

# BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO EN EL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

Biodiversity in soil nematodes cultivated environment, ecotone and pristine forest in Valle del Cauca, Colombia.

Elsa Liliana Melo Molina<sup>1</sup>, Anthony C. Bellotti<sup>2</sup>, Alma Koch<sup>3</sup>

## 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 Colombia, 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 población de nematodos se presentó en BP y, la menor, en CF. 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 la presencia de bacterióvoros y herbívoros fue más abundante. El índice de dominancia presentó el mayor valor en el FC; mientras que el índice de madurez y diversidad fueron 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 fue 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, y 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 if biodiversity of nematodes reflects quality of the environment in which they occur, as well as 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, Colombia, in two sites (Farm La Utopia and CIAT) and four habitats (BP: pristine forest, E: ecotone; BC: banana coffee FC: bean CIAT), were found two kinds of nematodes, being located within these, 8 orders, being the most abundant Dorylaimida (972) and Rhabditida (997), the first ones were present in greater number in BP environment, while the second ones characteristic of cultivated environments (FC). We also found 23 families; being Dorylaimidae family the minor quantity in FC as result of intensive practices in this habitat. About assessed habitats the greater abundance of nematodes, were present in the BP and the lowest in CF. 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 were founded increased abundance of

<sup>1</sup>M. Sc. Universidad de las Américas - UDLA, Quito, Ecuador, cel: 593 5917 90 75. Correo electrónico: meloelsa@gmail.com. Autor para correspondencia.

<sup>2</sup>Ph. D. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. A. A. 6713, Cali, Colombia. Q.E.P.D.

<sup>3</sup>M. Sc. Escuela Politécnica del Ejército - ESPE. Quito-Ecuador, almakoch@yahoo.com.mx

bacterívoros and herbívoros. The dominance index showed the highest value in the FC environment, while the maturity and diversity indexes showed higher values in the environment BP and lower values for FC. Maturity index shows that farm La Utopía presents an environment since stable to slightly disturb condition. It was found that the percentage of nematodes Dorylaimida was higher in less intervened environment BP. Finally it was reported 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*.

## Introducción

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.

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, puesto que sus poblaciones comprometen diversos grupos tróficos (bacterióvoros, 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 diferentes ambientes estudiados se refieren a, bosque prístino, 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, por lo que en este bosque se encuentra vegetación nativa de la zona. El ecotono, 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. Por otro lado un cultivo intensivo 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.

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). 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.

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).

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):

Es por eso el interés con el cual se plantea esta investigación; como pauta para conocer el estado del suelo, los sistemas de cultivos, temas relevantes en la actualidad y con los cuales se busca obtener conocimientos para un manejo ambiental correcto, aplicable en diversidad de ecosistemas en diferentes países, principalmente del trópico.

Con estos antecedentes, se propone **caracterizar la diversidad de nematodos en suelos de ambientes cultivados y sin cultivar**. 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.

## Material y métodos

**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 fríjol (**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.

**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 su parte más alta; 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.

Además de esto se realizaron muestreos en tres épocas durante el primer semestre del 2008, con base en la dinámica del cultivo de fríjol 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 fríjol (4 meses después de la siembra (junio).

**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 cm<sup>3</sup> 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 %), con el método Seinhorst (1959), colocándolos en multipozos con 1 cm<sup>3</sup> de solución I (20 etanol; 1 glicerol; 79 ADE), ubicada 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).

**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).

**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), además se calculó el índice de dominancia de Simpson, la cual es una medida de cómo una especie puede dominar una comunidad. 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 (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:  $\sum ((vi) * (fi))$ ; donde: vi= valor c-p para la familia i (1 a 5); fi= frecuencia relativa de la familia i.

También se realizó un análisis clúster, conocido como análisis de Conglomerados, taxonomía numérica o reconocimiento de patrones. 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. 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 (Milligan 1980). Para esto se emplearon los mismos paquetes estadísticos y el mismo índice.

## Resultados y discusión

**Áreas de estudio:** El hábitat **BP** (bosque prístino) presentó vegetación exclusiva del área, como son árboles altos y arbustos nativos, además de grandes cantidades de materia orgánica procedente de la hojarasca caída en el suelo por muchos años. El **E** (ecotono), 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 banano-café (**BC**), sin tratamiento químico solo con incorporación de gallinaza al suelo, la cual es usada como fuente de nitrógeno. 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. 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.

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.

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 allí habitan. La materia orgánica es mayor en los bosques que en los campos cultivados; esto debido a que 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 1994; Fassbender 1993).

**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.

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).

Se encontraron 23 familias en los cuatro hábitats, siendo las más abundantes Dorylaimidae (473), Rhabditidae (456), Qudsonematidae (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; Longidoridae importante por presentar la mayor proporción, lo cual pudo estar influenciado por las prácticas agrícolas intensivas que sufre este ambiente (Bongers 1999; Ferris *et al.* 2001; Leguízamo 2005)

Las familias Rhabditidae, es de los primeros nematodos en colonizar el estiércol (Sachs 1950), en el hábitat **BC**, se presentó 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 frecuentemente gallinaza como abono. En el **BP** se encontraron todas las familias identificadas (23), mientras que en el **E** (21), en **BC** (20) y en **FC** (19).

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)

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.

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**. 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.

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 bacterióvoros (**Tabla 1**). 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.* 1997; Schouten *et al.* 1998; Neher *et al.* 2004; Azpilicueta *et al.* 2008; Leguízamo y Parada 2008). 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 bacterióvoros 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. 1**).

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, los valores mayores en este caso se presentaron para **BP** y los menores para **FC**, 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, no habiendo diferencia entre los dos sitios (**Tabla 3**).

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 poco disturbado; para el **IM** no se encuentra diferencia. 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 3**).

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 3**).

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 durante el ciclo del cultivo.

Como lo reportado por Leguízamo (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 esperaría, 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 3**).

**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. Los infectivos juveniles llevan una bacteria

simbionte 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), se identificó la bacteria simbionte 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 encontrada, esta se ha reportado previamente en Colombia, en el departamento de Cundinamarca (Choachí y Carmen de Carupa) (Parada 2001) (**Fig. 3**).

## Bibliografía

- 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, Argentina. *Nematropica*. 3(1): 75-86.
- BONGERS, T. 1999.** The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil* 212: 13–22, 1999.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. 1999.** Nematode Community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Tree* (14) 6: 224-228.
- BONGERS, T.; ILIEVA-MAKULEC, K.; EKSCHMITT, K. 2001.** Acute sensitivity of nematode taxa to CuSO<sub>4</sub> and relationship with feeding-type and life-history classification. *Environmental Toxicology and Chemical*. 20 (7): 1511-1516.
- CARES, J. H.; HUANG, S. P. 1991.** Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira*. 16: 199-209.
- FASSBENDER, H. 1993.** Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Segunda Edic. CAITE. Turrialba. Costa Rica. 490 p.
- FASSBENDER, H.; BORNERMISZA, E. 1994.** Química de suelo con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José de Costa Rica. 420 p.
- FERRIS, H.; BONGERS T.; GOEDE, R. G. M. 2001.** A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18: 13-29.
- HAMMER, O; HARPER, D. A.; RYAN, P. 2007.** Paleontological Statistics Software Package for Education and data analysis, PAST. <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Copyright Hammer and Harper.
- 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.
- KREBS, C. 1994.** Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance (4 ed.). Harper Collins College Publisher. New York. 801 p.
- 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.
- LEGUÍZAMO, M. C. 2005.** Nematodos de vida libre en suelos de cultivos de papa, pasturas y bosque alto andino en la Vereda Páramo Guerrero-Zipaquirá (Cundinamarca). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. 200 p.
- MAGURRAN, A. E. 1988.** Diversidad Ecológica y su medición. Impreso en España. Ediciones Vedral. 200 p.
- MILLIGAN, G. W. 1980.** An examination of the effect of six types of error perturbation on Fifteen Clustering Algorithms. *Psychometrika*. 45: 325-342.
- MORENO, C. E. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. M y T. Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza. 84 p.
- NEHER, D. 2001.** Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journ. of Nematol.* 33(4): 161-168.
- NEHER, D.; BONGERS, T.; FERRIS, H. 2004.** Computation of nematode community indices. Society of Nematologists Workshop. Society of Nematologists. August, 2. Estes Park. Colorado. U.S.A.
- PARADA J. C. 2002.** Introducción al estudio de Nematodos Entomoparásitos, Manual del II Curso en Nematodos Entomoparásitos, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. Agosto 5 – 9. 103 p.
- PARADA, J. C. 2001.** Steinernematidae (Rhabditida: Secernentea) en Cundinamarca y Sur de Boyacá, XXVIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN, 9. p 94.
- PARADA, J. C.; LEGUÍZAMO M. C. 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. Cartagena de Indias, Colombia, Sep. 27 a Oct. 1. p. 94.
- SACHS, H. G. 1950.** Die Nematodenfauna der Rinderexkrement. *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. Tesis de Maestría en Agricultura Ecológica (CATIE). Turrialba. Costa Rica. 82 p.
- SCHOUTEN, A.; van ESBROEK, M.; ALKEMADE, 1998.** 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.
- 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. Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa fe, Argentina. Octubre 12-16. 106 p.
- VAN BRUGGEN, A. H. C.; TERMORSHUIZEN, A. J. 2003.** Integrated approaches to root disease management in organic farming systems. *Australian Plant Pathology*, 32(2): 142- 156.
- VERSCHOOR, B. C.; DE GOEDE, R. G. M. 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.
- 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. M.; 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.



**Tabla 1.** 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)
<b>Rhabditidae</b>	<b>140</b>	<b>83</b>	<b>132</b>	<b>101</b>
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
<b>Dorylaimidae</b>	<b>136</b>	<b>134</b>	<b>140</b>	<b>63</b>
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

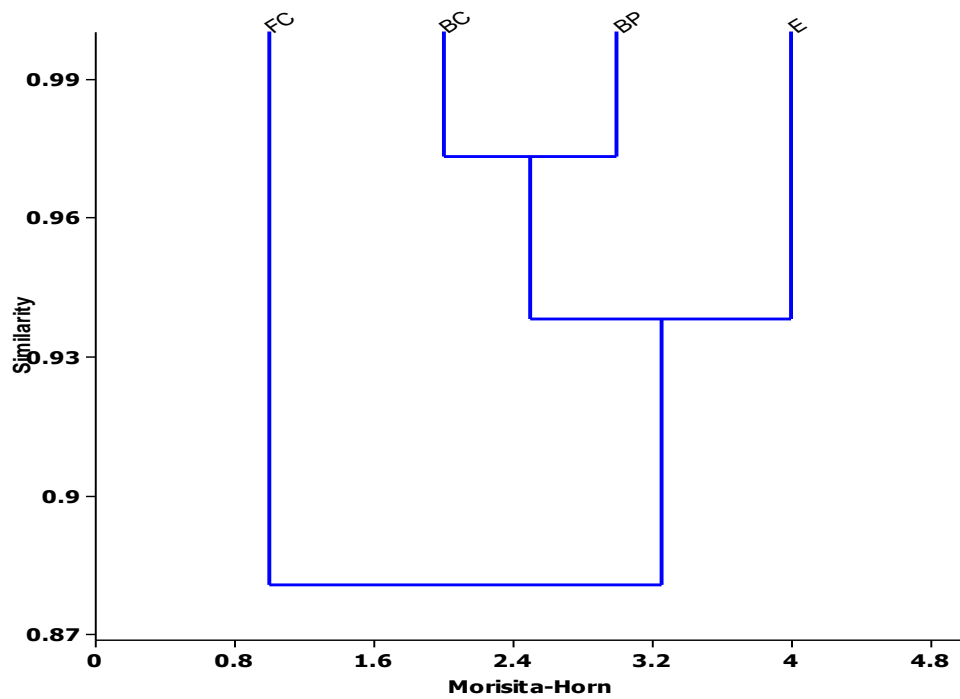
**Tabla 2.** Clasificación de las familias de nematodos de vida libre muestreados en cuatro hábitats, de acuerdo a su grupo trófico y valor **c-p**, en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT), en búsqueda de biodiversidad de nematodos de vida libre.

Clase	Orden	Familia	Grupo Trófico	Valor c-p
<b>Secernentea</b>	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
		Hoplolaimidae	3	3
	Aphelenchida	Paraphelenchidae	1	2
		Aphelenchidae	1	2
<b>Adenophorea</b>	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

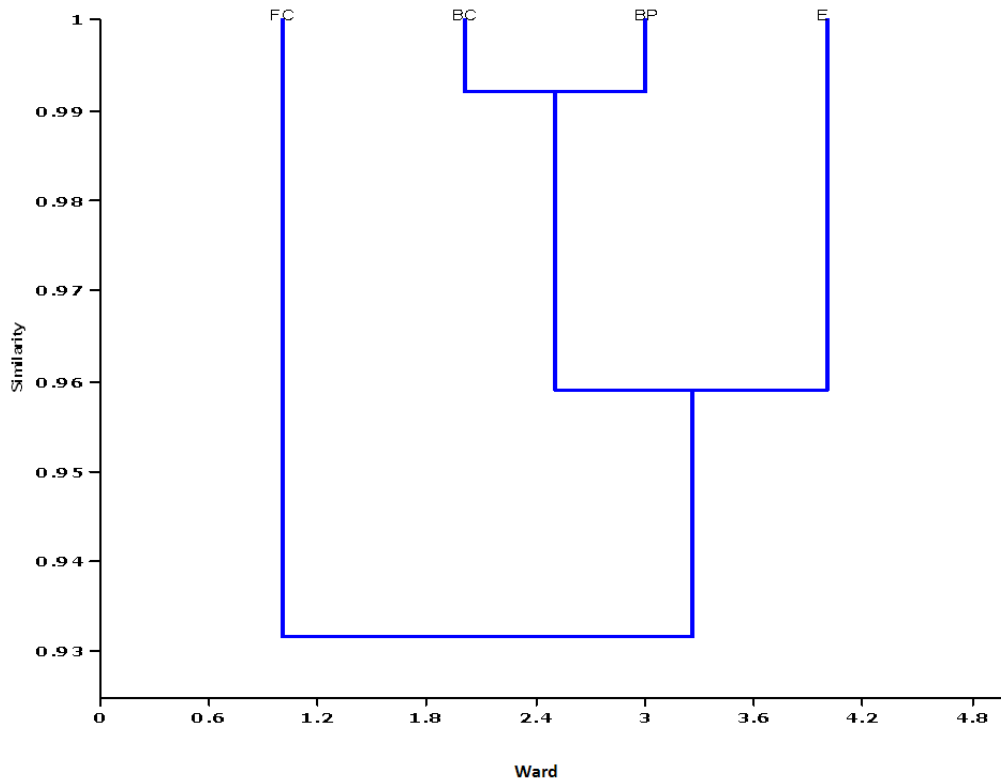
**Tabla 3.** Índices calculados para estudiar la comunidad de nematodos de vida libre en cuatro ambientes en el Valle del Cauca-Colombia (bosque prístino; ecotono; cultivo banano-café; cultivo frijol-CIAT).

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

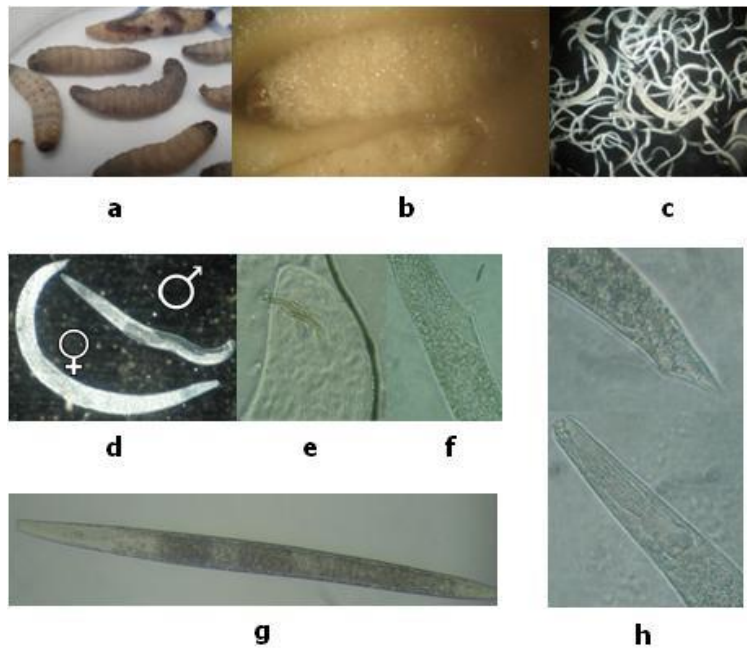
**IM:** índice de madurez modificado (sin tener en cuenta herbívoros); **mIM:** índice de madurez total; **PPI:** parásitos de plantas; **BP:** bosque prístino; **E:** ecotono; **BC:** cultivo banano-café; **FC:** cultivo frijol-CIAT.



**Figura 1.** 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 fríjol-CIAT).



**Figura 2.** 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 fríjol-CIAT).



**Figura 3.** 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:** Infectivo Juvenil (IJ); **h:** Cola y esófago típico del grupo.