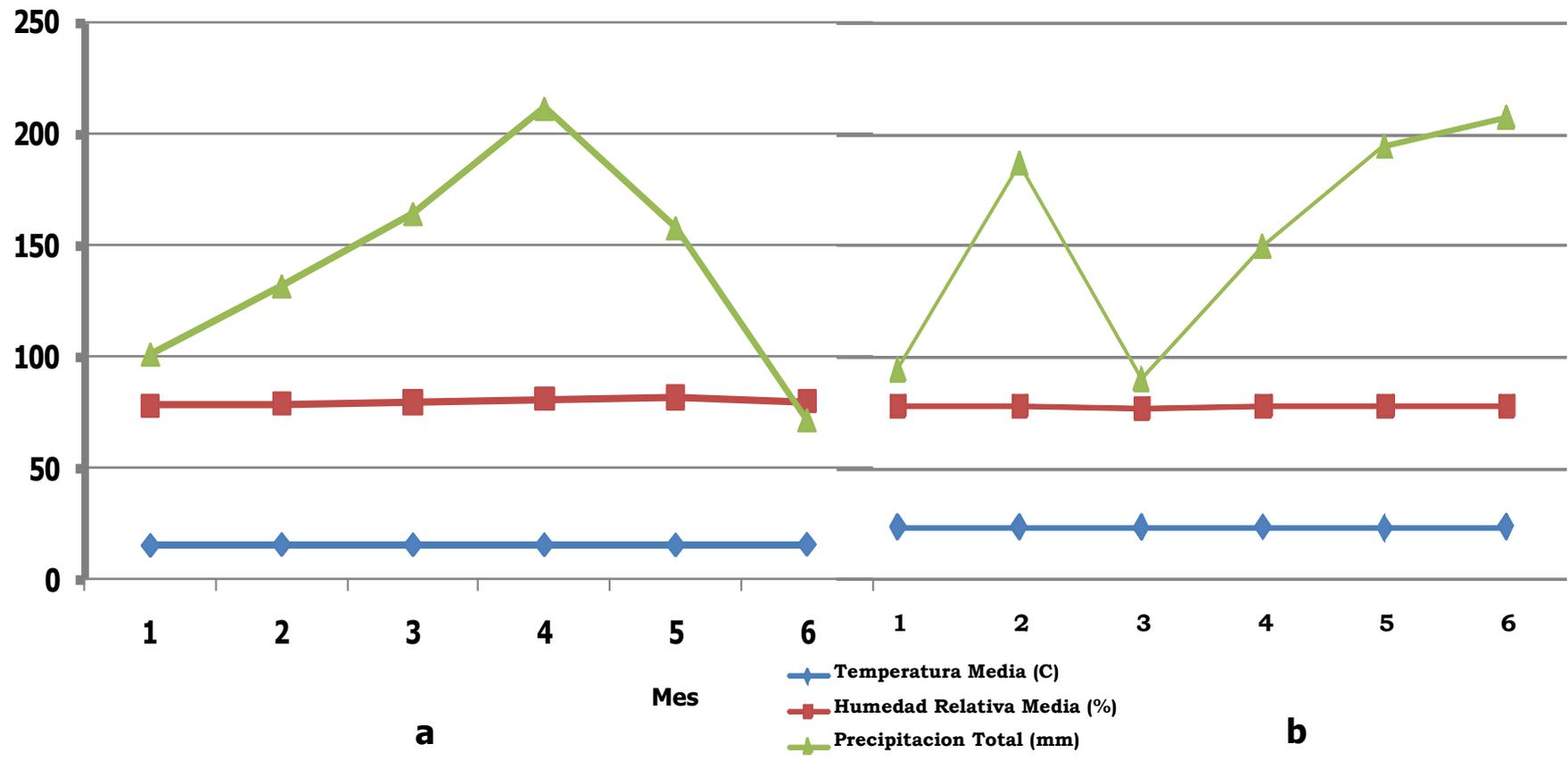
RB: remanente de bosque; E: ecotono; CB: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT.
 Análisis obtenidos a 22 +/- 3 °C y humedad relativa 60 +/- 5 %.
 Textura: 7 = Franco Arcilloso; 9 = Franco Limoso.

Anexo 4. Datos climáticos y geográficos tomados en cuatro sitios muestreados en el Valle del Cauca-Colombia.

N	W	Temperatura Ambiente (°C)	H.R. (%)	Altura (m snm)	Temperatura suelo (°C)
BP					
03°33'02,9	076°10,5'50,3	20,0	71	1600	16,0
E					
03°33'04,1	076°10,5'52,9	24,5	52	1510	19,8
BC					
03°33'07,2	076°10,5'51,3	23,0	66	1505	18,5
FC					
03°30'11,7	076°2,0'28,8	30,0	47	988	25,0

BP: bosque prístino; E: ecotono; BC: cultivo banano-café; FC: cultivo frijol-CIAT

Anexo 5. Datos climáticos en los dos sitios estudiados en el Valle del Cauca-Colombia en cuatro hábitats (**a.** bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; **b.** cultivo fríjol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre, primer semestre del 2008.



Anexo 6. Número de familias de nematodos por hábitat estudiado en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre.

Familia de nematodos	Número de nematodos			
	Bosque (BP)	Ecotono (E)	Banano-Café (BC)	Frijol-CIAT (FC)
Rhabditidae	140	83	132	101
Rabditonematidae	51	50	58	67
Cephalobidae	14	28	0	0
Diplogasteridae	25	8	28	2
Alloionematidae	45	27	62	29
Diploscapteridae	6	0	0	0
Stomachorhabditidae	9	15	17	0
Criconematidae	30	28	24	8
Hoplolaimidae	101	100	98	61
Paraphelenchidae	24	10	4	0
Aphelenchidae	96	46	134	15
Qudsonematidae	129	99	98	56
Dorylaimidae	136	134	140	63
Leptonchidae	5	6	0	2
Aporcelaimidae	11	13	14	6
Longidoridae	26	0	10	24
Prismatolaimidae	33	36	21	2
Ironidae	22	14	15	13
Triphylidae	10	4	6	7
Mononchidae	37	65	53	20
Milonchulidae	10	16	4	3
Leptolaimidae	10	4	13	23
Xyalidae	4	8	6	10

Anexo 7. Diagnósis diferencial de las familias identificadas de nematodos más frecuentes en los muestreos realizados en el Valle del Cauca-Colombia, en cuatro hábitats (**a.** bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; **b.** cultivo fríjol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre.

Familia Dorylaimidae: Juvenil: seis labios redondeados, estoma tubular, ensanchándose en la base; lámina del odontoestilete a forma de cuchillo con dos anillos guías hacia la punta; base del esófago incluida en el intestino; cola filiforme delgada y larga.

Hembra: presenta las mismas características con vulva plana; labios poco prominentes en posición media, vagina esclerotizada, ovarios didélficos y anfidélficos; cola redondeada.

Familia Rhabditidae: Juvenil: cuatro labios puntudos; cutícula con estriaciones transversales en todo el cuerpo; estoma tres veces más largo que ancho; esófago en cuatro partes; Istmo largo, delgado, bulbo basal redondeado, con cardia en forma de V, base del bulbo enfrenta al intestino; cola coloide con terminación obtusa.

Macho: seis labios redondos, grandes; cutícula con puntuaciones formando estrías longitudinales; estoma liso, con rhabdions fusionados, tres veces más largo que ancho; esófago con bulbo basal enfrentado al intestino; bursa pelodera; dos espículas largas, delgadas con cabeza pequeña, con apariencia fusionada hacia la punta; gubernaculum pequeño; cola conoide con terminación puntuda.

Familia Qudsionematidae: Juvenil: seis labios parcialmente fusionados y redondeados; estoma tubular, con dos anillos guía en la base del odontoestilete, este ancho con lámina en forma de cuchillo con terminación puntuda; esófago con ensanchamiento en la base enfrentado al intestino; se observa una estructura a forma de estilete al lado del canal alimenticio en el esófago correspondiente a una muda; cola angostada abruptamente y con terminación filiforme corta.

Hembra: vulva en posición media, labios aplanados y pequeños; vagina esclerotizada y corta; saco postvalvular uterino pequeño, redondeado; ovarios didélficos, anfidélficos, cortos, reflexos; cola angostada abruptamente en la punta

Familia Hoplolaimidae: Juvenil: estilete pequeño; con lámina terminada en punta con tres ensanchamientos en forma de nódulos en la base; esófago en tres secciones; istmo corto; dos valvas al final traslapado al intestino con células diferenciales al interior; cola biconvexa conoide con punta obtusa.

Macho: cutícula con anulaciones transversales; región cefálica levantada; estilete con longitud tres veces más largo que la región cefálica, robusto, con tres *knobs* redondos en la base; dos espículas largas, delgadas, curvadas, gubernaculum pequeño; cola cónica con terminación puntuda.

Familia Aphelenchidae: Juvenil: estilete pequeño, con lámina terminado en punta con tres ensanchamientos a forma de nódulos en la base; esófago en tres secciones, istmo corto; dos valvas al final traslapado al intestino con células diferenciales al interior; cola biconvexa conoide con punta obtusa.

Familia Rabditonematidae: Hembra: seis labios de apariencia fusionada; estoma tubular; metastoma y telostoma fusionados, esclerotizados; esófago en tres partes, istmo largo, delgado; bulbo basal alargado con una pequeña extensión en la base, introducida en el intestino; poro excretor enfrentado en la base del istmo.

Hembra: vulva en posición media; saco uterino postvascular ovalado; ovarios didélficos, anfidélficos, delgados; cola filiforme.

Familia Mononchidae: Juvenil: seis labios con apariencia fusionada; estoma globular de paredes delgadas, cuticularizadas; dos dientes uno en la base del estegostoma con punta dirigida hacia arriba y uno dorsal en gymnostoma dirigido lateralmente, el diente dorsal está opuesto a un surco no denticulado; base del estoma incluida en el esófago, este es cilíndrico con una estructura tuberculada en la base incluida en el intestino; ánfido oval con apertura redondeada, ubicado debajo de la base de los labios; cola conoide curvada ventralmente.

Hembra: con vulva de labios pocos prominentes; cola coloide curvada centralmente.

Familia Alloionematidae: Juvenil: labios fusionados; cutícula con estriaciones transversales suaves a lo largo de todo el cuerpo; estoma corto; esófago en cuatro partes; istmo grueso, corto, anillo nervioso ubicado en la mitad del istmo, bulbo basal alargado, con dos pequeñas valvas que se incluyen en el intestino; cola conoide.

Familia Prismatolaimidae: Juvenil: seis labios; cavidad bucal espaciosa; esófago cilíndrico, con su base plana enfrentada al intestino; cutícula con presencia de estrías transversales a lo largo de todo el cuerpo; cuatro setas cefálicas prominentes; cheilostoma y gymnostoma fusionados con paredes cuticulizadas delgadas y lisas, aparentando una forma de barril; estegostoma a forma de vestíbulo, con tres conformaciones a manera de dientes dirigidos posteriormente; ánfido en forma de copa, ubicado por debajo de la base del estegostoma.

Hembra: vulva media; con labios invaginados, vagina corta, conectada con el saco uterino post vascular; ovarios didélficos, anfidélficos gruesos; cola filiforme delgada, larga, curvada ventralmente.

Familia Criconematidae: Juvenil: parte anterior puntiaguda; región cefálica levemente redondeada; estilete robusto; región caudal corta, levemente redondeada con uno o dos lóbulos terminales.

Hembra: cuerpo ligeramente curvado; región anterior atenuada con dos primeros anillos bien diferenciados y separado del resto del cuerpo; región caudal conoide o cónica, con

terminación en un lóbulo estrecho y redondo; estilete largo y delgado; poro excretor se abre en la base del esófago; ovario prodélfico recto; espermateca oval-redonda con esperma; vulva cerrada, anillo vulvar superior por encima del inferior.

Anexo 8. Clasificación de las familias de nematodos de vida libre muestreados en cuatro hábitats, de acuerdo a su grupo trófico y valor **c-p**, en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre.

Clase	Orden	Familia	Grupo Trófico	Valor c-p	
Secernentea	Rhabditida	Rhabditidae	2	1	
		Rabditonematidae	2	1	
		Cephalobidae	2	2	
		Diplogasteridae	2	1	
		Alloionematidae	2	1	
		Diploscapteridae	2	1	
			Stomachorhabditidae	2	1
		Tylenchida	Criconematidae	3	3
			Hoplolaimidae	3	3
		Aphelenchida	Paraphelenchidae	1	2
		Aphelenchidae	1	2	
Adenophorea	Dorylaimida	Qudsionematidae	5	5	
		Dorylaimidae	5	5	
		Leptonchidae	4	5	
		Aporcelaimidae	5	5	
		Longidoridae	4	5	
		Enoplida	Prismatolaimidae	2	3
			Ironidae	5	4
			Triphylidae	5	4
		Mononchida	Mononchidae	5	4
			Milonchulidae	5	4
		Araeolaimida	Leptolaimidae	3	2
		Monhysterida	Xyalidae	6	3

Anexo 9. Descripción morfológica del nematodo entomoparásito de la familia Steinernematidae y el género *Steinernema*.

Hembras: De tamaño variable, algunas formas gigantes, alcanzan 10 cm. Cutícula lisa o anillada, la cabeza ligeramente redondeada, los labios unidos, seis papilas labiales interior y cuatro papilas cefálica externa. Ánfido pequeño, posterior a las papilas labiales. Estoma parcialmente con sólo un vestíbulo anterior. Carecen de cuello, cerca de los tejidos del esófago a la apertura de la boca, llegando a la base del vestíbulo. Esófago muscular, rhabditoide con metacarpus ligeramente hinchado, el istmo estrecho rodeado por el anillo nerviosos y una gran glándula basal con válvula reducida o estrecha, la porción anterior del procorpus ligeramente ampliado justo detrás del estoma, a continuación, se extiende el metacarpus ligeramente ampliado, seguido por un istmo y un bulbo basal que contiene una pequeña válvula. Poro excretor generalmente por delante de anillo nervioso. Gónadas anfidélficas, reflexos. La vulva de una hendidura transversal, situado en una protuberancia. En una segunda generación las hembras son de menor tamaño.

Machos: Región anterior similares a las hembras. Testículo separados y estrechos. Espículas en pares, simétricos, moderados o ligeramente curvados. Espícula más ancha que larga, ventralmente proyectada. En vista ventral, gubernaculum estrechándose hacia delante para formar una pequeña parte corta. La punta como flecha, con forma de Y o en forma de cuña. Corpus separados posteriormente. Con cola con 23 papilas genitales. Cola de punta con un mucrón. Bursa ausente.

Medidas: (n=20): Largo=1450 μm (1090-1710); Ancho=102 μm (77-131); cola=30 μm (30,4 μm (23,4-39); Largo de espícula=64.6 μm (58,5-71,5); ancho de espícula=11.1 μm (9.1-13); largo de gubernaculum=47 μm (39-56); ancho gubernaculum =52 μm (3,9-6,5).

Infectivos-juveniles: (tercer estado o juvenil infectivo): estoma colapsado, cuerpo delgado, con o sin doble cutícula, cutícula anillada, esófago de apariencia reducida, poro excretor conspicuo, cola conoide o filiforme, fásmido ubicado en la mitad de la cola y poco visible.

Medidas: (n=20): Largo =558 μm (438-650); Ancho =25 μm (20-30); cola =53 μm (46-61).

Género *Steinernema*.

Hembra: sin fásmido, cola más corta que el ancho del cuerpo; ovípara pero algunos huevos frecuentemente son retenidos en el cuerpo.

Macho: más pequeño que la hembra, parte posterior comúnmente sencilla y once pares de papilas genitales; fásmido no observado, cola terminada redondeada o con mucrón.

Juvenil infectivo: con fásmido pequeño o poco aparente, cola conoide y más corta que el esófago.

Anexo 10. Análisis de Varianza de infección y mortalidad de chisas rizófagas evaluadas para control biológico con nematodos entomoparásitos en condiciones de laboratorio.

1. Evaluación de infección y mortalidad de *Phyllophaga menetriesi* y *P. bicolor* con cuatro aislamientos de nematodos

Arcoseno de la Raíz de la Infección

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
$\text{Arcsen} \sqrt{\% X / 100} \text{ inf}$	32	0,87	0,81	28,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,79	10	0,58	13,86	<0,0001
R	0,01	3	3,1E-03	0,07	0,9728
Chisa	1,41	1	1,41	33,70	<0,0001
Aislamiento	3,02	3	1,01	24,07	<0,0001
Chisa*Aislamiento	1,36	3	0,45	10,82	0,0002
Error	0,88	21	0,04		
Total	6,66	31			

Arcoseno de la Raíz de la Mortalidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
$\text{Arcsen} \sqrt{\% X / 100} \text{ mor}$	32	0,93	0,89	32,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,34	10	0,63	26,26	<0,0001
R	0,02	3	0,31	0,31	0,8164
Chisa	0,88	1	0,88	36,50	<0,0001
Aislamiento	2,20	3	0,73	30,37	<0,0001
Chisa*Aislamiento	3,24	3	1,08	44,69	<0,0001
Error	0,51	21	0,02		
Total	6,85	31			

Raíz de la Infección para *P. menetriesi* con cuatro aislamientos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
$\sqrt{X + 1} \text{ inf}$	32	0,56	0,44	40,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63.49	7	9.07	4.45	0.0027
R	8.49	3	2.83	1.39	0.2705
Época	12.25	1	12.25	6.01	0.0219
Aislamiento	42.75	3	14.25	6.99	0.0015
Error	48.95	24	2.04		
Total	112.44	31			

Raíz de la mortalidad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
$\sqrt{X+1}$ mor	32	0.67	0.57	38.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.31	7	7.47	6.96	0.0001
R	10.20	3	3.40	3.17	0.0428
Época	17.38	1	17.38	16.17	0.0005
Aislamiento	24.73	3	8.24	7.67	0.0009
Error	25.78	24	1.07		
Total	78.10	31			

2. Evaluación de infección y mortalidad de cuatro aislamientos sobre dos edades de L3 de *Phyllophaga menetriesi*.**Raíz de la Infección**

Variable	N	R²	R² Aj	CV
$\sqrt{X+1}$ inf	32	0,62	0,45	39,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70,24	10	7,02	3,50	0,0075
R	8,49	3	2,83	1,41	0,2681
Época	12,25	1	12,25	6,10	0,0222
Aislamiento	42,75	3	14,25	7,09	0,0018
Época*Aislamiento	6,75	3	2,25	1,12	0,3637
Error	42,20	21	2,01		
Total	112,44	31			

Raíz de la Mortalidad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
$\sqrt{X + 1}$ mor	32	0,69	0,54	39,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53,97	10	5,40	4,70	0,0014
R	10,20	3	3,40	2,96	0,0557
Época	17,38	1	17,38	15,12	0,0008
Aislamiento	24,73	3	8,24	7,17	0,0017
Época*Aislamiento	1,65	3	0,55	0,48	0,6999
Error	24,13	21	1,15		
Total	78,10	31			

Anexo 11. Resumen del artículo a publicar en la Revista Colombiana de Entomología (SOCOLEN), incluye resultados del Capítulo 2.

Revista Colombiana de Entomología 36 (2): (2010)

Evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo de *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae)

Evaluation of entomopathogenic nematodes for the management of *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae)

ELSA LILIANA MELO M.¹, CARLOS ALBERTO ORTEGA O.², ANDREAS GAIGL³, ANTHONY BELLOTTI⁴

Resumen: Las larvas de escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) son plagas muy importantes en diversidad de cultivos y climas debido a las pérdidas que producen en la calidad y rendimiento de los productos agrícolas. Una alternativa para su manejo biológico son los nematodos entomopatógenos, parásitos generalistas de éstas, y controladores efectivos en pruebas de laboratorio y campo. Con este antecedente se evaluaron aislamientos de nematodos entomopatógenos nativos e introducidos sobre larvas de tercer ínstar de la especie *Phyllophaga bicolor*, determinando la infectividad y mortalidad de aislamientos de *Steinernema* (*S. riobravis*-Sr, *S. carpocapsae* all Strain-Sc, *Steinernema* sp.-SNI, *S. arenarium*-Sa y *S. feltiae*-Sf1 y Sf2) y *Heterorhabditis* (*H. bacteriophora*-Hb1, Hb2 y Hb3), con una concentración de 10.000 JIs/ml, a 23 °C y 70±5 % H.R. La evaluación se hizo en larvas de uno, dos y tres meses. Los aislamientos más infectivos fueron los de *Heterorhabditis* (93,75 %-Hb2, 89,58 %-Hb1 y 64,58 %-Hb3), comparados con los de *Steinernema* (10,42 %-SNI; 12,50%-Sr; 16,67%-Sa; 22,92 %-Sc; 33,34 %-Sf2; 66,67 %-Sf1). Las menores mortalidades se produjeron con los aislamientos de *Steinernema* (0,00 %-Sc y SNI; 2,08 %-Sr; 6,25 %-Sa; 6,25-Sf2 y 47,92 %-Sf1) mientras que las mayores con los de *Heterorhabditis* (52,09 %-Hb3; 72,92 %-Hb1 y 91,67 %-Hb2). Se presentaron diferencias en infección (1=65,64 %; 2=42,50 %; 3=29,17 %) y mortalidad (1=53,33 %; 2 y 3 promediaron 31,46 %) dependiendo de la madurez de la larva, notándose una disminución de estas variables al acercarse a prepupa. Se podría considerar que para la implementación de manejo de chisas con nematodos el género *Heterorhabditis* es más promisorio, potencializándose este efecto al aplicarlos en larvas jóvenes.

Palabras clave: *Steinernema*. *Heterorhabditis*. Control Biológico. Chisa.

¹ M. Sc. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. A.A. 6713, tel.: 445 00 00, fax: 445 00 73. Correo electrónico: e.l.melo@cgiar.org. Autor para correspondencia.

² M. Sc. Laboratorios de Biotecnología LABIOTSA, Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, caortegao@gmail.com.

³ Ph. D. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Sede Bogotá, agaigl@unal.edu.co.

⁴ Ph. D. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A. A. 6713, Cali, a.bellotti@cgiar.org.

Anexo 12. Hoja de vida.

FORMACIÓN	
M.Sc. EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	
Escuela Politécnica del Ejército- ESPE- Ecuador.	2007-2008
LICENCIADA EN BIOLOGÍA Y QUÍMICA	
Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia,	1989.
ESPECIALISTA EN CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS AGRÍCOLAS	
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).	Palmira, Colombia.
ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA DE ÁCAROS PHYTOSEIIDAE	
Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Brasil,	Piracicaba.
IDIOMAS	
ESPAÑOL	Lengua materna
INGLÉS	70%
PORTUGUÉS	60%

ELSA LILIANA MELO MOLINA

PASAPORTE 31 94 23 49 (COLOMBIA)
CC. 17523396760
 meloelsa@gmail.com
TENIENTE TEODORO CARRIÓN Y MACHALA
CEL: 095 917 90 75

EXPERIENCIA PROFESIONAL

ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN

Proyectos:
 Crop and Agroecosystem Health Management; y,
 Cassava Entomology del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Colombia. 1989 – hasta la fecha.

ASESORA EN CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS

Biofábrica de hongos comestibles Champiñones del Valle – CHAVAL, Quito, Ecuador

DIRECTORA DE TESIS DE PREGRADO DE ADMINISTRADORES AMBIENTALES, BIÓLOGOS E INGENIEROS AGRÓNOMOS

Temas de cría de insectos y manejo de nematodos entomopatógenos para el control de plagas. 2003-2006.

CAPACITADORA PERMANENTE DE INVESTIGADORES Y ESTUDIANTES DE PREGRADO Y POSGRADO, NACIONALES E INTERNACIONALES

En Manejo integrado de plagas, Control biológico, Crías masivas de insectos y patógenos. CIAT. 1989 – hasta la fecha.

PARTICIPACIÓN EN EVENTOS COMO EXPOSITORA

Participación en aproximadamente 20 eventos (cursos, seminarios, congresos) nacionales e internacionales.

COMPETENCIAS ADICIONALES

PUBLICACIONES:

INFORMÁTICA

Manejo de diversas aplicaciones de cálculo y texto bajo Windows ®; y, Estadística bajo Infostat ®.

FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Búsqueda y Manejo de Información y Técnicas de Escritura para Publicaciones Científicas.

Más de 30 Cursos, Congresos y Reuniones nacionales e internacionales, principalmente en temas de:

- Control Biológico
- Protección vegetal
- Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades
- Administración
- Estadística
- Taxonomía de insectos y ácaros
- Manejo de documentos
- Planificación Estratégica
- PNL

Capacitación en Primeros Auxilios y en Primera Respuesta a Incidentes con materiales peligrosos.

Más de 40 publicaciones en revistas y libros, nacionales e internacionales.

PREMIOS O MÉRITOS:

TERCER LUGAR EN EXCELENCIA A LA INVESTIGACIÓN

Premio "Luis Hernando Pino Santiago Prize", Search for native populations of entomopathogenic nematodes in regions of Colombia and Panama. XXXII Congress of the Colombian Society of Entomology (Sociedad Colombiana de Entomología). 2005.

PRIMER LUGAR

Premio Pedro Luis Alcaraz, mejor trabajo, categoría estudiante. SOCOLEN. Biosistemática de poblaciones de *Amblyseius limonicus* Garman y *Mcgregor sensu lato* y *sensu stricto* (Acari: Phytoseiidae), y su importancia en el control de ácaro verde de la yuca. 1991.

Premio Hernán Luis Viecco, como mejor trabajo profesional de investigación Congreso XXVII- de la Sociedad Colombiana de Entomología- SOCOLEN. Medellín. Aspectos de la Biología y el consumo de *Nesoseiulus cucumeris* y *Typhlodromalus aripo* (Acari: Phytoseiidae) con la presa *Thrips palmi* Karny (Tysanoptera: Thripidae). 2000.

REFERENCIAS

Anthony C. Bellotti, Ph. D.

Consultor Entomólogo del Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Colombia. (57) - 2- 445 00 00 ext. 3373. E-mail: a.bellotti@cgiar.org

Hernán Ceballos, Ph. D.

Senior Staff Proyecto Mejoramiento de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Colombia. (57) - 2- 445 00 00 ext. 3125. Apartado Aéreo 6713. E-mail: h.ceballos@cgiar.org

Myriam Cristina Duque, Biométrista.

Consultor Estadístico Proyecto Arroz y Unidad de Biotecnología del Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Colombia. Telf. (57) - 2 - 445 00 00 ext. 3487. E-mail: m.duque@cgiar.org