

COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DE GRUPOS FUNCIONALES DE  
NEMATODOS DEL SUELO EN CULTIVOS DE CEBOLLA, PLANTACIÓN  
FORESTAL Y BOSQUE, EN LA CUENCA DEL RÍO OTÚN, RISARALDA

MARÍA JOSÉ MACHADO RESTREPO

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial

Para optar al título de

Microbióloga industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL

Bogotá, D. C.

Junio de 2009

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DE GRUPOS FUNCIONALES DE  
NEMATODOS DEL SUELO EN CULTIVOS DE CEBOLLA, PLANTACIÓN  
FORESTAL Y BOSQUE, EN LA CUENCA DEL RÍO OTÚN, RISARALDA

MARÍA JOSÉ MACHADO RESTREPO

APROBADO

---

Amanda Varela, Ph. D  
Directora

---

Juan Clímaco Hío, M.Sc  
Jurado

---

Mauricio Romero, M.Sc.  
Jurado

COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DE GRUPOS FUNCIONALES DE  
NEMATODOS DEL SUELO EN CULTIVOS DE CEBOLLA, PLANTACIÓN  
FORESTAL Y BOSQUE, EN LA CUENCA DEL RÍO OTÚN, RISARALDA

MARÍA JOSÉ MACHADO RESTREPO

APROBADO

---

Ingrid Schuler, Ph. D  
Decana Académica

---

Janeth Arias, MSc  
Directora de Carrera

*A Dios, a mi madre y abuela.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme dado las capacidades para formarme en esta profesión, por no dejarme rendir y ser mi eterno apoyo.

A Amanda Varela por su confianza y apoyo durante la elaboración de este proyecto.

A Lina Sierra y Laura Díaz por su gran colaboración.

Al laboratorio de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales (LESYHT) por el apoyo logístico en la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos (CIEBREG) por el apoyo financiero.

A mi familia por el amor y apoyo incondicional.

A mis amigos que me acompañaron y creyeron en mi a lo largo de este proceso.

Junio de 2009

## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	9
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	33
3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	33
3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS.....	34
3.3 JUSTIFICACIÓN .....	36
4. OBJETIVOS .....	37
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	37
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
5.2 MÉTODOS .....	41
5.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	46
5.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	46
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
6.1 Identificación taxonómica y ecológica.....	48
6.2 Parámetros fisicoquímicos y medioambientales .....	55
6.3 Influencia de los parámetros fisicoquímicos y ambientales. ....	65
7. CONCLUSIONES.....	68
8. RECOMENDACIONES .....	69
9. REFERENCIAS.....	70

## RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto del uso de suelo sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos en cultivos de cebolla, plantación forestal y bosque en la cuenca del río Otún se seleccionaron tres fincas por cada uso de suelo y se establecieron tres parcelas de 2,5 m x 2,5 m en las cuales se recolectó una muestra compuesta de suelo. Los nematodos se extrajeron con un elutriador, identificados a nivel de familia y asignados a los grupos funcionales omnívoros, herbívoros, bacteriívoros y fungívoros y predadores. A partir de las abundancias relativas obtenidas se calculó el índice de diversidad de Simpson y el índice de madurez. Así mismo, se midieron parámetros fisicoquímicos y ambientales y se determinó su influencia sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos. Los resultados obtenidos mostraron el efecto del uso del suelo sobre los nematodos predadores los cuales presentaron una mayor densidad en la plantación forestal. Se encontró un índice de madurez mayor en la plantación forestal y una mayor diversidad en bosque respecto a los demás usos. Se determinó que la temperatura del suelo influyó sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos en bosque, plantación forestal de pino y cultivo de cebolla. Este trabajo constituye el primer registro de nematodos de vida libre en suelos de la zona cafetera Colombiana.



## **ABSTRACT**

To determine the effect of land use on the nematode functional groups density in onion crops, pine plantations and forest at Otún's watershed, nine farms were selected; three for each land use and for each farm, three sites of 2.5 m x 2.5 in which a composed sample was collected.

An elutriator was used for the nematode extraction and nematodes were identified at family level. for each individual a functional group was assigned: omnivores, herbivores, predators, bacteriovores and fungivores. From the abundance it was estimated the Simpson's diversity index and the maturity index. Physicochemical and environmental parameters were measured and their influence on the nematode functional groups density was determined. The results showed the effect of the land use on predatory nematodes which presented the highest density on pine plantations. higher maturity index was found and a greater diversity in relation to other land uses. It was determined that soil temperature had influence on density functional groups of nematodes in forest, pine plantations and onion crops. This work constitutes the first record of free-living nematodes in soils of the Colombian coffee zone.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema integrado constituido por materia orgánica, materia mineral, aire, agua entre otros, siendo este un medio ideal para el crecimiento de las plantas, diferentes comunidades microbianas y organismos, dentro de los que se encuentran los nematodos. Los nematodos son organismos invertebrados diversos y abundantes en sistemas acuáticos y edáficos, especialmente en aquellos que proveen fuentes de carbono orgánico y nitrógeno; su abundancia está asociada con el contenido de humedad y la disponibilidad de fuentes alimentarias. Estos cumplen actividades multifuncionales, tales como parásitos de plantas, animales y del hombre, algunos son protectores de organismos impidiendo su ataque por otro tipo de microorganismos; son mejoradores del suelo ya que intervienen en la descomposición de materia orgánica, mineralización y ciclaje de nutrientes, principalmente en la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, así mismo son indicadores biológicos debido a que sus poblaciones se pueden correlacionar con el estado de la vegetación probablemente como respuesta a cambios físicos y químicos en el suelo.

Los estudios en diversidad de poblaciones de nematodos del suelo son escasos, principalmente por los continuos cambios de las características del suelo producidas en los últimos años causados por el aumento de la producción agrícola, el uso de productos químicos y la mecanización, lo cual ha desencadenado una variación en las características fisicoquímicas de suelo, sus componentes y en la dinámica poblacional, en cuanto al crecimiento, reproducción, supervivencia de los organismo que habitan en el.

La supervivencia y crecimiento de diferentes poblaciones de organismos vivos dentro del suelo está regulada por condiciones edáficas, tales como, temperatura, humedad, pH, materia orgánica, distribución de agregados, entre otros. Las diferentes formas que el hombre ha utilizado para explotar la tierra, tales como cultivo de cebolla, plantaciones forestales de pino y el aumento desmesurado de la intensidad de los usos del suelo, el agregar productos químicos con el fin de

mejorar la productividad y la mecanización han afectado negativamente en mayor o en menor grado a los ecosistemas naturales causando una disminución de la productividad del suelo, acumulación de contaminantes, falta de agua, aparición de resistencias a los pesticidas en las plagas, pérdida de especies polinizadoras y habitats salvajes; quizás el más importante y donde hay una menor investigación se refiere a las transformaciones de las características fisicoquímicas del suelo, alterando de esta misma forma sus componentes, la disponibilidad de nutrientes para las plantas, el crecimiento, reproducción y supervivencia de diferentes especies, incremento de algunos grupos tróficos de diferentes especies.

Los estudios de los nematodos se han enfocado al papel negativo que desempeñan en el desarrollo de cultivos de importancia económica; dejando a un lado el papel que estos pueden desempeñar como indicadores de la calidad de diferentes ecosistemas, al estar en todos los niveles tróficos.

Bajo este contexto la propuesta de este estudio es realizar una comparación de la densidad de los diferentes grupos funcionales de nematodos en tres diferentes usos de suelo: cultivo de cebolla, plantaciones forestales de pino y bosque con el fin de establecer una relación entre la presencia de estos organismos y los parámetros fisicoquímicos del suelo, para determinar el impacto del uso del suelo sobre la estructura comunitaria de los grupos funcionales de nematodos.

## **2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA**

El suelo es la capa superior de la Tierra que se distingue de la roca sólida. Los suelos son formaciones geológicas naturales, agregados de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada de viento, agua y procesos de desintegración orgánica, a esto se le atribuye su continua evolución y variedad (Navarro, 2000). El suelo con cada uno de los componentes que lo forman ya sea en su función química, física o biológica, es un recurso natural fundamental para la agricultura como soporte de los ecosistemas

naturales, así como del ciclo del agua y de los elementos químicos, incluyendo carbón, nitrógeno, y fósforo (Rosales, 2006). La composición química y estructura física del suelo está determinada por el tipo de material geológico que lo origina, la cobertura vegetal, la topografía y los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Lederberg, 2000).

El suelo presenta una gran diversidad de comunidades microbianas que participan en el ciclaje de nutrientes, su salud, estructura y por ende fertilidad, contribuyendo al sostenimiento vegetal (Kennedy, 1999). Asimismo otros autores han mencionado que el suelo es también hábitat de muchos microorganismos, los cuales directa o indirectamente impactan el crecimiento de los cultivos a través de múltiples funciones, entre las que sobre salen la descomposición de la materia orgánica en nutrientes disponibles para las plantas, producción de humus que mejora la estructura del suelo (Atlas y Bartha, 2001) y de sustancias que ayudan a los cultivos a crecer, a defenderse de las plagas y enfermedades, entre otras funciones (Rosales, 2006).

### **Características Físicas**

El suelo está constituido por materia mineral, materia orgánica, agua y aire siendo un modelo ideal para ser el soporte de crecimiento de plantas y diferentes comunidades (Navarro, 2000). Según la relación de estos componentes en la matriz del suelo, este puede presentar diferentes características físicas y químicas que determinan su textura, estructura y porosidad.

El perfil del suelo se considera como la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre, constituido por una serie de capas u horizontes que se diferencian estructuralmente en su textura, color y consistencia, además de poseer diferencias fisicoquímicas y microbiológicas (Navarro, 2000). Se han establecido seis horizontes, el O referente a las capas superficiales en la que domina el detritus orgánico, el A, que contiene acumulación de materia orgánica descompuesta (humus), el E, compuesto en su mayoría por partículas de arena y limo, el B compuesto por material rocoso, el C poco afectado por la génesis del suelo y el R compuesto por basalto, granito, piedra arenisca ó piedra caliza (Coyne, 2000).

La textura del suelo determina el área de superficie disponible como hábitat para el crecimiento de los organismos. La estructura del suelo es establecida por la distribución del tamaño de las partículas individuales del suelo. Teniendo en cuenta la influencia del tamaño de estas partículas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, se han clasificado por medio del análisis granulométrico de la siguiente manera, arena gruesa a una tamaño de de 200 a 2000 $\mu$ m, arena fina 20-200, limo 20 y arcilla < 2 (Navarro, 2000).

La arena, la arcilla y el limo se adhieren entre sí formando agregados que se mantienen unidos por minerales orgánicos precipitados, sustancias húmicas (Coyne, 2000) y polisacáridos producidos por microorganismos (Latorre, 2007). Dependiendo de su forma, los agregados definen la estructura del suelo.

La temperatura del suelo varía con la profundidad y época del año. La fluctuación es mayor en los primeros 15 cm y disminuye conforme aumenta la profundidad (Brodie, 1976). La temperatura es la variable física que tiene un gran significado biológico y puede afectar diversas actividades de los nematodos tales como el movimiento, desarrollo y reproducción (Ramírez, 2008). El contenido de agua en el suelo es un factor ecológico muy importante e influye en la sobrevivencia de estos organismos. En suelos secos la sobrevivencia de los nematodos disminuye, muchos mueren mientras que otros tienen la capacidad de sobrevivir en ausencia total de agua en estado de anahidrobiosis (Luc *et al.*, 1990). La humedad del suelo varía con la profundidad y la época del año, esta es más baja en los 30 cm superiores y más alta a profundidades mayores. Aunque varía de mes a mes en los primeros centímetros del suelo, generalmente la variación es mayor en verano que en invierno (Brodie, 1976). Otro factor que influye es la aireación del suelo la cual depende de un espacio poroso, el cuál está ocupado por aire y/o agua. Según su origen se distinguen dos tipos importantes de poros del suelo, en primer lugar existen los espacios entre agregados y en segundo lugar los bioporos resultantes de del desarrollo de las plantas (raicillas y pelos radiculares) y a la fauna del suelo. La capacidad de aire de los suelos determina el poder de suministrar oxígeno a las raíces, el intercambio gaseoso con el medio ambiente y la formación de un extenso sistema radicular asociado con la absorción de nutrientes y agua (Lopez, 1991).

## **Características Químicas**

**pH** . Es un factor de gran importancia ya que afecta directamente la disponibilidad de nutrientes y cambia las características químicas del ambiente (Van der Wal, 1994). La concentración de iones hidrógeno en el suelo influye sobre la mayoría de las interacciones entre compuestos sólidos y líquidos afectando la movilidad de éstos en el suelo (Donald, 1999).

La materia orgánica del suelo está constituida por organismos vivos (microorganismos, animales y raíces de plantas), materia orgánica en descomposición y la fracción húmica del suelo (Latorre, 2007). La materia orgánica del suelo sufre procesos de oxidación que llevarán a la producción de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Sin embargo una parte de la materia orgánica escapa a este proceso de oxidación y se transforma en grandes macromoléculas insolubles y constituyen la fracción húmica o humus (Atlas y Bartha, 2001).

En el proceso de degradación de materia orgánica, el metabolismo de los microorganismos heterótrofos se encuentra regulado por factores como aireación, humedad, pH y disponibilidad de nutrientes en el suelo. Algunas condiciones que favorecen este proceso de degradación son bajas relaciones C:N, pH cercanos a la neutralidad, adecuada aireación y humedad y temperaturas de suelo entre 30 y 40°C (Latorre, 2007).

## **USO DEL SUELO**

El uso del suelo es el término de la planificación que designa la actividad o propósito específico a la que se destina un territorio (Malagón, 2003) es decir que es el resultado de la acción del hombre sobre el ambiente natural; así mismo el uso del suelo depende en gran medida de las características de la vegetación natural, en cuanto a las características fisicoquímicas del sitio, la competencia entre especies y el lugar que ocupan: los humedales, cuerpos y corrientes de agua, eriales y afloramientos rocosos (Torres, 2008).

El uso del suelo es un indicador de los cambios o transformaciones en el tiempo del área del municipio, que está siendo destinada para uso agropecuario, permitiendo establecer cifras sobre las tendencias del cambio, ampliación o reducción de la frontera agrícola (Malangón, 2003; Torres, 2008) y ver, de alguna forma, la presión que este tipo de uso está ejerciendo sobre los ecosistemas naturales (Jaramillo, 2004; Torres, 2008).

La Unión Geográfica Internacional (UGI) ordena el uso actual del suelo desde el punto de vista de la intensidad del uso. Así, la clase uno es la correspondiente al suelo que recibe la mayor actividad del hombre, donde hace las mayores inversiones por unidad de superficie y hábitat; transita y desarrolla su vida comercial o cultural a diario, en este caso están las áreas construidas (Torres, 2008). En orden ascendente de subíndices se desarrolla la clasificación en función de la disminución de actividad e inversiones del hombre y en el aumento de la influencia del ambiente natural, hasta la clase de mayor subíndice que es la clase nueve, en la cual no existe posibilidad alguna de que el hombre actúe; estas tierras reciben el nombre de áreas improductivas o eriales, pero juegan un papel importante en la conservación del ambiente (Jaramillo, 2004).

El impacto del uso del suelo puede ser medido por varios tipos de indicadores: (i) indicadores de estado, (ii) indicadores de presión e (iii) indicadores de respuesta. Estos últimos se refieren a indicadores ambientales como estado de los recursos naturales: aire, agua, suelos, fauna y vegetación, los cuales son afectados por diversas actividades humanas entre ellas la agricultura (Rodríguez, 2005).

Los indicadores ambientales están sujetos a una serie de criterios derivados de los procesos de la toma de decisiones, es decir, dependerán de los objetivos, metas y políticas de orden nacional, regional o local. Sin embargo existen criterios generales para su selección entre ellos: deben servir como amplificador en el cambio ambiental, reflejar un aspecto fundamental o un valor incrementado de ese aspecto ambiental (Malagón, 2004), ser aplicables a escala nacional o regional representando importancia nacional; ser sensibles de monitorearse para proporcionar estadísticas variables y datos reproducibles que muestren tendencias

sobre el tiempo y preferiblemente rangos de regiones ambientales, tener validez científica, ser costo-efectivos, tener relevancia en las políticas y en las decisiones de manejo, contribuir al monitoreo de alcance de metas y ser consistentes o comparables con otras regiones o países (Rodríguez, 2005).

### **Uso suelo Colombia**

Colombia ha sido un país con suficientes recursos naturales, que han permitido a través de los siglos una vida holgada para el ciudadano colombiano; sin embargo se comienza a notar en parte sustancial de su territorio la angustia de la escasez, el impacto del deterioro del suelo, la contaminación del ambiente, la desaparición definitiva de no pocas especies de la vida silvestre, la ocupación en labores agropecuarias de suelos exclusivamente forestales, la presencia de construcciones en zonas por excelencia de alta producción agrícola (Pereira *et al.*, 2006), el hacinamiento de la gente en las ciudades, la presencia de plagas y enfermedades de especial virulencia en cultivos y ganados y el aumento de inundaciones, grandes y peligrosas avenidas, derrumbes y sequías intensas, atribuye en gran medida, al mal uso de la tierra y a la explotación irracional de la vida silvestre (Malangón, 2003; Torres, 2008).

Estudios adelantados por el IGAC acerca del uso de la tierra se ha concluido que las tierras con cobertura de bosques ocupan el 50,7% del país; las tierras en pastos comprenden el 26,6% y la vegetación de sabana el 10,8%; Las tierras en agricultura constituyen el 3,7%; los cuerpos de agua y pantanos el 2,6% y los matorrales 1,9% (Figura 1); otros estudios indican que las tierras en uso agrícola representan el 4.7% del país, las tierras con pastos, ganadería, representan un 35,1% de Colombia. Las tierras en bosque primario constituyen el 44,9% del país y en unión con el bosque intervenido, el cual es del 40,1%, el 49% del territorio. El 10,7% del país está fundamentalmente representado por pantanos, ciénagas, rastrojos, pajonales, paramos y nieves perpetuas y el 13 % corresponden a zonas urbanas y agua (Malagón, 2004); las tierras bajo pastos ocupan una extensión muy amplia, las dedicadas a la agricultura muy baja y los bosques han disminuido considerablemente (IGAC, 2000). Esto último es preocupante si se analizan



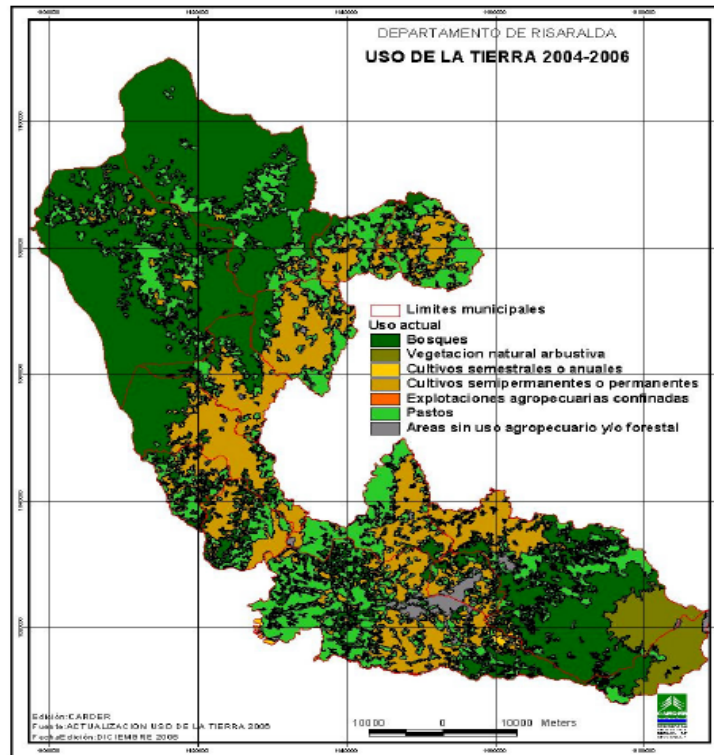
regiones que, como la Andina y la Caribe, han perdido la mayor parte de ellos. El uso actual de las tierras del país está afectando tanto la diversidad biológica, como la productividad agropecuaria y la degradación del ambiente. Esto repercute en aspectos socioeconómicos, en la calidad de los recursos y en el fomento de erosión de las tierras (Jaramillo, 2004; Malagón, 2004).

En Colombia se reporta la existencia de cerca de 20'000.000 de ha en usos agroforestales, equivalentes al 57% y 18% del uso agrícola y del total nacional, respectivamente. Se subraya que el 83% del área agroforestal está en silvopastoreo, lo que representa el 40% del total nacional en pastos de 41'669.796 ha, en tanto que los agrosilvoculturales representa el 17% del área agroforestal nacional y corresponden al 58% del área agrícola nacional de 5'873.920 ha. Adicionalmente se identifica la existencia de cerca de 21'000.000 de ha para uso agroforestales que corresponden al 19% del territorio nacional. En términos relativos el 51% está representado por tierras para usos silvoagrícolas con posibilidad agrícola especialmente para sistemas con cultivos permanentes, 18% para usos silvopastoriles de alta posibilidad ganadera y el 31% restante por tierras cuyo uso principal debe ser el agrosilvopastoril (Gutiérrez, 2002).

Un análisis de los usos del suelo permite determinar dos grandes tipos de sistemas agroforestales en Colombia: los silvopastoriles y los agrosilvoculturales. De acuerdo con la orientación en la producción, los sistemas silvopastoriles se pueden dividir en dos. En el primero, el eje productivo es la ganadería orientado a leche, carne o cría y el segundo se refiere a las materias primas vegetales. En los sistemas agrosilvoculturales la orientación de la producción es hacia la obtención de diferentes productos agrícolas, como es el caso del café, cacao y frutales en policultivos entre otros (Gutiérrez, 2002).

Para el año 2006 el 46,2% del territorio departamental presentaba cobertura boscosa; cerca del 30% cultivos semipermanentes o permanentes; 26% pastos; el 4% vegetación natural arbustiva (rastroy, vegetación de páramo, entre otras); el 1,4% restante no poseía cobertura vegetal (suelos urbanizados y suelos desnudos) como se puede ver en la Figura 1. Lo anterior representa cambios importantes en el

uso del suelo para el periodo 1997-2006, en el que el área en bosque se incrementó en más de 15.200 ha y se incrementaron en más de 14.400 ha las áreas en pastos, a costa de los cultivos semipermanentes y permanentes (particularmente café, a raíz de la crisis de 1992-1994) que se redujeron en más de 26.000 ha (CARDER, 2008).



**Figura 1.** Risaralda, usos de suelo 2006 (CARDER, 2008).

La actividad hortícola del Departamento de Risaralda se desarrolla en los municipios de Pereira, Guática, Santa Rosa de Cabal, Santuario, Dosquebradas y Belén de Umbría, mediante la explotación de pequeños fundos familiares, donde se cultivan renglones como tomate de mesa, cebolla de rama, habichuela, frijol, remolacha, zanahoria, cilantro, repollo, espárrago, acelga, arveja, lechuga y pepino con una extensión de 1694 ha de las cuales 438 se hallan dedicadas a la explotación de cebolla de rama, con una producción de 41754 ton anuales (Latorre, 2007).

En la cuenca del Rio Otún ubicada en el departamento de Risaralda se encuentran bosques premontanos de alta humedad con vegetación arbórea, pastizales

naturales y mejorados, y cultivos mixtos (cebolla y aromáticas), terrenos de alta fertilidad que son utilizados para la explotación maderera y algunos cultivos de subsistencia. Estas tierras son óptimas para el cultivo de cebolla, aromática, plátano, maíz, yuca, frijol, los cuales pueden ser tecnificados o de nivel artesanal. Los suelos del Otún se caracterizan por ser drenados, profundos, con alto contenido de arcillas y materia orgánica y presentar un pH ácido (Latorre, 2007).

Colombia es un país que ha basado en buena medida su desarrollo económico en la explotación inadecuada de sus recursos, suponiendo una existencia ilimitada y un libre acceso a los mismos, lo que ha conducido a una creciente reducción de la biodiversidad, deforestación, degradación del suelo, desecamiento de las fuentes de agua, contaminación y pérdida de la calidad del aire (IDEAM, 2008).



**Figura 2.** Grados de intervención y conflictos de uso de suelo (IGAC, 2000).

Colombia en general, ha intervenido en forma parcial o intensa el 51,2% de su territorio continental. El 48,8% (Figura 2) puede considerarse sin intervención significativa. Las tierras no intervenidas se equiparan con un equilibrio natural adecuado (IGAC, 2000).

De las tierras intervenidas las adecuadamente manejadas representan el 37,7% y las inadecuadas el 59,3% indicando una sobreutilización del 32,7% y una subutilización del 26,6% respectivamente (IGAC, 2000). Las consecuencias de la

sobreutilización de las tierras se reflejan principalmente en la degradación de los recursos naturales, cuya expresión más evidente es la erosión ya comentada. Otras consecuencias de gran importancia están representadas en la disminución de la productividad de las tierras, de su biodiversidad, aumento de las amenazas por inundaciones y colmatación de embalses. Del análisis de la subutilización severa y moderada se ha concluido que en alta proporción, este conflicto se asocia con tierras de vocación agrícola, en especial para cultivos transitorios intensivos y semi-intensivos que en la actualidad son utilizados en actividades pecuarias de baja a moderada intensidad (Malagón, 2003).

La conversión creciente de tierras agrícolas y forestales en tierras ganaderas incide en la pérdida de la biodiversidad, degradación de suelos, por el cambio de uso, y menor generación de empleo por hectárea ocupada (Malagón, 2003, 2004). Otro conflicto generado alrededor del uso del suelo hace referencia a que los seres vivos requieren incorporar energía y diferentes materiales de un ambiente determinado, el cual debe proporcionarles un mínimo de condiciones imprescindibles para la vida y no poseer condiciones adversas para ella; sin embargo la explotación por medio de los monocultivos puede llegar a afectar dicha relación (Torres, 2008).

### **Bosque nativo**

En el departamento de Risaralda se han identificado las siguientes unidades ecológicas por tipos de vegetación: bosques andinos, bosque subandino, bosque altoandino y páramos. Los bosques andinos están ubicados entre los 3.100 y 3.700 m, presentan un porte arbóreo que no suele pasar de los 25 m. En este se encuentran helechos arborescentes, palmas, briófitas (musgos y hepáticas), líquenes, hongos y plantas vasculares pequeñas; además abundan las epífitas. Los géneros más encontrados son: *Laplacea*, *Ternstroemia*, *Freziera*, *Ilex*, *Symplocos* y *Weinmannia* (CARDER, 2006).

El bosque subandino está ubicado a una altura entre los 1.900 y los 2.700 m. En este confluye gran parte de las biotas de la selva basal del Orinoco y del Amazonas con la biota de la selva andina y altoandina. Son bosques pluriestratificados, donde el estrato arbustivo está poco desarrollado y el estrato herbáceo es denso. Con el

paso de los bosques tropicales de las tierras bajas a selvas subandinas, selvas andinas y bosques andinos se presenta una disminución de la altura del dosel, el número de estratos y del tamaño foliar, y un aumento de la densidad de los individuos (Kapelle, 2001). Las especies más características son de la familia de las Lauraceae (Kapelle, 2001); las epífitas encontradas son principalmente musgos, hepáticas, líquenes y helechos, aunque también se encuentran orquídeas, bromelios y ericáceas. Se encuentran también epífitas de las familias de las *Clusiaceae* y *Melastomataceae* (Minambiente, 2008).

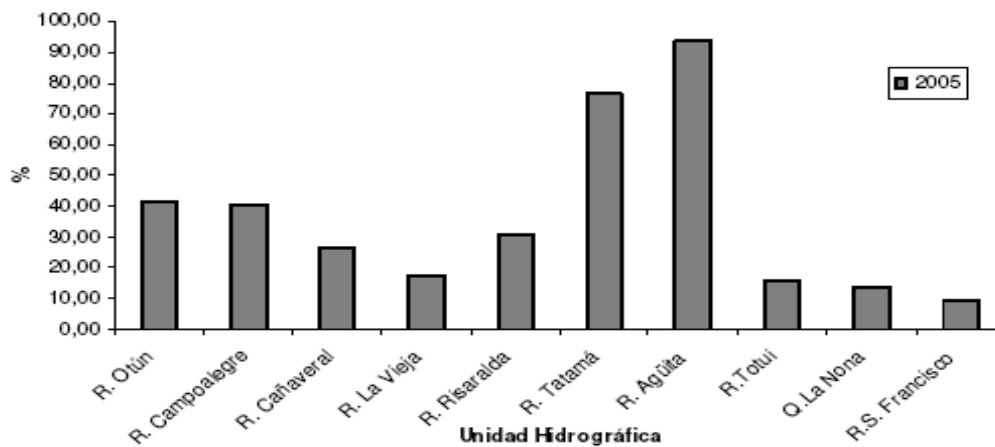
El bosque altoandino se encuentra en las cordilleras Central y Occidental, entre los 3.700 y 3.900 m y en la Cordillera Oriental, entre los 3.100 y 3.700 m; presentan un estrato de árboles de 3 a 10 m, un estrato arbustivo compuesto por arbustos, arbustillos, hierbas altas y un herbáceo, homogéneo en cuanto a composición florística; las briófitas terrestres generalmente forman colchones espesos; las epífitas son abundantes, entre ellas se encuentran las orquídeas, helechos y bromeliáceas (CARDER, 2006). Finalmente los páramos son formaciones vegetales abiertas, sin elementos arbóreos que puedan conformar un dosel; estas unidades ecológicas están caracterizadas por pajonales de gramíneas, arbustillos enanos y plantas arrosetadas; se extienden desde el límite superior del bosque alto andino, hasta el límite inferior de los glaciares (Kapelle, 2001). En las cordilleras Central y Occidental, el límite inferior del páramo se encuentra entre 3.800 y 3.900 m; en la Cordillera Oriental se halla un poco más bajo, entre 3.650 y 3.700 m y en la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentra vegetación de páramo desde 3.100 m (Minambiente, 2008). El concepto de páramo incorpora múltiples elementos, factores, límites, zonificaciones, herencias migraciones, biomasa, fisionomía, estructuras, funcionamiento, evolución y configuraciones. Se integran como sistemas complejos, cuyo conocimiento no debe comprender no sólo los patrones estructurales y fisionómicos, sino las variadas circunstancias espacio-temporales (Zambrano *et al.*, 1995). El páramo tiene algo de desierto y algo de piso nival. Independientemente de que Colombia posea páramos húmedos y secos y que estos sean considerados como los más húmedos del planeta, el páramo por definición es un sitio donde los organismos están sometidos a estrés hídrico, dado que la mayor parte de las aguas localizadas a partir de la capa de humus hacia abajo son

sumamente ácidas (Zambrano *et al.*, 1996). El páramo es un sistema ecológico clave en la regulación de los ciclos hídricos (Zambrano *et al.*, 1995) pues gracias a su constitución vegetal es capaz de retener en sus suelos hidromórficos grandes volúmenes de agua y controlar su flujo hacia las cuencas hidrográficas (CARDER, 2006), el clima y los organismos asociados actúan sobre el suelo generando biomasa fundamental representada en el país por el bosque húmedo tropical, sabanas tropicales y paramos (IGAC, 2003) se han reportado comunidades de *Sorocea sp.*, *Jacaranda hesperia*, y *Pouroma chocoana*, *Ficusmacrocyce*, *Guatteria ferruginea*, *Cecropia sp.*, *Elaeagia utilis*, *Brunellia sp.*, *Pourouma cf. Aspera* y especies de *Inga* (CARDER, 2006). También algunos elementos vegetales característicos de estos ecosistemas son *Calamagrostis effusa*, *Calamagrostis recta*, y frailejones de los géneros *Espeletia*. (Minambiente, 2008).

### **Aprovechamiento forestal**

De los bosques naturales de Risaralda se aprovechan legalmente unas 40 especies maderables, entre las que sobresale la *Guadua* que representa el 84% de las movilizaciones y en menor porcentaje especies como el *Eschweilera alata* (gavilán), *Brosimum guianensis* (guáimaro), *Ficus glabrata* (higuerón), *Gynerium sagyttatum* (cañabrava), *Albizzia lebeck* (carbonero), *Dialyanthera gracilipes* (otobo), *Ocotea sp.* (espadero), entre otros. Del mismo modo dentro de las movilizaciones provenientes de plantaciones forestales, sobresale el *Eucalyptus grandis* (42%), seguido de *Cordia alliodora* (nogal cafetero), *Pinnus patula* (pino patula), (cedro), *Cedrela Odorata Pinnus sp.* (pino), *Cupresus lusitanica* (ciprés), *Fraxinus chinensis* (urapán) y *Cedrela sp.* (cedro rosado). Por subregiones, las movilizaciones legales de maderas se originan el 64% en la subregión I, el 27% en la subregión II y sólo el 9% en la subregión III. En Pereira se origina el 37% de las movilizaciones. El 46% de la madera producida se queda dentro del departamento, el resto es transportado a los departamentos del Valle (41%), Caldas (4%) y Quindío (3%). Porcentajes menores son llevados hacia Atlántico, Antioquia, Meta, Santander y Putumayo. El 93% de la madera que se produce en el departamento se queda dentro del mismo y tiene como destino la subregión I, principalmente Pereira (CARDER, 2008).

En la Figura 3 se observa la cobertura en bosque discriminada para las principales cuencas del departamento. Se observa que las mayores extensiones de bosque se encuentran en las cuencas de los ríos Tatamá y Agüita, de la subregión III, seguidas de las cuencas de los ríos Otún y Campo Alegre de la subregión I; las cuencas de la subregión II en general tienen menor cobertura de bosques (CARDER, 2008).



**Figura 3.** Porcentaje de las cuencas con cobertura forestal año 2006 (CARDER, 2008).

### CULTIVO DE CEBOLLA

Una de las hortalizas cultivadas con mayor importancia en Colombia es la cebolla de rama, *Allium fistulosum* (Gómez *et al.*, 1998). La cebolla junca también llamada cebolla larga o de rama alcanza una vida productiva de 10 años y puede ser cosechada de tres a cuatro veces por año (Jaramillo *et al.*, 1983).

La producción hortícola nacional es explotada en su gran mayoría por productores pequeños, en áreas reducidas, los cuales realizan un manejo empírico del cultivo en las diferentes etapas de crecimiento y producción, también carecen de conocimientos técnicos en las labores de selección de semilla, fertilización, deshierba, manejo de plagas y enfermedades, muchas de las cuales son limitantes

(Pumalpa, 1983). Estas características sumadas a las altas producciones de las especies, al corto período vegetativo y a su perecibilidad, le confieren características especiales de manejo y comercialización dentro de los sistemas de cultivos en Colombia (Castellanos, 1999). Los limitantes que más afectan el cultivo de las hortalizas en Colombia están relacionados con las plagas, los recursos genéticos, la degradación de los recursos naturales y el manejo de los suelos, que afectan los rendimientos y la calidad de la producción. La cebolla de rama se da en climas medios y fríos, en los cuales se puede hallar diferentes grupos de microorganismos indicadores, entre ellos, los nematodos (Gómez *et al.*, 1998; Castellanos, 1999).

Las principales zonas productoras en Colombia son Aquitania (Boyacá), Sabana de Bogotá, Tenerife (Valle del Cauca), Manizales y Villa María (Caldas), Pereira (Risaralda), Pasto y La Laguna (Nariño), y Cajamarca (Tolima) entre otras (DANE, 2001). El sistema de producción de cebolla de rama en el Departamento de Risaralda se encuentra ubicado en los municipios de Pereira, Santa Rosa de Cabal y Guática, ocupando una área de 438 ha; sistema que ha venido siendo atendido por 221 familias aproximadamente bajo una tenencia de la tierra de Aparcería (Castellanos, 1999).

La propiedad de la tierra es bastante fragmentada, las fincas se encuentran ente 0,5 y 3,5 ha, en suelos con pendientes que van del 10 al 70%, paisaje ondulado a quebrado. Los suelos son franco arcillosos y con altos contenidos de materia orgánica (11,3%), fósforo (156 ppm) y potasio (0,63 meq /100 g de suelo); el pH óptimo para la producción de cebolla es 5,6 (Castellanos, 1999).

Los suelos cultivados con cebolla de rama en la región productora del departamento de Risaralda, son de estructura franca, textura liviana, color negro y con gran capacidad de retención de agua; con poblaciones altas de artrópodos (chizas o mojojois), anélidos (lombriz de tierra) y hongos del género *Metarhizium*. Además se ha establecido que existen poblaciones altas de nematodos entomopatógenos, los cuales se han visto favorecidos por las continuas aplicaciones de materia orgánica, como es el caso de la gallinaza (Gómez *et al.*, 1998).



La base de la fertilización del cultivo se fundamenta en la aplicación de abonos orgánicos de origen animal. La gallinaza es el producto que se utiliza; el peso porcentual que tienen los fertilizantes minerales con relación a la gallinaza es del 30% o menos, los complementos foliares se presentan en relaciones muy bajas, siendo la urea el más utilizado y aplicado generalmente en combinación con los plaguicidas en épocas de verano o cuando el cultivo presenta deficiencia (Castellanos, 1999).

Teniendo en cuenta que en los últimos años se ha aumentado el volumen de producción de la cebolla, con el fin de aumentar la rentabilidad de los cultivos y evitar una contaminación mayor del ambiente se están incorporando agroquímicos, dentro de los que se encuentran insecticidas, tales como Lorsban, Malathion, Sistemin, Karate y Thiodan; fungicidas, tales como Dithane, Antracol, Elosal, Padan, Látigo y Agrotin y herbicidas como Karmex, Round-up (Castellanos, 1999). La aplicación exagerada de estos agroquímicos pone en riesgo la salud del productor y hace que los organismos considerados plagas se vuelvan resistentes y por lo tanto se crea la necesidad de aplicar agroquímicos más potentes, los cuales a su vez son más tóxicos y afectan las características organolépticas del suelo, como los organismos de vía libre que viven en este (Ruíz *et al.*, 2007).

## **NEMATODOS**

Los nematodos son los animales multicelulares más numerosos que viven en la Tierra; miden generalmente menos de 2 mm de largo. A pesar de su pequeño tamaño, su organización es bastante compleja. Poseen todos los órganos y sistemas de órganos encontrados en los animales superiores, excepto sistema circulatorio y respiratorio, los cuales no están definidos (Bello *et al.*, 1994). Son biológica y ecológicamente diversos, debido a que son capaces de habitar en la mayoría de los biotipos de nuestro planeta, desde aguas termales hasta hielos árticos (Riera *et al.*, 2006). Algunos autores indican que los nematodos de vida libre se encuentran en el mar, suelos húmedos y aguas continentales, siempre en sitios con algún grado de humedad, especialmente en hábitats en los que hay una intensa descomposición de materia orgánica (Kennedy *et al.*, 2000). Además, la

nematofauna del suelo contribuye hasta con un 19% del nitrógeno total disponible en el suelo, con su excreción (Neher, 2001).

Los nematodos pueden clasificarse en dos tipos según su modo de vida: parásitos y de vida libre, tradicionalmente el primer grupo ha recibido una mayor atención debido a que muchas especies de este grupo provocan importantes pérdidas en cultivos, así como, ser endoparásitos de plantas o de animales. En cambio los nematodos de vida libre han empezado a ser estudiados en los últimos años ya que se ha demostrado su importancia como eslabón trófico en los ecosistemas que habitan (Riera *et al.*, 2006). Las especies de vida libre son abundantes e incluyen nematodos de diferentes grupos tróficos: herbívoros como consumidores primarios, fungívoros y bacteriófagos como consumidores secundarios y omnivoropredadores como consumidores terciarios (Li *et al.*, 2008). Los nematodos parásitos de plantas pertenecen al phylum *Nematoda*. Generalmente se clasifican en dos grandes grupos con relación a su ubicación en el tejido vegetal, es decir, al tipo de relación biotrófica establecida con la planta hospedera (Bello *et al.*, 1994). En este sentido se habla de nematodos ectoparásitos y nematodos endoparásitos. Los ectoparásitos son aquellos que atacan la parte exterior de los tejidos. Se alimentan introduciendo su estilete en los tejidos vegetales, pero cumplen todo o casi todo su ciclo evolutivo en el exterior de la planta hospedera (Sijmons, 1993). Los endoparásitos, como lo indica su nombre, penetran el tejido vegetal total o parcialmente. Se plantea que este grupo pasa al menos una etapa de su vida en el interior de los tejidos donde se alimenta y como consecuencia produce serias lesiones como nódulos, agallas, deformaciones, entre otras (Escobar *et al.*, 1999). Su persistencia en los tejidos por largos períodos supone el establecimiento de una relación hospedero– patógeno muy compleja, razón por la cual se trabaja en esto hoy intensamente (Milligans *et al.*, 1998; Sanz-Alfárez *et al.*, 1999). Los endoparásitos a su vez se dividen en: migratorios y sedentarios. Los migratorios en cualquier estado de desarrollo, excepto el de huevo, se mueven a través y fuera de los tejidos del hospedero. Existen endoparásitos migratorios de partes aéreas y migratorios de partes subterráneas. Los endoparásitos sedentarios pueden ser divididos en dos grandes grupos: los nematodos formadores de quistes y los nematodos formadores de nódulos o agallas en la raíz (Gómez, 2003). Los nematodos de vida libre suelen

encontrarse fundamentalmente en los 10 cm superiores del contorno del suelo, habitando un 90% de estos en los 15 centímetros superiores de este. De este modo, los nematodos resultan activos en capas de agua. Las poblaciones de nematodos son mayores en ambientes orgánicos con pH neutro, aunque su presencia no se restringe a estos ambientes. Asimismo dichas poblaciones son más numerosas cerca de las raíces de plantas que en otros lugares (Burbano, 1989).

Los ciclos de vida de los nematodos de vida libre y la mayor parte de los parásitos de las plantas son simples y directos (Christie, 1991). Según literatura los nematodos presentan altos niveles reproductivos con cinco y seis generaciones anuales (Burbano, 1989). A pesar de su hábitat son aerobios estrictos y aunque pueden sobrevivir en terrenos encharcados, sólo son activos cuando se ha producido el drenaje de los mismos (Kennedy *et al.*, 2000). El espacio y la humedad son factores críticos en su desarrollo, de modo que sólo pueden penetrar entre las partículas del mismo en los suelos de textura muy gruesa. En suelos arcillosos se restringe su posibilidad de vida a medida que aumenta la profundidad, a 30 cm sólo un 5 % del volumen del suelo es habitable para ellos, aumentando hasta el 13 % en la superficie (Kennedy *et al.*, 2000).

Viven mejor en suelos arenosos, con calor y riego abundante, lo que facilita su diseminación (Chabrier *et al.*, 2008). Son muy sensibles a la sequía o a la falta de cultivo. Requieren para vivir lugares muy húmedos (Volcy, 1998), el desarrollo, movimiento y reproducción de los nematodos depende de la concentración de oxígeno del suelo; sin embargo, de los trabajos realizados sobre este tema, se desprende que la mayoría de las especies de nematodos, el contenido de oxígeno en los primeros centímetros del suelo no constituyen un factor limitante (Ramírez, 2008).

Un suelo sin vegetación o sin riego un año o más, reduce notablemente las poblaciones. Sin embargo, hay algunos grupos de nematodos que pueden permanecer en latencia mediante la formación de una típica estructura de resistencia denominada quiste (Ferris *et al.*, 1999). El tiempo que permanecen los huevos sin eclosionar dentro del quiste depende de las condiciones ambientales, de la especie y de la presencia de antagonistas y parásitos en el suelo. La tasa de

declinación de huevos viables en el suelo oscila entre un 20 y 80% en el primer año en ausencia de plantas hospedantes, pero a menudo persisten algunos aún a los 4–5 años, lo que revela su gran capacidad de supervivencia (Volcy, 1998).

El reconocimiento taxonómico y morfológico hace posible establecer los grupos tróficos ocupando así sus integrantes diversas posiciones en cadenas tróficas que intervienen en la estructura y organización funcional edáfica (Leguizamó, 2008). Desde una perspectiva ecológica, y según sus características adaptativas y de comportamiento como estrategias  $r$ - $K$ , las familias de nematodos pueden ser ordenadas en una escala como colonizadores “ $c$ ” (que corresponde a estrategias tipo  $r$ ), persistentes “ $p$ ” (que corresponde a estrategias tipo “ $K$ ”) y aquellos con comportamientos intermedios (Bongers y Ferris 1999). Los colonizadores se caracterizan por ser organismos pequeños, numerosos, capaces de sobrevivir y colonizar bajo condiciones edáficas extremas y ocupan un lugar basal en la cadena trófica; por su parte, los nematodos persistentes presentan características contrarias: se trata de pocos individuos en un hábitat, con mayor tamaño individual, incapaces de sobrevivir en ambientes extremos y presentes en niveles de cadena trófica con mayor adaptación de organismos y presencia de diversas fuentes alimenticias (Leguizamó, 2008).

### **Importancia ecológica**

Los nematodos libres del suelo son importantes como reguladores de la descomposición y liberación de nutrientes, y por sus características biológicas pueden ser usados como bioindicadores de las condiciones edáficas debido a que pueden reflejar cambios en las condiciones del mismo. Por su parte, las especies fitoparásitas adquieren relevancia por su incidencia en la producción de cultivos y en el control fitosanitario (Hawksworth, 1991).

Los nematodos poseen atributos que los hacen útiles como indicadores ecológicos (Wasilewska, 1997). La estructura trófica de la comunidad de nematodos puede proveer una medida integrada del estado de otros grupos de los cuales ellos se alimentan (Azpilicueta, 2008). En cuanto al tamaño de la población de las presas de

nematodos esta se regula por el tamaño de la población de cada tipo de nematodo, es decir, si el número de nematodos que se alimenta de bacterias es bajo, la cantidad de bacterias en el suelo aumentará y, por el contrario si el número de nematodos que se alimentan de bacterias es elevado, disminuirán las bacterias en el suelo. Por lo tanto es importante conocer la población de nematodos de un suelo para indirectamente conocer la de bacterias u hongos, los cuales afectarán el potencial uso de dicho suelo (Volcy, 1998).

Además de su diversidad los nematodos pueden ser útiles indicadores porque sus poblaciones responden rápidamente a los microambientes del suelo (Li *et al.*, 2008). Muchos estudios indican que la abundancia de los nematodos de vida libre del suelo está relacionada con el estado de la comunidad microbiológica (masa microbiana, relación hongo: bacterias, tasa de mineralización). El interés en el estudio de los nematodos como indicadores de calidad del suelo se ha basado en su gran diversidad en el suelo y su participación en la función de muchos sistemas en diferentes niveles de la cadena alimentaria; la rápida respuesta a los cambios de su alimentación base, tamaño pequeño, corto tiempo de sus generaciones, la relativa estabilidad de cambio de poblaciones de nematodos, así como el cambio de tamaño de las poblaciones se pueden inferir del uso del suelo (Bardales, 2006).

Los nematodos intervienen en procesos de descomposición de la materia orgánica mineralización y ciclaje de nutrientes y por ello se consideran importantes para la mineralización o liberación de nutrientes en formas asimilables para las plantas (Lenz, 2000). Cuando los nematodos comen bacterias u hongos, se libera amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) ya que las bacterias y los hongos contienen mucho más nitrógeno que el requerido por los nematodos. Los suelos con gran abundancia de nematodos pueden estar muy sanos o muy enfermos (Neher, 2001). Los suelos sanos tienen cantidades elevadas de nematodos que se alimentan de bacterias, hongos y otros nematodos, liberando compuestos asimilables para las plantas (Burbano, 1989). Por consiguiente, las plantas que crecen en suelos en los que hay más nematodos que se alimentan de otros organismos pueden obtener más nitrógeno y requieren menos fertilizantes, ya que incrementan la fertilidad del suelo, previenen la percolación de agua y erosión del suelo (Hawksworth, 1991). Los suelos en los que hay cantidades

elevadas de nematodos que se alimentan de las raíces de las plantas no están sanos, y deberían manifestar algunos signos de enfermedad en las plantas que crecen en estos (Burbano, 1989).

La definición de grupos funcionales provee una herramienta efectiva para analizar la diversidad de respuestas ecofisiológicas en los ecosistemas naturales. Originalmente un grupo funcional fue definido como un conjunto de especies que cumplen un cierto papel funcional en el ecosistema (Squeo, 1999).

Los nematodos suelen agruparse en cinco categorías basadas en sus fuentes alimenticias y en hábitos de alimentación selectivos. En general se consideran los siguientes grupos tróficos: omnívoros, predadores, fungívoros, bacterióvoros, detritívoros (Neher, 2000), parásitos de vertebrados e invertebrados o herbívoros (Yeates, 1994; Bongers y Bongers, 1998, asimismo algunos autores incluyen una categoría para los de alimentación desconocida (Gobbi *et al.* 1996).

Los nematodos fitófagos se alimentan de material vegetal, siendo estos organismos los más conocidos a causa del daño que ocasionan algunas especies a los cultivos. Los nematodos microbívoros que se alimentan de microorganismos pueden ser bacteriófagos y fungívoros consumiendo bacterias y hongos respectivamente y están involucrados indirectamente en la descomposición y mineralización del nitrógeno debido a su interacción con el resto de la biota del suelo (Neher, 2001). Los nematodos depredadores se alimentan de otros grupos funcionales de nematodos y de invertebrados, mientras que los nematodos omnívoros incorporan fuentes de alimentación variada que incluyen organismos de origen animal y vegetal (Yeates *et al.*, 1993), tales como plantas vivas y muertas y tejido animal. Muchos nematodos parasitan a los humanos y animales. Estos nematodos no suelen habitar en el suelo, pero están presentes en este durante su ciclo vital, planteando un problema ambiental y sanitario (Burbano, 1989).

Otras características adicionales son los rasgos morfológicos, tales como la estructura del esófago, así como la ausencia o presencia de estilete, órgano que sirve para pinchar el alimento (Yeates *et al.*, 1994). El tipo de cavidad bucal determina el grupo trófico de la especie. Por esta razón Wieser en 1954 clasificó los

nematodos en cuatro grupos dependiendo su alimentación: 1A, alimentadores depositívoros selectivos (bacterias), sin cavidad bucal o un fino túbulo; 1B, alimentadores depositívoros no selectivos, con cavidad bucal grande pero sin dientes; 2A, alimentadores de células u organismos que crecen sobre un sustrato, con cavidad bucal con dientes raspadores; 2B, omnívoros/predadores, con cavidad bucal con mandíbulas grandes (Leguízamo, 2008). Moens y Vincx en 1997 realizaron una nueva clasificación sobre la alimentación de los nemátodos estableciendo seis grupos: 1) alimentadores de bacterias 2) alimentadores de ciliados 3) alimentadores depositívoros 4) alimentadores de células u organismos que crecen sobre un sustrato 5) predadores facultativos y 6) predadores (Gómez, 2003).

Los nematodos de vida libre se alimentan de bacterias, levaduras, hifas de hongos y de algas, pudiendo ser saprozoicos o coprozoicos; las especies depredadoras pueden comer rotíferos, tardígrados, pequeños anélidos y otros nematodos. Estos animales cuando están en el suelo pueden ser presa de ácaros, larvas de insectos y hasta de hongos que los capturan y cuando se localizan en el fondo de los cuerpos de agua, se vuelven el alimento de una gran cantidad de crustáceos, peces y anélidos (Lara *et al.*, 2003).

### **Antecedentes**

Puede decirse que el estudio de los nematodos de vida libre comienza prácticamente hacia la mitad del siglo pasado. Uno de los primeros en ocuparse de estos seres fue Dujardin, quien en 1845 en su «Histoire Naturelle des Helminthes», describió algunas formas de agua dulce y muscícolas. Posteriormente el inglés Bastian fue uno de los grandes propulsores del conocimiento de la fauna nematológica con su «Monograph of Anguillulidae». Hacia 1880, el nematólogo holandés De Man, publica sus primeros trabajos siendo una de las figuras más importantes en esta materia, su obra dió impulso definitivo al estudio sistemático y faunístico de los nematodos libres (Quijano, 2003).

En 1913 aparecen los trabajos iniciales de la importante figura de Cobb, del Departamento de Agricultura de EE.UU., autor de numerosos estudios sobre nematodos libres, terrestres y dulceacuícolas de América del Norte y de otros países. El norteamericano Thorne, especialista en Dorilaimoideos, publica en 1936, en colaboración con Swanger, y luego en 1939 dos monografías sobre nematodos libres. Autores notables como András y, Altherr, Loof, Tjepkema, V. R. Ferris, J. M. Ferris, entre otros, han seguido los pasos de éstos y han continuado el estudio de los nematodos libres (Quijano, 2003).

Los estudios que se han realizado alrededor de los nematodos apuntan a que la presencia de estos en residuos vegetales y la ausencia de labranzas cambian las características fisicoquímicas del suelo y también parámetros biológicos como la presencia de insectos y otros organismos asociados al suelo, muchos de los cuales son perjudiciales para los cultivos (Bardales, 2006). En condiciones favorables, los nematodos se desarrollan mientras puedan alimentarse, aumentando considerablemente el número de individuos de la población (Bardales, 2006).

Los nematodos de vida libre facilitan el trabajo de investigación de diversas áreas científicas, dentro de las que se encuentran el nematodo *Caenorhabditis elegans*, el cual ha sido un modelo experimental en biología, ya que se ha podido seguir el origen y destino de todas sus células, desde el cigoto hasta el adulto; se conoce el esquema completo de su sistema nervioso, con todas sus neuronas y conexiones correspondientes y también se ha mapeado, casi por completo, su genoma (Hickman *et al.*, 1988).

Se han empleado los nematodos para pruebas de sensibilidad, en el medio acuático, frente a diversos contaminantes como son metales pesados, plaguicidas, mezclas orgánicas, sedimentos urbanos y descargas industriales entre ellas las de las refinerías de petróleo. Por otra parte, se utilizan en estudios sobre resonancia magnética (Lara *et al.*, 2003).

La acuicultura es un área donde los estudios son más escasos; sin embargo se reportan contenidos de aminoácidos y ácidos grasos esenciales presentes en



*Panagrellus redivivus* y así poder ser utilizados en la alimentación larvaria de peces y crustáceos de importancia comercial como son: camarones, langostinos y peces carnívoros, así como también para peces de ornato. Diversos autores, entre ellos Biedenbach (1989) señalan la posibilidad de sustituir al nauplio de *Artemia* por estos nematodos, ya que estos pueden ser más económicos para la alimentación de las especies antes señaladas (Lara *et al.*, 2003).

A nivel mundial se han desarrollado investigaciones empleando estas dos familias de nematodos para controlar plagas subterráneas de importancia económica, obteniéndose resultados muy prometedores en el campo del control biológico; por ejemplo *Cosmopolites sordidus* en cultivos de banano (Rosales *et al.*, 1998), *Diaprepes abbreviatus* y *Phyllophaga* spp. en caña de azúcar (Sirjusingh *et al.* 1992), *Phyllopertha horticola* y *Amphimallon solstitialis* en prados (Smits 1992), *Popillia japonica* en campos de golf (Villani & Wright 1988, Grewal *et al.* 2002), *Exomala orientalis*, *P. japonica* y *Cyclocephala borealis* en prados (Koppenhöfer & Fuzy 2003), entre otros (Quintero, 2003).

En Costa Rica existen numerosos estudios sobre el impacto, dinámica poblacional, combate y reconocimiento de nematodos, en cultivos de interés económico como hortalizas (López *et al.*, 1981), arroz (López *et al.*, 1988), árboles frutales (López *et al.*, 1987), plátano (López, 1980), papa (Ramírez, 1979), maíz (González, 1978), tabaco (López *et al.*, 1978), caña de azúcar (Ramírez, 1978), banano (Araya *et al.*, 1997), pejíbaye (Arroyo *et al.*, 2004) y café (Badilla, 1988).

Varios estudios indican que la abundancia y composición de los nematodos del suelo son una medida indirecta de la comunidad microbiana del suelo y pueden proveer información adicional de los procesos (Freckman *et al.*, 1985; Ingham, 1994; Gupta *et al.*, 1997; Coleman *et al.*, 1999). Los nematodos son muy sensibles a las prácticas de manejo del suelo (Yeates *et al.*, 1993; Yeates y Bird, 1994), pues actúan como consumidores de microbiota (bacterias, hongos) y como saprófitos, principalmente, mediando la descomposición y liberación de nutrientes a las plantas (Freckman y Ettema, 1993). Actualmente ha aumentado el interés por profundizar en el conocimiento del papel de los nematodos en procesos de los agroecosistemas

tales como ciclaje de nutrientes, en el control biológico y como indicador de manejo de suelos que afectan la abundancia, diversidad y función de esta población y por ende en el ecosistema donde actúa (Yeates y Bird, 1994; Ekschmitt *et al.*, 1999).

El estudio del potencial de los nematodos para el control biológico ha adquirido gran importancia durante los últimos años, debido a la creciente necesidad de disminuir el uso de plaguicidas en los sistemas de producción agrícola (Chaves, 2007). Además estos han sido objeto de estudio como controladores biológicos por su capacidad de ser vectores de bacterias patógenas que causan septicemia en los insectos (Altube *et al.*, 2006). Por lo anterior en Colombia los estudios sobre nematodos se han enfocado más en este aspecto. Amaya & Bustamante (1975) iniciaron el reconocimiento de nematodos como enemigos naturales de las chisas evaluando *Steinernema* (= *Neoplectana*) *carpocapsae* cepa, DD-136, contra larvas de *Premnotrypes vorax*, *Cyclocephala rufficollis* y *Eutheola* sp (Quintero, 2003). Gómez (1983) y Estrada *et al.* (1989) realizaron estudios de nematodos enfocados a la evaluación de poblaciones de los mismos. En 1991 Belalcázar *et al.* realizaron estudios frente al reconocimiento de especies (Castrillón, 2002); en 1994 Londoño y Pérez, aislaron nematodos entomopatógenos de las familias *Rhabditidae* y *Mermithidae* a partir de varias especies de chisas, mientras que Sánchez & Vásquez (1996) aislaron el nematodo *Hexamermis* spp. (*Mermithidae*) de larvas de *Phyllophaga*, *Anomala*, *Serica* y *Plectris*. Cabe destacar también otros trabajos como los de Garzón *et al.* (1996) quienes evaluaron *Steinernema* spp. y *S. carpocapsae* cepa 25 (EXHIBIT®) contra *Premnotrypes vorax*; Sáenz & Luque (1999) quienes probaron *S. feltie*, cepa Villapinzón, sobre larvas de *Tecia solanivora* y *Clavipalpus ursinus*; Londoño (1998) quien empleó *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* contra *P. obsoleta* y Ramírez (2002) quien evaluó la patogenicidad de *Heterorhabditis* spp. sobre larvas de *P. menetriesi* (Quintero, 2003). Dentro de los pocos estudios realizados sobre nematodos de vida libre se encuentra el de Navia *et al.* (2006) el cual evaluó el efecto del aporte de la biomasa vegetal en la temperatura, humedad y dinámica de los nematodos de suelo en el departamento del Cauca. Parada y Leguizamón (2004, 2008) han hecho aportes con respecto al registro y seguimiento de la nematofauna en ecosistemas naturales como el Parque

Nacional Natural Chingaza, hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana y en sistema de maíz–soya en el Departamento del Meta.

### **3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

#### **3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La pérdida de la biodiversidad se ha incrementado en el país, principalmente por las perturbaciones que ejerce el hombre sobre el ambiente, modificando y segmentando el paisaje y estableciendo sistemas productivos como los monocultivos los cuales incentivan el uso de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas), implementación de sistemas de riego, cultivo intensivo y el aprovechamiento extensivo de la tierra, causando un desequilibrio en la funcionalidad y el mantenimiento de las actividades en las que intervienen los nematodos. Entre estas actividades se encuentran los procesos de descomposición de la materia orgánica, mineralización y ciclaje de nutrientes (Matson *et al.* 1997) y por ello se consideran importantes para la mineralización o liberación de nutrientes en formas asimilables para las plantas (Lenz, 2000).

El impacto que ejercen estas prácticas sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos es desconocido y para ello es necesario realizar estudios para determinar de qué manera influyen los diferentes usos de suelo sobre la nematofauna. Adicionalmente, el poder explicar los mecanismos implicados como cambios en características fisicoquímicas y ambientales los cuales permitirán relacionar factores edáficos con la distribución espacial y densidad poblacional de los nematodos (Stirling, 1991). El desconocer la interrelación de las características ambientales en distintos niveles dentro de los ecosistemas y agrosistemas puede afectar el equilibrio de los mismos y la ausencia de prácticas adecuadas, al disminuir la diversidad, afectando el equilibrio natural que ellos generan sobre otras poblaciones de organismos y un vacío en las causales de dicho efecto.

### 3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

**Pregunta 1.** ¿Existen diferencias entre la densidad de grupos funcionales de nematodos de bosque, plantaciones forestales de pino y cultivo de cebolla?

**Hipótesis 1.** Los cultivos cebolla y plantación forestales de pino tendrán menor cantidad de grupos funcionales de nematodos, ya que en un bosque la complejidad estructural es considerablemente mayor que en un cultivo de cebolla o una plantación forestal de pino, lo cual le ofrece a las poblaciones de nematodos mayores recursos tanto alimenticios como de movilidad en relación a otras coberturas, ya que son cubiertas más homogéneas con pocos recursos tróficos y limitadas para las actividades de nutrición y ciclaje de nutrientes realizadas por los nematodos. Los monocultivos (plantaciones forestales) y el uso de fertilizantes y plaguicidas ejercerán un efecto negativo disminuyendo la mesofauna de suelo, debido a que los fertilizantes y plaguicidas son compuestos recalcitrantes que pueden ser tóxicos para los nematodos inhibiendo o retrasando su crecimiento.

#### **Predicción 1**

Los cultivos de cebolla y plantación forestal de pino presentarán un menor número de nematodos, y de grupos funcionales de nematodos que en bosque.

**Pregunta 2.** ¿Existe alguna influencia de los parámetros fisicoquímicos y ambientales evaluados sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos en bosque, plantación forestal y cultivo de cebolla?

**Hipótesis 2.** Para los usos de suelo de bosque, plantación forestal de pino y cultivo de cebolla, factores como la humedad, porcentaje de materia orgánica, profundidad de hojarasca y densidad de vegetación tendrán influencia positiva sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos mientras que la temperatura, distribución agregados, conductividad eléctrica y el pH ejercerán un efecto negativo sobre los mismos. Un aumento en la temperatura de suelo afectará negativamente la ovoposición, reproducción, movilidad, desarrollo y supervivencia de los nematodos.

Una alta densidad de vegetación y profundidad de hojarasca evitarán procesos de deshidratación del suelo lo que afectará el agua disponible para los nematodos. Un alto porcentaje de humedad indicará un alto el contenido de agua el cual incrementará el número nematodos. Un alto porcentaje de macroagregados de suelo disminuirá la cantidad de nematodos al dificultar el desplazamiento de estos a través del suelo. Un alto contenido de materia orgánica, una baja concentración de sales y un pH neutro favorecerán las poblaciones de nematodos al haber mayor cantidad y disponibilidad de nutrientes.

### **Predicción 2.**

Si hay un aumento en el contenido de hidrogeniones entonces habrá una disminución en los grupos funcionales de nematodos. Si hay un aumento en la temperatura de suelo disminuirá la presencia de grupos funcionales de nematodos. Si hay un aumento en la pérdida de peso por ignición, diferencia de pesos (seco y fresco) del suelo, centímetros de profundidad de hojarasca y densidad de vegetación entonces el número de grupos funcionales de nematodos de igual manera aumentará. Si hay una disminución en el diámetro geométrico de las partículas del suelo entonces habrá una mayor cantidad de nematodos. Por el contrario si hay una disminución en la conductividad eléctrica provocará una disminución en los mismos

### 3.3 JUSTIFICACIÓN

Los microorganismos del suelo dentro de los cuales se encuentran los nematodos de vida libre, comprenden la mayor diversidad del planeta cumpliendo un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica y en el ciclaje de nutrientes, interviniendo en la disponibilidad de nutrientes, las características físicas y químicas de suelo (Latorre, 2007).

En Colombia se han realizado pocos trabajos de investigación acerca de los nematodos y las investigaciones realizadas han sido enfocadas en la mesofauna del suelo y nematodos fitoparásitos describiendo el impacto negativo de estos organismos sobre cultivos de gran interés económico (Gómez *et al.*; 2003) e igualmente han sido enfocados a individuos y no a la distribución de grupos funcionales (Robertson *et al.* 1995). Con el estudio de la distribución de los diferentes grupos funcionales de nematodos se podría determinar la relación existente entre las propiedades fisicoquímicas, la presencia de estos y el grupo trófico al que pertenecen, con el fin de establecer las diferencias entre suelos y de esta misma forma entender el impacto de los cambios de suelo en la dinámica poblacional de los nematodos.

El departamento de Risaralda es una zona de gran importancia económica encontrándose en ella bosques premontanos de alta humedad con vegetación arbórea, pastizales naturales y mejorados. En los últimos años se ha venido intensificando los cultivos agrícolas, el uso de fertilizantes y plaguicidas, reemplazando así los sistemas naturales, los cuales se han visto alterados en diversas propiedades, biota y funciones. Dentro de las prácticas agrícolas mas importantes en la región, se encuentran cultivos mixtos de cebolla (cebolla y aromáticas), aromáticas, plátano, maíz, yuca, fríjol, en terrenos de alta fertilidad que también son utilizados para la explotación maderera y algunos cultivos de subsistencia con alta utilización de fertilizantes y plaguicidas que causan contaminación y afectan la biota (Beltrán *et al.*, 1998).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar la densidad de grupos funcionales de nematodos en suelos de cultivo de cebolla y plantaciones forestales del departamento de Risaralda para establecer de qué manera el uso de suelo puede afectar los grupos tróficos de nematodos y las características fisicoquímicas del mismo teniendo como control el bosque nativo.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer el efecto del cultivo de cebolla de rama, plantaciones forestales de pino sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos del suelo teniendo como control el bosque.

Determinar si hay o no diferencia en la diversidad de nematodos en los tres usos de suelo.

Determinar la influencia de los parámetros fisicoquímicos y ambientales sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos.

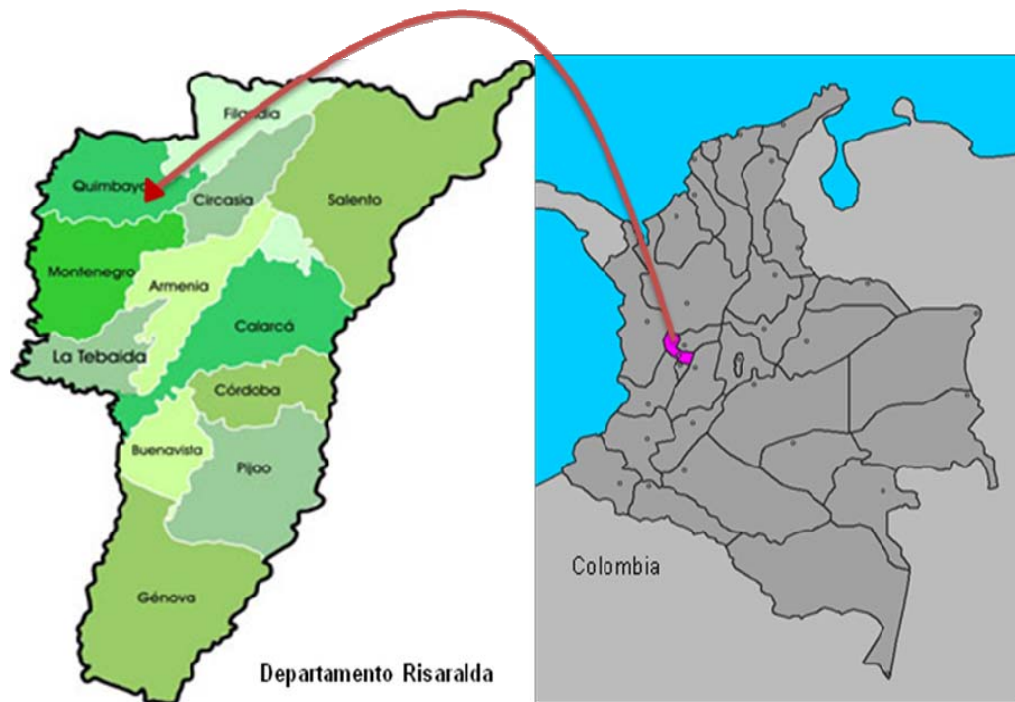
## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El muestreo se realizó en la cuenca hidrográfica del río Otún, en la ecoregión cafetera, específicamente en el departamento de Risaralda el cual se encuentra ubicado en la región Andina de Colombia (Figura 4). Territorialmente abarca desde el flanco occidental de la cordillera central, con alturas superiores a 5000 msnm,

hasta la parte media del flanco occidental de la cordillera occidental, incluyendo los vales aluviales de los ríos Cauca y Risaralda (CARDER, 2008).



**Figura 4.** Mapa de división política del Departamento de Risaralda (IGAC, 2003).

Desde antes de 1985 se identificaron tres subregiones en Risaralda (Figura 5) para efectos de orientar la planificación ambiental del territorio, diferenciadas por sus características biofísicas, económicas y socioculturales (FAC, 2007).





**Figura 5.** Subregiones identificadas en Risaralda (IGAC, 2003).

Risaralda cuenta con 165934,7 ha de bosque natural y/o secundario en donde se ha identificado deficiencia en los sistemas de aprovechamiento utilizados por las comunidades por lo que se ha visto la necesidad de llevar a cabo acciones tendientes a promover el manejo sostenible del bosque natural (CARDER, 2008).

Predomina el relieve montañoso con suelos formados en su gran mayoría a partir de cenizas volcánicas y otros materiales piroclásticos, posee un sistema de drenajes representado en cinco micro cuencas (La Mula, La Hacienda, La Suiza, Corozal y

Palo Blanco) que “nacen y mueren” en el mismo Santuario, compuesto por quebradas y arroyos que le tributan sus aguas al Río Otún, con un caudal de aproximadamente 124.29 l/s.

Como zona de vida, se clasifica dentro de la franja alta del Bosque subandino según Cuatrecasas (1958) o Bosque muy Húmedo Montano Bajo según Holdridge (1982). La cobertura vegetal presente en el área, es producto de años de presión sobre los recursos naturales, la introducción de especies foránea y la regeneración natural que ha modificado de manera sustancial el paisaje original en donde se observan humedales, plantaciones forestales, bosques naturales en diferentes estados de sucesión debido a las distintas épocas de aprovechamiento y bosques más maduros

El Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya se encuentra ubicado en una zona de transición entre la selva Subandina y la selva Andina, de la misma manera hace parte junto con el Parque Regional Natural Ucumari de la zona de influencia del Parque Nacional Natural Los Nevados, contribuyendo de esta manera a la conservación de la franja de bosque subandino y altoandino que va desde el oriente Risaraldense hasta el Tolima, pasando por el Quindío (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2007).

### **5.1.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA**

Grupos funcionales de nematodos de suelo de plantaciones forestales de pino, cultivo de cebolla y bosque nativo en la cuenca del río Otún, departamento de Risaralda, municipio de Pereira. La muestra correspondió al suelo recolectado en los tres diferentes puntos de las tres parcelas de los diferentes usos de suelo.

### **5.1.3 VARIABLES DEL ESTUDIO**

La variable independiente es el uso de suelo y las variables dependientes son la densidad de grupos funcionales nematodos de suelo, profundidad de hojarasca,

densidad de vegetación, diámetro medio geométrico, pH, conductividad, materia orgánica, pH, temperatura y porcentaje de humedad.

## 5.2 MÉTODOS

### Toma de la muestra de suelo

El área de muestreo se ubicó en la cuenca del río Otún, departamento de Risaralda, municipio de Pereira. Se seleccionaron nueve fincas cultivadas, tres por cada uso de suelo.

Para cada una de las fincas seleccionadas en los diferentes usos de suelo, de forma aleatoria, se establecieron tres parcelas de 2,5 m x 2,5 m con una distancia entre ellas de 70 m, en las cuales se recolectó una muestra compuesta por cinco submuestras de suelo tomadas en forma de equis. Las muestras compuestas se depositaron en una bolsa plástica con cierre hermético. Posteriormente se conservaron a 4°C hasta su procesamiento en el laboratorio. De este modo se obtuvo un total de 18 muestras por las nueve fincas.

**Tabla 1.** Ubicación y coordenadas geográficas de las áreas de estudio

<b>Municipio</b>	<b>Finca</b>	<b>Sistema</b>	<b>Latitud (N)</b>	<b>Longitud (W)</b>	<b>Altitud (m)</b>
Quimbaya	Manzano	Bosque	4°43'15.7"	75°34'33.8"	2.161
Quimbaya	Bejucos	Bosque	4°43'44.5"	75°34'45"	1.910
Quimbaya	La Selva	Bosque	4°47'20.4"	75°35'48.9"	2.029
Quimbaya	Bella Vista	Cultivo de cebolla	4°45'54.8"	75°36'48.1"	1.710
Quimbaya	Macarena	Cultivo de cebolla	4°45'8.9"	75°36'58.3"	1.762
Quimbaya	El Manzano	Cultivo de cebolla	4°45'5.2"	75°36'49.7"	2.161
Quimbaya	La Selva	Plantación de pino	4°47' 28.1"	75°35'41.7"	1.973
Quimbaya	Playa Rica	Plantación de pino	4°45'35.4"	75°35'41.2"	1.849
Quimbaya	Tesorito	Plantación de pino	4°44'5.23"	75°34'57.3"	1.864

## **Variables ambientales medidas en campo**

- **Temperatura ambiental máxima y mínima**

En cada una de las parcelas se midió la temperatura ambiental máxima y mínima por medio un termómetro de máximas y mínimas BRIXCO ®, el cual fué colocado en el área de muestreo a 1 m de altura, por 10 minutos.

- **Densidad de vegetación**

En cada uno de los cinco puntos de muestreo dentro de la parcela se midió la densidad de vegetación de los cuatro puntos cardinales, por medio de un densitómetro y se calculó la densidad de vegetación por medio de la siguiente ecuación:

$$DV = 100 - ANC \cdot 1.04$$

Donde:

DV: densidad de vegetación.

ANC (área no cubierta)= promedio de los cuadros vacios contados

- **Temperatura de suelo**

En cada uno de los cinco puntos de muestreo dentro de la parcela se tomó la temperatura del suelo utilizando un termómetro de suelo REOTEMP ® el cual será colocado a una profundidad de 20 cm por 3 minutos.

- **Profundidad de hojarasca**

Se midió por medio de una regla (en cm) la profundidad de hojarasca en cada uno de los cinco puntos de muestreo dentro de la parcela (Rivera, 2005).

- **Extracción y análisis de nematodos**

Se pesaron 50 g de cada muestra la cual se lavó en un elutriador y recolectó en cuatro tamices de diferentes tamaños de poro, 300, 150, 75 y 53  $\mu\text{m}$ . Las muestras recolectadas en cada tamiz se observaron en el estereoscopio para coleccionar manualmente los nematodos. Posteriormente estos se fijaron por medio de la técnica TAF (formol- trietanolamina- agua destilada) y fueron depositados en 2 ml de agua destilada estéril y se les agregó 2 ml de solución TAF. Se dejaron reposar 24 h, se extrajo el sobrenadante y a este se le adicionaron 2 ml de solución TAF previamente calentada a 40 °C. Posteriormente se procedió realizar el montaje en lámina (Courtney, 1955). Se observaron en el microscopio y se tomarán fotos del cuerpo, cabeza, tronco y cola de cada uno de los nematodos recolectados. Finalmente se identificaron taxonómicamente por medio de las siguientes claves: Tarjan *et al.* (1977), Volcy (1998), Ferris (1999), Nguyen (2001).

### **Índice de Madurez y de Shannon**

Para medir la diversidad de nematodos se calculó en índice de Shannon y para medir el grado de disturbio con base a la densidad de nematodos de los tres usos de suelo se calculó el Índice de Madurez (IM) propuesto por Bongres (1989) mediante la siguiente ecuación:

$$IM = \sum_{i=1}^n v(i) \cdot f(i)$$

Donde:

v(i): valor c-p del taxón i

f(i): frecuencia del taxón en la muestra

### **Análisis fisicoquímico del suelo**

- **Determinación de materia orgánica**

Se pesaron 10 g de suelo fresco para cada muestra, se depositaron en bolsas de papel debidamente marcadas. Dichas bolsas se colocaron en el horno de secado a 80° C durante 48 horas. Posteriormente se depositó el suelo seco en los crisoles respectivos, los cuales estaban previamente marcados. Se registró el peso del suelo seco (este fué el peso seco 1); los crisoles se colocarán en la mufla a 550°C por dos horas, pasadas las cuales se dejó enfriar. Se pesó nuevamente el suelo (este resultado fué el peso seco 2). Finalmente se realizó el cálculo del porcentaje de pérdida de peso por ignición (PPI) mediante la siguiente ecuación (Dean, 1974; Faithfull, 2005):

$$PPI = \left(1 - \frac{Ps2}{Ps1}\right) \cdot 100$$

Donde:

PPI: Materia orgánica (%)

Ps2: Peso seco (g)

Ps1: Peso fresco (g)

- **Determinación de humedad**

Se determinó el porcentaje de humedad del suelo pesando 5 g de cada muestra de suelo depositándolo en una bolsa de papel previamente pesada para luego colocar en horno de secado a 80°C durante 48 horas. Posteriormente se volverá a pesar (Andrades, 1996). El porcentaje de humedad se determinó con la siguiente fórmula:

$$H = \left(\frac{Pf - Ps}{Pf}\right) \cdot 100$$

Donde:

H: Porcentaje de humedad

Ps: peso seco del suelo seco (g)

*Pf*: peso fresco del suelo (g).

- **Determinación del pH**

Se pesaron 10 g de suelo en un vaso de 50 ml, se añadirán 50 ml de agua desmineralizada, se agitó por cinco minutos en un shaker. Se dejó reposar durante 30 minutos y se volvió a agitar inmediatamente antes de la lectura. Se introdujeron los electrodos conectados a un potenciómetro HACH Sension 2 y se registró el pH indicado por el potenciómetro (EPA, 1995).

- **Determinación de la conductividad**

Se pesaron 10 g de suelo en un vaso de precipitado y se añadirán 50 ml de agua desmineralizada. Se agitó por cinco minutos en un shaker y se dejó reposar durante 30 minutos. Se volvió a agitar inmediatamente antes de la lectura; se introdujeron los electrodos conectados a un conductímetro y se anotó la conductividad indicada por el conductímetro La Motte Conductivity/C meters-WC (Andrades, 1996; USDA, 1999).

- **Medición de la distribución de agregados de suelo**

Después de realizar la determinación de materia orgánica se estableció la cantidad de suelo fresco necesario para obtener 100 g de suelo seco. El suelo seco se secó en una bolsa de papel a una temperatura de 28 °C tres días. Los 100 g de suelo (peso seco) se colocarán en la parte superior del agitador de tamices y se encendió el tamizador por cinco minutos a 800 rpm. Pasado este tiempo se pesó el suelo en cada uno de los tamices y se registró el peso del suelo seco respectivamente. Mediante una regla de tres se determinó el porcentaje de macro, meso y microagregados, teniendo en cuenta los gramos encontrados en cada uno de los tamices de diferente poro (Cavazos *et al.*, 1992). El peso de diámetros

medios (PDM), se basó en el peso de agregados de suelo en cada clase de tamaños de acuerdo a sus respectivos tamaños.

El PDM se definió con la siguiente ecuación:

$$PDM = \sum_{i=1}^{10} X_i W_i$$

Donde

$X_i$ : diámetro de cualquier rango particular de tamaño de agregados separados por el tamizaje (mm).

$W_i$ : peso de los agregados como fracción total de peso seco de la muestra analizada (g).

### 5.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos para los parámetros ambientales se recolectaron en una libreta de campo y los fisicoquímicos fueron organizados en tablas, los nematodos encontrados fueron registrados por medio de fotografías.

### 5.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para establecer si los datos se distribuían normalmente se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (Milton *et al.*, 1989). Como los datos tuvieron una distribución no normal se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene. Dado que los cumplían los requisitos de las pruebas paramétricas se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (1952) la cual permitió comparar la densidad de nematodos y los parámetros fisicoquímicos y medioambientales en cada uno de los diferentes usos de suelo. En los casos en que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables, se realizó una prueba de comparaciones múltiples entre grupos (Siegel & Castellan, 2001) para establecer si



las variables eran diferentes entre sí. Para establecer influencia entre las variables fisicoquímicas y ambientales sobre la densidad de grupos funcionales de nematodos, se realizó una regresión simple. Todas las pruebas se realizaron con STATISTICA 8.0 StatSoft® con un nivel de significancia de 5%. El cálculo del índice de Shannon se realizó con Past 1.83.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Identificación taxonómica y ecológica

Se extrajeron e identificaron un total de 6210 nematodos dentro de seis familias y cuatro Ordenes en las clases Adenophorea y Secernentea (Tabla1).

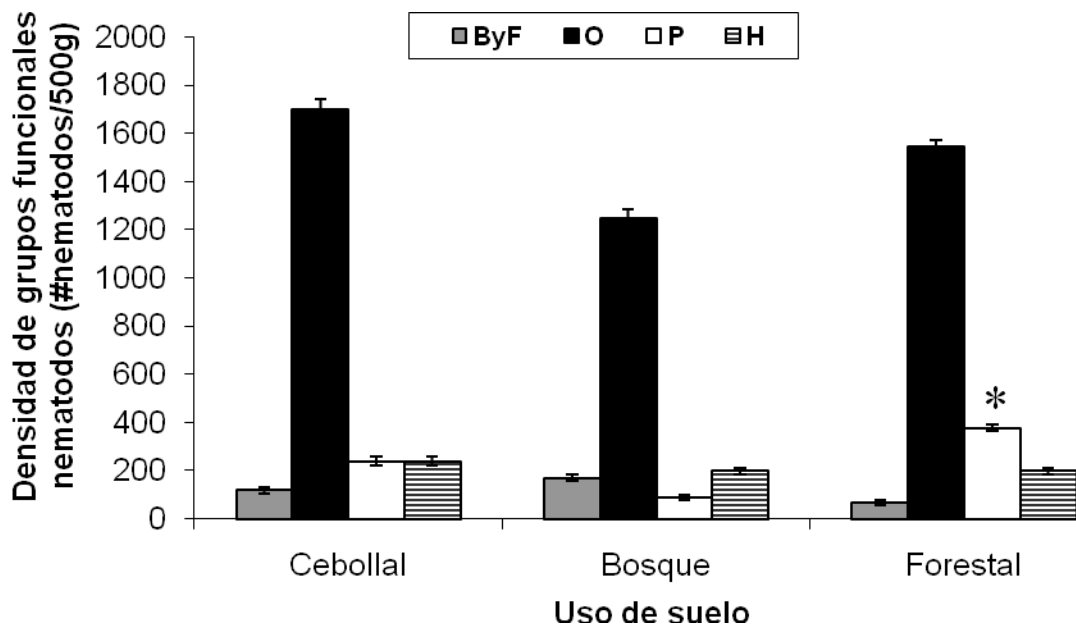
**Tabla 2.** Clasificación taxonómica y grupos funcionales de nematodos en los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún.

Clase	Orden	Familia	Grupo trófico
Adenophorea	Mononchyda	Mononchidae	Predador (P)
	Dorylaimida	Dorylaimidae	Omnívoro (O)
		Longidoridae	Herbívoro(H)
Secernentea	Rhabditida	Rhabditidae	Bacterióvoro y Fungívoro (ByF)
	Tylenchida	Tylenchidae	Herbívoro (H)
		Criconematidae	Herbívoro (H)

En bosque se hallaron 1710 nematodos/500 g de suelo, 2200 nematodos/500 g suelo para plantación forestal y 2300 nematodos/500 g suelo en cultivo de cebolla (Figura 6). No se hallaron diferencias para la densidad de grupos funcionales de nematodos entre los tres usos de suelo ( $H=4,32$ ,  $P=0,12$ ). Los nematodos predadores fueron el único grupo funcional que presentó diferencias ( $H=12,60$ ,  $P=0,00$ ) para la plantación forestal, encontrándose la mayor densidad la cual fue de 380 nematodos/500g suelo. Lo anterior indica que no hay un efecto generalizado del uso del suelo sobre los nematodos, sino sólo sobre ciertos grupos y en este caso particular sólo los predadores. Vale la pena aclarar que en bosque y cultivo de cebolla estos nematodos presentaron valores 4,2 y 1,6 veces más bajos, respectivamente, que en plantación forestal.

En un hábitat intervenido los nematodos bacterióvoros reaccionan rápidamente con un incremento en su densidad, seguidos por los fungívoros, los omnívoros y por

último los nematodos predadores, los cuales constituyen el último eslabón de la red trófica (Bongers, 1999). Un aumento de los nematodos predadores significaría un aumento de los organismos presa (nematodos, bacterióvoros, fungívoros, omnívoros). Sin embargo en el estudio realizado no se observaron diferencias en la densidad de estos grupos de nematodos, probablemente como consecuencia del momento particular en que se realizó el muestreo. Por esto se puede sugerir que los grupos funcionales siguen una dinámica temporal, la cual se traduce en el aumento, aparición, reducción y desaparición de ciertas especies en un determinado período de tiempo (Rey, 1997). De acuerdo a esto se puede plantear que la plantación forestal pudo haber causado cambios en el suelo sobre variables no cuantificadas en este estudio, disturbando a los consumidores primarios (bacterióvoros y fungívoros), los cuales aumentaron su densidad como respuesta a dicha perturbación. De igual manera los nematodos omnívoros aumentaron una vez que los nematodos bacterióvoros y fungívoros lo hicieron. Finalmente los nematodos predadores constituyentes del nivel más alto de la red trófica, aumentaron lentamente con un retraso de tiempo, mientras que las demás poblaciones presa se estaban disminuyendo.



**Figura 6.** Densidad  $\pm$  desviación estándar de grupos funcionales de nematodos para los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún. ByF: bacteriívoros y fungívoros, O: omnívoros, P: predadores, H: herbívoros.

Estudios anteriores han reportado que los nematodos predadores son muy escasos en los suelos de bosques tropicales, hábitats cultivados y vegetación musgosa de la Antártica (Boag, 1974, 1975; Popovici, 1980) y su descenso puede ser causado por el incremento de las poblaciones de nematodos bacteriívoros y fungívoros, los cuales establecen una competencia por el alimento con los nematodos predadores (Gomes, 2003), como pudo ocurrir en el suelo de bosque subandino, donde estos grupos pueden estar en altas densidades, debido a que como lo señalan Ferris & Matute (2003) estas poblaciones de nematodos aumentan conforme se incrementa la cantidad de materia orgánica en el suelo.

Además cambios en la estructura del suelo causada por los monocultivos pueden influenciar la densidad de los grupos funcionales de nematodos (Gupta & Yeates, 1997), ya que estos cambios en el suelo causados por las diferentes actividades

agrícolas afectan a los estrategias *K* (persistentes), como los nematodos omnívoros y predadores (Ferris & Matute, 2003). Esto explicaría que los nematodos predadores se hayan visto afectados por la plantación forestal entre los usos de suelo aunque no explicaría que la densidad de nematodos omnívoros no presentase diferencias entre los tres usos de suelo.

Por otro lado, los nematodos clasificados como omnívoros, herbívoros, bacteriívoros y fungívoros no se mostraron afectados por el uso de suelo. Los nematodos bacteriívoros y fungívoros no presentaron diferencias entre los usos de suelo ( $H=2,94$ ,  $P=0,22$ ), mostrando que no hay efecto del uso de suelo sobre estos grupos funcionales. Los nematodos omnívoros (*Dorilaymida*) fueron el grupo funcional dominante en los tres usos de suelo como igualmente lo reportan estudios realizados en campos de gramíneas en Estados Unidos (Neher, 1999) y estudios en áreas protegidas de bosque pluvial tropical en Costa Rica (Esquivel *et al.* 2007). Por otra parte, los nematodos herbívoros estuvieron presentes con un porcentaje similar en cultivo de cebolla, bosque y plantación forestal ( $H=2,25$ ,  $P= 0,32$ ) a diferencia de otros estudios en suelos de cultivos de importancia económica como el banano (Castrillónet *et al.*, 2002), maíz-soja (Parada y Leguízamo, 2008) y cacao (Arévalo, 2008), donde la densidad de nematodos fitoparásitos fue mayor debido a que son hábitats cultivados sometidos a influencia antrópica. Según Bongers (1990) los nematodos herbívoros no pueden ser fácilmente categorizados dentro de los estrategias *r* o los *k*. Esto se debe a que los nematodos herbívoros generalmente son introducidos al hábitat por el cultivo de plantas superiores y por tanto su presencia no sólo va a depender de sus habilidades para colonizar y persistir en un hábitat como sí ocurre con otros grupos funcionales de nematodos. Por esta razón son evaluados de manera particular sin relacionarlos directamente con los demás grupos funcionales que si están presentes por sus habilidades de colonización. Por otra parte los nematodos herbívoros son considerados como verdaderos habitantes del suelo, debido a que todas sus especies pasan parte de su vida en este. No obstante, debido a la íntima relación de estos con las plantas hospederas es más adecuado considerar a los nematodos herbívoros habitantes de la interfase raíz-suelo, la cual difiere considerablemente del resto del suelo (Stirling, 1991). En este sentido está ampliamente aceptado que la planta ejerce la mayor influencia en la

dinámica de las comunidades de nematodos herbívoros (Norton, 1989); sin embargo, también es indudable que la dinámica poblacional (crecimiento, reproducción y sobrevivencia) puede ser afectada en forma directa por factores edáficos o indirectamente a través de la respuesta de la planta a su ambiente (Franci, 1993). De acuerdo a esto se entiende la importancia de la evaluación de variables que afectan las plantas pues por ende afectarán a los nematodos. Debido a esto no es posible afirmar que no hay efecto del uso de suelo sobre la densidad de nematodos herbívoros simplemente porque no hayan existido diferencias en su densidad entre los usos de suelo evaluados, ya que puede ser que no se detectaron en los muestreos realizados, debido a que se hicieron sólo en dos momentos del tiempo. Adicionalmente se sugeriría medir otros parámetros que posiblemente los afectan como, por ejemplo, la cantidad de nitrógeno total (Thade, 2000). Adicional a esto, existen diferencias morfológicas cruciales entre los nematodos herbívoros. Nematodos del Orden Tylenchida poseen cutículas gruesas lo que los hace más resistentes a sustancias contaminantes (Korthals *et al.*, 1996), mientras que los Dorylaimida entre los cuales se encuentra la familia clasificada como herbívora, Longiridae en este estudio, que se caracteriza por poseer una cutícula muy sensible, que los hace susceptibles a perturbaciones del ambiente (Premachandran *et al.*, 1988). Estas diferencias hacen visible la complejidad y heterogeneidad en la composición de estructuras vitales como la cutícula, la cual los hace resistentes o sensibles a sustancias contaminantes, conllevando a una respuesta diferente de cada familia de nematodo así estos estén clasificados en un mismo grupo funcional.

Al evaluar la diversidad de nematodos mediante el índice de Shannon se obtuvieron valores muy similares para bosque, cebolla y plantación forestal. Estos valores demostraron que no hay diferencias en la diversidad de nematodos entre los usos de suelo (Figura 7). En Colombia Parada (2008) ha reportado estudios en los que se evaluó la diversidad de nematodos al calcular la diversidad por medio del mismo índice en áreas naturales las cuales incluyeron bosques de galería, bosques primarios de vegetación y vegetación de caños y morichales en el departamento del Meta, encontrando la mayor diversidad en estos hábitats no intervenidos. Sin embargo este y otros estudios (Esquivel *et al.* 2007; Pattison *et al.*, 2004) han sido realizados en zonas sin intervención alguna por lo cual no es posible compararlos

con el presente trabajo que aunque utilizó un bosque como referencia, este tuvo un grado de intervención antrópico que limita la comparación los resultados. Adicionalmente a esto, los usos de suelo evaluados en este trabajo no han sido estudiados anteriormente por lo que no es posible la comparación de los resultados obtenidos con otros estudios.

A pesar que muchos estudios aseguran que una gran diversidad de nematodos refleja suelos o ecosistemas más saludables, todavía siguen habiendo muchos debates acerca de los factores que pueden controlar esta diversidad como estrés, competencia, poblaciones de otros organismos en el suelo y estructura del hábitat (Colinvaux, 1993) y, por tanto no hay evidencia concreta de que la diversidad o complejidad de nematodos siempre vaya a afectar los procesos o propiedades de un ecosistema (Cragg y Bardgett 2001; Wardle 2002). Aunque los nematodos como bioindicadores de la salud del suelo no reemplazan las pruebas fisicoquímicas, pueden complementar la información obtenida y aumentar la comprensión de la ecología del suelo y los efectos de la intervención en este (Pattison *et al.* 2004). Un parámetro utilizado para ello es el índice de madurez el cual es un valor semi-cuantitativo que indica la condición de un ecosistema basado en la composición de la nematofauna y es calculado a partir de los valores de la escala c-p (valores de uno a cinco) asignada a cada familia según su comportamiento como estrategias *r* o *K* y es un indicador holístico del estado general del suelo como ecosistema (Wasilweska, 1998).

De acuerdo con Bongers (1999) los valores del IM varían entre 1 y 5 siendo el 1 el valor que indica que los hábitats se encuentran en alto grado de afectación y el 5 indica la ausencia de afectación o disturbio en el hábitat. Los índices de madurez obtenidos fueron 3,56, 3,82, y 3,62 para bosque, plantación forestal y cultivo de cebolla, respectivamente. Estos valores son similares entre sí posiblemente porque los grupos funcionales de nematodos presentes en las áreas cultivadas se encuentran adaptados a dichas condiciones, ya que las plantaciones forestales de pino y los cultivos de cebolla llevan establecidos aproximadamente 15 y 10 años, respectivamente. El índice más alto se presentó en la plantación forestal ( $H=7,20$ ,  $P=0,03$ ) y aunque es estadísticamente mayor, biológicamente estos valores no son

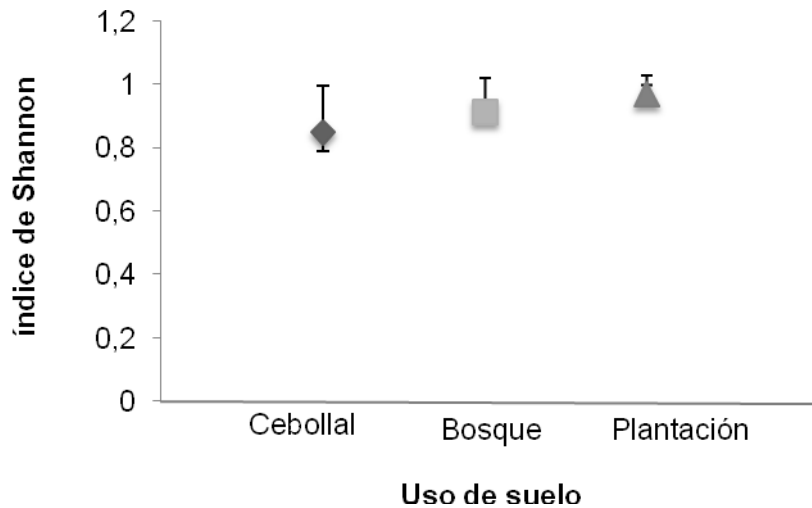
suficientes para afirmar que no hay afectación o disturbio, pues estos no presentan gran variación entre los usos de suelo. Un factor que puede explicar la similitud del índice obtenido en cultivos de cebolla con respecto al de bosque es la profundidad de las raíces del cultivo. En cultivo de cebolla las raíces fisiológicamente activas se hallan hasta una profundidad de 15 cm (Castellanos, 1999), siendo un medio favorable sobre todo para los nematodos herbívoros ya que allí se concentra la mayor parte de su alimento (McSorley, 1998). Sin embargo esta condición no sólo beneficia a los nematodos herbívoros sino también a las demás poblaciones del suelo, debido a que en la zona radical hay mayor actividad biológica y producción de compuestos de desecho que pueden ser utilizados por estas poblaciones (Volcy, 1997). Para la extracción de nematodos se tomaron los primeros 20 cm del suelo abarcando la zona donde se encontraban las raíces activas de cebolla y por ende los nematodos que aprovechaban estos recursos.

El hecho de que sólo un grupo funcional haya presentado diferencias en su densidad no cuestiona el uso de los nematodos como indicadores de la calidad de suelo. Esto en parte puede deberse al nivel taxonómico de identificación alcanzado, que fue el de familia. Una clasificación taxonómica más detallada hubiese podido ayudar entre otros, a la diferenciación de los nematodos bacteriívoros de los fungívoros para poder establecer separar grupos y establecer el efecto sobre estos.

Debido a las múltiples funciones que los nematodos pueden tener, investigaciones pasadas y algunas modernas se han enfocado principalmente en su papel como parásitos de insectos y plantas para entender su acción biocontroladora (Cadet *et al.*, 2002; Rodger *et al.*, 2004) y suprimir el impacto negativo sobre los cultivos de importancia económica (Salama *et al.*, 2001; Mulder, *et al.*, 1997; Castrillón *et al.*, 2002). Sin embargo cabe resaltar que los pocos estudios en cuanto a nematodos de vida libre se refiere, han sido enfocados en su mayoría en descripciones de la nematofauna en bosque y reservas naturales de Morichales (Parada, 2008) en el golfo de Tugullio en la Provincia de Génova (Danovaro, 2002) (Banna y Gardner, 1996) (Goede, *et al.*, 1993), suelos subárticos de Dinamarca (Ruess *et al.* 1999)



bosques tropicales, reservas naturales de Colombia , con el fin de conocerla e informar las especies presentes.



**Figura 7.** Intervalos de confianza del 95% para el índice de Shannon en cultivo de cebolla, bosque y plantación forestal de pino de la cuenca del río Otún.

## 6.2 Parámetros fisicoquímicos y medioambientales

El suelo que presentó el menor porcentaje de humedad fue el de cultivo de cebolla ( $H=31,33$   $P= 0,00$ ) con un promedio de 38,14%, mientras que para los fragmentos de bosque y para la plantación forestal fueron más altos (52,19% y 46,97%, respectivamente) como se muestra en la Figura 8a. Este porcentaje bajo de humedad puede ser el resultado de la evaporación del agua de un suelo sin vegetación que se produce en la capa superficial. Al disminuir la humedad de ésta, se produce un desequilibrio y hay una atracción de humedad subyacente, que asciende por capilaridad a la superficie, prosiguiendo la evaporación hasta que el agua capilar se agota (FAO, 2005).

En cuanto su efecto sobre los nematodos según Volcy (1998) cada especie de nematodo exige unos niveles propios de humedad para su reproducción, pero los

factores climáticos afectan a los nematodos más por su efecto indirecto sobre la planta hospedera que por su efecto sobre el nematodo en sí, en virtud de que los nematodos hervíboros se alimentan sólo de plantas. De este modo cuando las condiciones son favorables para el crecimiento de las plantas y emisión de nuevas raíces, habrá suficiente biomasa radicular de buena calidad para la nutrición del nematodo, incluso aún bajo condiciones aparentemente desfavorables como el exceso o déficit hídrico permitiendo que el nematodo sobreviva y se reproduzca si la planta continúa produciendo cierta cantidad de biomasa, lo cual puede explicar la una relativamente alta densidad de los nematodos en el cultivo de cebolla, comparada con la de bosque, a pesar de que este presentó un bajo porcentaje humedad.

El porcentaje de materia orgánica ( $H=24,62$ ,  $P=0,00$ ) y la profundidad de hojarasca ( $H=37,17$ ,  $P=0,00$ ) registraron su menor valor en los cultivo de cebolla con 14,05% (Figura 9b) y 0 cm (Figura 11b), respectivamente. La hojarasca cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y de humedad (Schlatter *et al.*, 2003); por esto su ausencia podría causar una fluctuación diaria en la temperatura del suelo debido al impacto directo de los rayos solares y por consecuencia, pérdida de la humedad del suelo. Además, la hojarasca representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo (Schlatter *et al.*, 2006). Esta hojarasca que cae forma un estrato orgánico conocido como mantillo el cual es una fuente valiosa de materia orgánica, que después sufre un proceso de descomposición liberando elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas (Laossi *et al.*, 2008). Reconociendo así el aporte de la hojarasca a la materia orgánica se puede plantear que el cultivo de cebolla al no tener aporte de esta hojarasca va a presentar menor porcentaje de materia orgánica como se encontró en el presente estudio.

En cuanto a la distribución de agregados se observaron diferencias para los agregados de 600  $\mu\text{m}$  ( $H=11,08$ ,  $P=0,00$ ), 300  $\mu\text{m}$  ( $H=21,89$ ,  $P=0,00$ ) los cuales presentaron su menor valor en cultivo de cebolla y, los de <54  $\mu\text{m}$  ( $H=22,03$ ,  $P=0,00$ ) por el contrario registraron el mayor valor en este uso de suelo. Por otro

lado no se encontraron diferencias para los agregados de 1,18 mm ( $H=2,49$ ,  $P=0,29$ ) y de 54  $\mu\text{m}$  ( $H=0,90$ ,  $P=0,64$ ).

En bosque y plantación forestal se presentaron predominantemente agregados de tamaño grande (600 y 300  $\mu\text{m}$ ), mientras que en cultivo de cebolla se presentaron principalmente agregados de menor tamaño  $<54 \mu\text{m}$  (Figura 8). Esto está relacionado con las texturas que presentaron los tres usos de suelo, pues los microagregados están formados de moléculas orgánicas, las cuales están unidas a fracciones de arcilla y cationes polivalentes (Bronick y Lal 2005). Así los suelos con mayor contenido de arcillas como el de cultivo de cebolla tienen en su mayoría poros pequeños, mientras que los suelos con mucha arena tienen poros de mayor tamaño, por la macroagregación de los mismos, favoreciendo el desplazamiento de los nematodos a través de estos poros de gran tamaño, ya que el agua se escurre rápidamente a través de poros grandes (Plaster, 2000). De la misma manera la dinámica de agregación es el resultado de la interacción de muchos factores como la textura del suelo, las concentraciones de carbono orgánico y el contenido de humedad los cuales son importantes para el desarrollo de los microorganismos (Bronick y Lal 2005; Pinay *et al.* 2000; Martin *et al.* 1999).

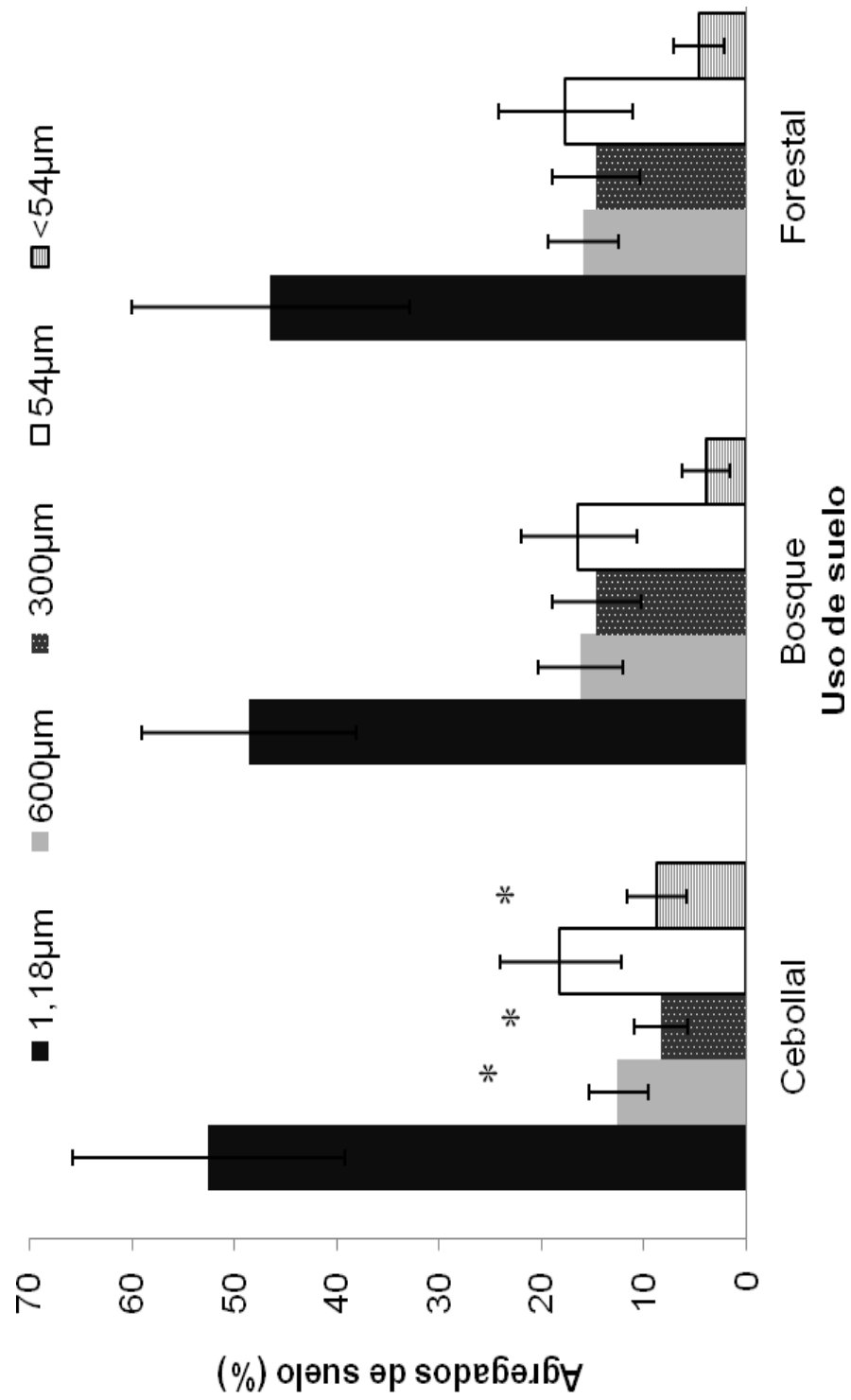


Figura 8. Promedio ± desviación estándar de la distribución de agregados en los usos de de suelo evaluados.

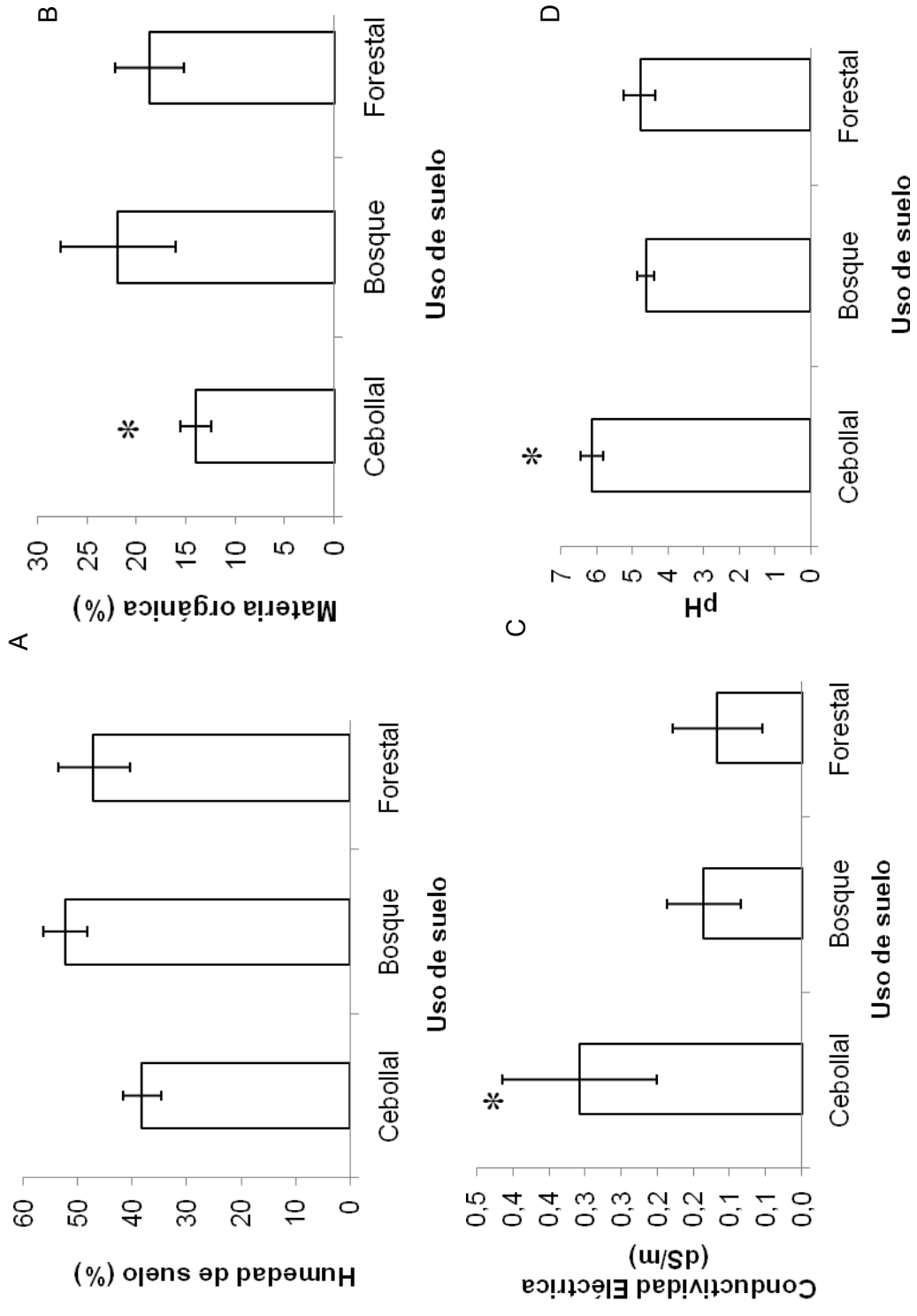
En cuanto a la textura de suelo se observaron diferencias para los porcentajes de arcilla ( $H=15,81$ ,  $P=0,00$ ) en cultivo de cebolla pues estas presentaron el mayor porcentaje (Figura 10) 7,33 %, pero ninguna diferencia en los porcentajes de limo ( $H=0,59$ ,  $P=0,74$ ) y arena ( $H=2,06$ ,  $P=0,35$ ). Los cultivos de cebolla y las plantaciones forestales presentaron una textura franco-arenosa a diferencia del bosque que presentó una textura arenosa. Los suelos con altos porcentajes de arena estimulan una buena aireación con baja retención de agua y permeabilidad a los suelos, lo que promueve la formación de macroagregados (Latorre, 2007) lo cual concuerda con lo obtenido en bosque y plantaciones forestales al presentarse principalmente agregados de 600 y 300  $\mu\text{m}$ .

Según Latorre (2007) los suelos del Otún presentan un alto contenido en arcillas, pero ninguno de los usos de suelo presentó alto contenido de ellas. Henao (2001) afirma que en el método de Bouyucos, los niveles de arenas se observan más altos con respecto a otras técnicas para el análisis de textura, de modo que la técnica puede verse cuestionada para el análisis de suelos de este tipo. Estas diferencias entre lo reportado por Latorre (2007) y los hallazgos de este estudio pueden deberse al nivel de precisión del método debido a que incrementa la fracción de arena a causa de la dispersión incompleta de la muestra (Norambuena *et al.* 2002). Esto puede explicar que la textura de los suelos evaluados no haya concordado con la textura reportada por la literatura. A pesar de esto es un método ampliamente utilizado (Asensio, 1947; Buol *et al.* 1973; Bolivar, 1993; Henao *et al.* 1997), que permite la comparación con los resultados de otros estudios.

La conductividad eléctrica (CE) presentó el mayor valor ( $H=30,46$ ,  $P=0,00$ ) en cebolla (0,31 dS/m) Figura 9c. Sin embargo los tres usos los suelos se clasificaron como no salinos (ICONTEC, 2004). En el cultivo de cebolla se utilizan abonos como NPK 10-30-10 y NPK 15-15-15 (Castellanos, 1999), los cuales se basan en componentes como nitrógeno en forma de amonio y ácido nítrico, fósforo en su forma soluble, potasio y micro elementos en forma de sales (Tyler, 2002). Debido a

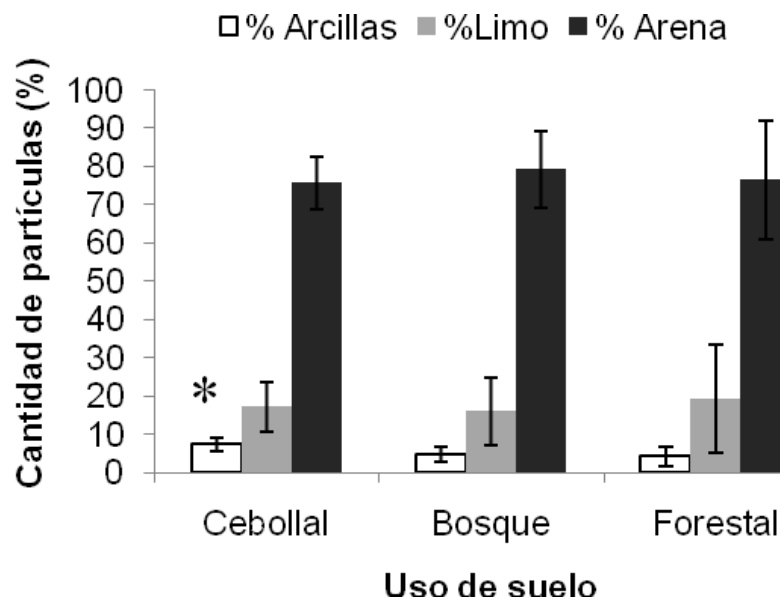
que iones acompañantes de algunos productos no son absorbidos en altas cantidades, dejan residuos que elevan la salinidad del suelo, como el cloruro de potasio ó nitrato de sodio. Aunque los suelos se clasificaron como no salinos se observó que la salinidad en cultivo de cebolla aumentó 2,2 veces con respecto al bosque. Este aumento a largo plazo puede provocar valores muy altos en la presión osmótica en el agua del suelo, con evidentes repercusiones sobre la vegetación, reducción de la productividad de los cultivos interfiriendo en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y otras plantas no especializadas (Layne, 2007).

Los suelos del Otún se caracterizan por presentar pH ácido (Latorre, 2007), lo que concuerda con los valores los valores de pH obtenidos de 6,14, 4,62 y 4,79 para cultivo de cebolla, bosque y plantación forestal respectivamente, (Figura 9d). El valor de pH en cultivo de cebolla fue el mas alto ( $H = 34,65$ ,  $P = 0,00$ ) con 6,14, casi dos unidades más alto que en los otros usos de suelo, pero igualmente se correspondiente un pH ácido y entre 6,0 y 7,0 característico de los cultivos de cebolla (COMPO, 2009).



**Figura 9.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de **(A)** humedad de suelo, **(B)** materia orgánica, **(C)** Conductividad eléctrica, **(D)**, pH de suelo, en los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún.

Se observaron diferencias en la temperatura ambiental máxima ( $H=17,53$ ,  $P=0,00$ ) y la temperatura ambiental mínima ( $H= 24,80$ ,  $P= 0,00$ ) en cultivo de cebolla ya que estas fueron las más altas 22 y 21°C (Figura 11c) comparadas con la hallada en bosque 18 y 21°C y plantación forestal 18 y 20°C. Según el IDEAM (2009) la temperatura máxima y mínima en Pereira de 26 y 17°C respectivamente. La diferencia entre cultivo de cebolla y los demás usos puede deberse a la densidad de vegetación es muy baja, la cual tiene como función evitar el impacto directo de los rayos del sol sobre el suelo y por tanto el aumento de la temperatura.



**Figura 10.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de la cantidad de partícula granulométrica y en los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún.

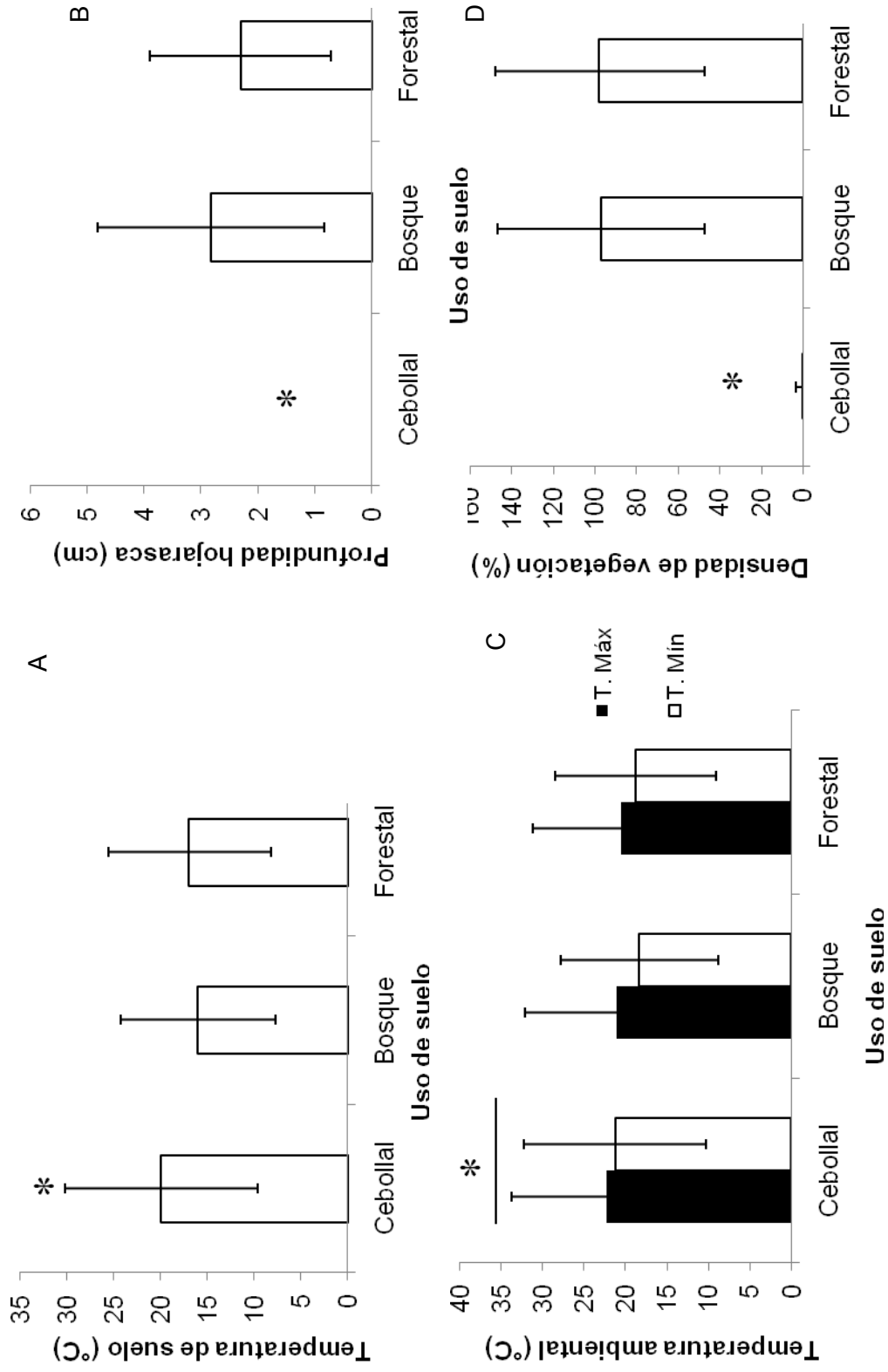
La densidad de vegetación presentó el valor más bajo en cultivo de cebolla ( $H=35,59$ ,  $P=0,00$ ), el cual fue 1,22% (Figura 10d). Esto se debe a que en los



cultivo de cebolla la densidad de vegetación es prácticamente ausente, pues se caracterizan por ser cultivos en parcelas de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup> con una distancia de 40 cm entre cada planta, en donde sólo se siembra este tipo de hortaliza (Gómez, 1998) y se eliminan todas las plantas arvenses.

Se observaron diferencias en la temperatura promedio de suelo en cultivo de cebolla ( $H=36,00$ ,  $P=0,00$ ) la cual fue mayor (20°C) que la de bosque (16°C) y plantación forestal (16°C) como se muestra en la Figura 11a. Ésta es una variable física que tiene un gran significado biológico y puede afectar negativamente diversas actividades de los nematodos tales como el movimiento, desarrollo y reproducción. Para los nematodos del trópico la temperatura óptima oscila entre los 25 y 30 °C (Nas, 1978). Ésta temperatura del suelo en cultivo de cebolla se acerca un poco más al rango óptimo para el desarrollo de los nematodos, sin embargo no alcanza a estar dentro del éste, pues de haber sido así se estarían afectando las tasas de reproducción y por ende la densidad de grupos funcionales de nematodos la cual sería mas alta cultivo de cebolla. Estos resultados muestran que en el cultivo de cebolla las variables ambientales relacionadas con la densidad de vegetación cambiaron sensiblemente debido a que no existe la hojarasca en la zona mostrando que un cambio en estos parámetros ambientales afectan a su vez la temperatura de suelo y la temperatura ambiental, causando un aumento de éstas y así mismo una modificación en las condiciones de dicho suelo (Giller *et al.* 1997).

De acuerdo a esto se observó que los parámetros fisicoquímicos se mostraron afectados por el cultivo de cebolla, cuyo suelo es expuesto a la aplicación de fertilizantes, plaguicidas y al estar sometido a un sistema de arado puede afectar negativamente las condiciones del suelo (Calvo y Velasco, 2000) hasta volverlo no productivo (Salmoral, 1997).



**Figura 11.** Promedio  $\pm$  desviación estándar de **(A)** temperatura de suelo, **(B)** profundidad de hojarasca, **(C)** temperatura ambiental máxima y mínima y **(D)** densidad de vegetación, en los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún.

### 6.3 Influencia de los parámetros fisicoquímicos y ambientales.

Para determinar la influencia de los parámetros fisicoquímicos y ambientales evaluados en cultivo de cebolla, plantación forestal y bosque se ajustó un modelo único que permitió explicar la densidad grupos funcionales de nematodos en estos tres usos de suelo evaluados por medio de las variables independientes:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \xi$$

Donde:

$Y$  = densidad de grupos funcionales de nematodos

$\beta_0$  = intercepto

$\beta_i$  = parámetros estimados para la variable independiente  $X_i$

$X_1$  = temperatura de suelo

$\xi$  = error residual

Los coeficientes  $\beta$  obtenidos para los tres usos de suelo evaluados correspondientes a las variables incorporadas en el modelo se presentan en la Tabla 2.

Los datos obtenidos de la regresión mostraron que la variable que mejor explicó el comportamiento de la densidad de nematodos fue la temperatura de suelo. Esta variable puede afectar las actividades de los nematodos tales como movimiento, desarrollo y reproducción (Ramírez, 2008). La temperatura del suelo varía con la profundidad y época del año y su fluctuación es mayor en los primeros 15 cm y disminuye conforme aumenta la profundidad (Brodie, 1976). Esto puede explicar la variación de la temperatura de suelo ya que la muestra se recolectó dentro de los 20 cm de suelo, en donde la fluctuación fue mayor.

**Tabla 3.** Coeficientes  $\beta$  para bosque, cebolla y plantación forestal respecto la temperatura de suelo.

<b>Variables independientes</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Bosque, cultivo de cebolla y plantación forestal</b>
Temperatura de suelo (°C)	$B_1$	0,54
	$\beta_0$	-37,2
	$\xi$	0,18
	$R^2$	0,51
	$N$	54
	$F$	4,34

Es importante también porque puede afectar el contenido de agua en el suelo, el cual es un factor ecológico esencial para los nematodos (Luc *et al.*, 1990) y a su vez esta puede influir en la aireación de suelo, la cual va a depender del espacio poroso que el agua y el aire ocupen (Villenave *et al.*, 2003). La temperatura al renovar la masa del aire del suelo influye en la generación de diferentes gradientes de temperatura lo que produce intercambios de flujos de aire especialmente en la capa superficial (Lavelle y Spain, 2001); además, la filtración de la precipitación en el suelo también genera procesos de renovación del aire a través del desplazamiento del agua por medio de los espacios porosos durante el proceso de redistribución, por lo tanto, el aire del suelo es enriquecido por el  $O_2$ , que ha sido disuelto por el agua infiltrada e intercambiada más tarde por el aire del suelo (Schnurer *et al.*, 1986;

Amézquita, 1994) regulando así el proceso de aireación del cual cuales son dependientes los nematodos. Estudios realizados en Santander de Quilichao en el Departamento del Cauca por Navia (2006) demostraron la importancia de la temperatura de suelo en la abundancia de los nematodos de vida libre y registraron que en épocas secas en donde hay aumento de la temperatura, disminuye la abundancia y aparecen más los herbívoros, ya que al disminuir el potencial del agua se reduce la difusión de solutos. Este autor también registró que se incrementan las tasas de reproducción y los tiempos de generación son más cortos aumentando los nematodos bacterióvoros por el incremento de la tasa de descomposición de la materia orgánica.

Aunque la temperatura de suelo es un factor que afecta la densidad de nematodos no explica del todo su densidad ya que el coeficiente de determinación es bajo. Otros estudios han reportado que condiciones edafoclimáticas como la estabilidad de agregados tienen efecto sobre la presencia y movilidad de nematodos omnívoros y predadores (Pisco, 2006). Por otro lado Arévalo (2003) informa la importancia de la precipitación y la profundidad del suelo sobre la dinámica de los nematodos fitoparásitos y de vida libre. Por lo cual sería importante tenerlas en cuenta en estudios posteriores.

En este trabajo se determinó el efecto de la plantación forestal sobre la densidad de los nematodos predadores los cuales aumentan su densidad con respecto al bosque. De igual manera se observó el efecto del cultivo de cebolla sobre las variables fisicoquímicas y ambientales evaluadas. Adicionalmente se encontró que la temperatura de suelo explicó parcialmente la densidad de los grupos funcionales de nematodos en bosque, plantación forestal y cultivo de cebolla al estar estrechamente relacionada con las actividades críticas para el desarrollo de estos organismos.

## 7. CONCLUSIONES

Los nematodos predadores pueden considerarse indicadores del efecto del uso de suelo al mostrar cambios en su densidad en el intervalo de tiempo evaluado.

La densidad de nematodos predadores aumentó por efecto de la plantación forestal de pino.

Los parámetros fisicoquímicos y ambientales tuvieron un comportamiento similar en bosque y la plantación forestal y no se manifestaron afectados por esos usos de suelo.

Se encontró que el cultivo de cebolla tuvo efecto sobre todas las variables medioambientales y las fisicoquímicas causando disminución en (porcentaje de humedad y materia orgánica, porcentaje de de arcillas, macroagregados, densidad de vegetación) y un aumento en (pH, temperatura ambiental máxima y mínima, temperatura de suelo, conductividad eléctrica, microagregados).

No existió diferencia en la diversidad de nematodos en los periodos de estudio realizados.

La temperatura de suelo fue la variable fisicoquímica que mostró tener influencia y explicar parcialmente la densidad de grupos funcionales en los tres usos de suelo evaluados en la cuenca del río Otún.

## **8. RECOMENDACIONES**

Realizar una determinación taxonómica más detallada hasta género con el fin de diferenciar aún más los grupos funcionales de nematodos y por consecuencia su respuesta frente a diferentes usos de suelo.

Realizar estudios en diferentes épocas del año que permitan establecer la influencia de factores climáticos como la lluvia la cual puede aumentar la disponibilidad del hídrico disponible para los grupos funcionales de nematodos.

Evaluar variables como precipitación, profundidad de suelo y estabilidad de agregados las cuales pueden ayudar a explicar la densidad de los grupos funcionales de nematodos.

Realizar estudios posteriores sobre el efecto de estos usos de suelo sobre grupos funcionales de organismos indicadores del estado del suelo como bacterias y hongos que complementen la información del efecto del uso de suelo obtenida del presente estudio.

## 9. REFERENCIAS

ALTUBE M. M., MARTÍNEZ P. A., MONTORO, E.M. 2006. [en línea]: Nematodos entomopatógenos. Garden Magazine. [ en línea]: [http://gardenmagazine.es/blog/?page\\_id=379](http://gardenmagazine.es/blog/?page_id=379)Le [Consulta: 20 Feb. 2009].

AMAYA, L. M. & E. BUSTAMANTE. 1975. Control biológico de tres especies de coleópteros plagas del suelo en Colombia. Publicación Científica del Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 10(3): 269-282.

ANDRADES, M. 1996. Prácticas de edafología y climatología. Servicio de Publicaciones. Universidad de la Rioja. La Rioja, España. 80 p.

ARAYA, M., CHEVES, A. 1997. Poblaciones de los nematodos parásitos del banano (*Musa AAA*), en plantaciones asociadas con coberturas de *Arachis pintoi* y *Geophilla macropoda*. Agronomía Costarricense 21(2): 217-220.

ARÉVALO, G.E., ZÚÑIGA, C. L., BALIGAR, V., BAILEY B., CANTO M. 2008. Dinámica poblacional de nematodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la amazonia peruana. [en línea]: [http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadesolo/pdf/resumos/painel2\\_arevalose.pdf](http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadesolo/pdf/resumos/painel2_arevalose.pdf).>[Consulta: 16 Junio 2008]

ARROYO, C., MORA, J., SALAZAR, L., QUESADA M. 2004. Dinámica poblacional de nemátodos fitoparásitos en pejibaye (*Bactris gasipaes K.*) para Palmito. Agronomía Mesoamericana 15(1): 53-59.

ATLAS, R. 1995. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta edición. Addison Wesley. Nueva York, USA. 677 p.

AZPILICUETA, C. V., M. C. ARUANI, P.D. REEB, E. E. SÁNCHEZ. 2008. Structure of the soil nematode community under two levels of nitrogen fertilization in Alto Valle del Río Negro, Argentina. Nematropica 38:75-86.



BADILLA, O. 1988. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en almacigo de cafeto en Costa Rica. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 46 p.

BANNA, L.A., GARDNER S.L., 1996. Nematode diversity of native species of vitis in California. *Canadian Journal of Zoology* 74: 971-982.

BARDALES, N., EDGARDO C., CHAMORRO, V. CRISPÍN A. 2006. Nematodos asociados al sustrato en un suelo labrado, con labranza convencional. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina.

BELLO, A., ESCUAR, M., PASTRANA, M. 1994. Los nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos. *Patología Vegetal* 2:1039-10100.

BELTRAN, E., MOLINA, R. JIMENEZ, L. 1998. Estudio general de los suelos del departamento de Risaralda. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 302 p.

BIEDENBANCH, M., SMITH, I., THOMSEN, T., LAURENCE, A. 1989. Use of the nematode *Panagrellus redivivus* as an *Artemia* replacement in a larval peneid diet. *Journal of the World Aquaculture Society* 20: 61-71.

BOAG, B. 1974. Nematodes associated with forest and woodland trees in Scotland, *Annals of Applied Biology* 77: 41-50.

BOAG, B. 1977. Factors influencing the occurrence and abundance of nematodes in forest soils in eastern Scotland. *Annals of Applied Biology* 86(3): 446-450.

BONGERS, T. Y M. BONGERS. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239-251.

BONGERS, T. 1999. The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil* 212: 13-22.

BONGRES, T., FERRIS, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 14(6): 224-228.

BRODIE, B.B. 1976. Vertical distribution of three nematode species in relation to certain soil properties. *Journal of Nematology* 8(3): 243-247.

BRONICK, C. y LAL, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3 –22.

BURBANO O., H. 1989. El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 447 p.

CALVO, M.S., VELASCO, E.B. 2000. Colección: Ingeniería del medio ambiente: tratamiento de reciclado de producto de los residuos. Ediciones Mundi-prensa. Médico, D.F., México. 605 p.

CARDER, Corporación Autónoma Regional de Risaralda. Gobernación de Risaralda. 2008. Risaralda un bosque modelo para el mundo. Risaralda, Colombia. 55 p.

CARDER, Corporación Autónoma Regional de Risaralda 2004. Ecoregión eje cafetero: Un territorio de oportunidades. Segunda edición. Pereira, Colombia. 343 p.

CASTELLANOS, P. A. 1999. Manejo Integrado del Cultivo de Cebolla de Rama, *Allium fistulosum* para el Departamento de Risaralda. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. [ en línea]: <[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Manejo%20integrado%20de%20cultivo%20de%20cebolla%20de%20rama%20o%20larga.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20integrado%20de%20cultivo%20de%20cebolla%20de%20rama%20o%20larga.pdf)> [Consulta: 12 Oct. 2008].

CASTILLO, R., PEÑA S., JIMENEZ F. 1985. "Modelos de distribución vertical de las especies de nematodos en un biotopo natural". I. Boletín del Servicio de Plagas 12 (11): 155-162.

CASTRILLÓN, C., BOTERO, M.J., URREA C. F., CARDONA J. E., ZULUAGA L. E., MORALES, H., ALZATE, G. 2002. Manejo integrado de nematodos parásitos del plátano, con énfasis en microbiológicos. Asociación de Bananeros de Colombia (AUGURA). Memorias XV reunión. 27 de Octubre de 2002. Cartagena de Indias, Colombia. 6 p.

DANE. 2001. Censo Nacional de cebolla. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 20p.

CADET, P., MCARTHUR. V., W., G. 2002. Role of plant parasitic nematodes and abiotic soil factors in growth heterogeneity of sugarcane on a sandy soil in South Africa. Plant and Soil 246: 259–271.

CHABRIER, C., CARLES, C., QUENEHERVE, P., CABIDOCHÉ, Y. M. 2008. Nematode Dissemination by Water Leached in Soil: Case Study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on Nitisol Under Simulated Rainfall. Applied Soil Ecology 40: 299 – 308.

CHAVES, N. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorn. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 98 p.

CHRISTIE, J.R. Nematodos De Los Vegetales, su Ecología y Control. 1991. Noriega Editores. México, D. F. México. 275 p.

CRAGG, R., BARDGETT, R. 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. Soil Biology and Biochemistry 33: 2073–2081.

COLEMAN, D., BLAIR, J., ELIOT, E., WALL, D. 1999. Soil invertebrates in: Roberts et al (Eds). Standard Soil Methods for Long-term ecological research. 405p.

COLINVAUX, P. 1993. Ecology 2. John Wiley & Sons. New York, USA.

COMPO. Cultivos hortícolas: Cebolla. 2009. [en línea]: <http://www.compo.es/compo/WebApp?Resource=IdealPortal.Page&Node=38600937> [Consulta: 23 Mayo de 2009].

COURTNEY, W.D., Polley, D. and Miller, V.L. 1955. TAF, an improved fixative in nematode technique. Plant Disease Report 39: 570-571.

COYNE, M. 2000. Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Primera edición. Editorial Parainfo S.A. Madrid, España. Pp. 128-152.

DEAN, W. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petroleum 44: 249-253.

DÍAZ, P.S. FERNANDÉZ, S. 2001. Métodos paramétricos para la comparación de dos medias. t de Student. Unidad epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. Coruña, España. 41p.

DANOVARO, R., GAMBI, E.C. 2002. Biodiversity and trophic structure of nematode assemblages in seagrass systems: evidence for a coupling with changes in food availability. Marine Biology 141: 667-677.

DE GOEDE, R., M., VERSCHOOR, V.C., GEORGIEVA, S. 1993. Nematode distribution, trophic structure and biomass in a primary succession of blown-out areas in a drift sand landscape. Fundamental applied. Nematology 16(6): 525-538.

EKSCHMITT, K., BAKONYI, G., BONGERS, M., BONGERS, T., BOSTROM, S., DOGAN, H., HARRISON, A., KALLIMANIS, A., NAGY, P., O'DONNELL, A., SOHLENIUS, B., STAMOU, G., WOLTERS, V. 1999. Effects of the nematofauna

on microbial energy and matter transformation rates in European grassland soils. *Plant and Soil* 212: 45-61.

ESCOBAR, C., DE MEUTTER, J., ARISTIZABAL, F., SANZ-ALFÉREZ, S., DEL CAMPO, F.F., BARTHELES, N., VAN DER EYCKEN, W., SEURINCK, J., MONTAGU, M., GHEYSEN, G., FENOLL, C. 1999. Isolation of LEMMI9 Gene and Promoter Analysis During a Compatible Plant Nematode Interactions. *Molecular Plant Microbe Interactions* 12(5): 440-449.

EPA. 1995. Determination of pH in soils (Method 9045C). Revision No 4. Pp 1-8.

ESQUIVEL, A., GUERRERO, R. PEÑA, S., POWERS T. 2007. Free-living dorylaimid nematodes from nature reserves in Costa Rica. The genus *pachydorylaimus siddiqi*, 1983. *Nematropica* 37(2): 317-333.

FAITHFULL, N. 2005. Métodos de análisis químico agrícola. Manual práctico. Institute of Rural Studies University of Wales. Aberystwuth, United Kingdom. 85p.

FERRIS, H. NEMAPLEX. 1999. The "nematode-plant expert information system" A Virtual Encyclopedia on Soil and Plant Nematodes. Department of Nematology. University of California, California, USA. [en línea]: <<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>> [Consulta: 20 Abril de 2009].

FERRIS, H. & MATUTE, M. M. 2003. Structural and functional succession in nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology* 23:93-110.

FRANCI, I. J. 1993. Multivariate análisis of selected edaphic factors and their relationship to *Heterodera glycines* population density. *Journal of nematology* 25 (2): 270-276.

FRECKMAN, D., ETTEMA, C. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45: 239-261.

FRECKMAN, D., CASWELL, E. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. Annual Review of Phytopathology. 23: 275-296.

FRECKMAN, D., ROBERTSON, G. 1995. The special distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. Ecology 76(5): 1435-1432.

GOBBI, M., BRUGNI, N. 1996. Fluctuación estacional de grupos tróficos de nematodos en un bosque central de *Austrocedrus chilensis* en Argentina. Bosque 17(1): 21-27.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentaria. 2005. Manejo de sistemas agroforestales. Manejo de humedad del suelo en zonas secas. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). Proyecto PESA. Tegucigalpa, Honduras. 12p.

FAC, Fuerza aérea Colombiana. Vías del municipio de Quimbaya, en el Quindío. 2007. [en línea]:<  
[http://www.fac.mil.co/index.php?idcategoria=22156&facmil\\_2007=17eb953004a495a35bf207a70d](http://www.fac.mil.co/index.php?idcategoria=22156&facmil_2007=17eb953004a495a35bf207a70d)>[Consulta: 20 Feb. 2009].

GILLER, K.E., BEARE, M.H, LAVELLE, P. IZAC, A., swift, m.j. 1997. Agricultural intensification, soil diversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology 6: 3-16.

GOMES, G.S., HUANG, S.P. & CARES, J.E. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. Fitopatología Brasileira 28: 258-266.

GÓMEZ. J. E. 1998. Manejo integrado de la pudrición de la cebolla de rama causada por el nematodo *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev en el resguardo de Guambia municipio de Silvia Cauca. CORPOICA. Palmira, Colombia. 21 p.

GÓMEZ, M., MONTES, M. 2003. Manejo de nematodos endoparásitos: Proyecciones [en línea]:<  
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf> > [Consulta: 10 Nov. 2008].

GÓMEZ, J.J., ANAYA, S., SIERRA., E. 1998. Propagación de la cebolla de rama (*Allium fitosolum* L.) libre de nematodo *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipje, a través del cultivo de meristemas. Corpoica- Pronatta. Boletín Técnico No 2. Popayán, Cauca. 17 p.

GONZÁLEZ, F. 1978. Nemátodos fitoparásitos Aaados con la rizósfera de arroz y maíz en varias zonas agrícolas de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2(2): 171-173.

GUPTA, V.R. y YEATES, G. W. 1997. Soil microfauna as bioindicators of soil health. In Biological Indicators of Soil Health, eds. C. E. Pankhurst, B. M. Doube & V. S. R. Gupta, CABI Publishing. Wallingford, UK, 201-233 pp.

GUTIÉRREZ, V. B. 2002. Investigación y Desarrollo en Sistemas de Producción Agroforestales en Colombia. [en línea]: <[www.sbsaf.org.br/anais/2004/pdfs/posters/secao\\_1/p6\\_03.pdf](http://www.sbsaf.org.br/anais/2004/pdfs/posters/secao_1/p6_03.pdf)> [Consulta: 23 Ene. 2009].

HAWKSWORTH, D.L.1991. The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its role in sustainable Agriculture. CAB International. Wallingford, United Kingdom. 302 p.

HICKMAN, C., ROBERTS, S., PARSON, A. 1998. Principios integrales de zoología. McGraw-Hill Interamericana. España. 928 p.

ICONTEC. 2004. NTC 4113-4. Calidad de suelo. Muestreo. Parte 4. Guía sobre el procedimiento para la investigación de sitios naturales, semi-naturales y cultivados. Bogotá, Colombia. 18p.

IDEAM. Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales. 2008. Estrategias para un sistema nacional de áreas protegidas [en línea]

<[http://www.ideam.gov.vo/apcaa/imaupload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/Estrategias de áreas protegidas. pdf](http://www.ideam.gov.vo/apcaa/imaupload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/Estrategias%20de%20áreas%20protegidas.pdf)>[Consulta: Diciembre 22 de 2008].

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2009. Temperatura, brillo solar y evaporación, Pereira. en línea<<http://www.ideam.gov.co/sectores/aero/climat/tempepereira.htm>> [Consulta: 16 de Junio 2009].

IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2003. [en línea]: [http://www.igac.gov.co:8080/igac\\_web/UserFiles/File/mapas\\_pdf/departamentos/Risaraldaseg.pdf](http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/mapas_pdf/departamentos/Risaraldaseg.pdf) [Consulta: 4 Dic. 2008].

INGHAM, R. 1994. Nematodes. In: American Methods of Soil analysis. Pp. 459-490.

JARAMILLO, M.; HERNÁNDEZ, F. 1983. Raíz rosada de la cebolla de rama *Allium fistulosum* (L). y su distribución en el departamento de Nariño. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia .42 p.

JARAMILLO, D. F. 2004. El recurso suelo y la competitividad del sector agrario Colombiano. Competitividad del Sector Agrario Colombiano: Posibilidades y Limitaciones. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia. 26 p.

KAPELLE, M. 2001. Bosques nublados del neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO. Primera edición. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 704p.

KENNEDY, M.W, HARNETT, W. 2000. Parasitic Nematodes. Molecular Biology, Biochemistry and Immunology. CABI Publishing. New York, USA. 486 p.

KORTHALS G .W., ALEXIEV A. D., LEXMOND T. M., KAMMENGA J. E., BONGERS T. 1996. Long-term effects of copper and pH on the nematode



community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry* 15, 979–985.

LARA, R., CASTRO, B., CASTRO, G., CASTRO, M., CASTRO, M., MALPICA, S. 2003. La Importancia de los Nematodos de Vida Libre. Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS UAM Xochimilco. *ContactoS* 48: 43-46.

LATORRE, N. 2007. Evaluación de medios de cultivo altos y bajos en nutrientes para la recuperación de heterótrofos edáficos en la ecorregión cafetera de los Andes. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento de Microbiología. Bogotá, D.C, Colombia. 104p.

LAOSSI, K., BAROT, S., CARVALHO D, DESJARDINS, T., LAVELLE, P., MARTINS, M., MITJA D, RENDEIRO, A., ROUSSEAU, M., VELÁSQUEZ, E., GRIMALDI, M. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. *Pedobiologia* 51(5-6): 397-407.

LAYNEZ, J. A., MÉNDEZ, J.R., Y MAYZ, J. 2007. Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Temas Agrarios* (2): 62-73.

LAVELLE, P., SPAIN, A. V. 2001. *Soil Ecology*. Netherlands: Kluwer. 654 p.

LEDERBERG, J. 2000. *Enciclopedia of microbiology*. Second edition. Ed Academic Press. California, USA. 662p

LEGUIZAMO, M., PARADA, J. 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(1): 61-65.

LENZ, R. Y G. EISENBEIS. 2000. Short term effects of different tillage in a sustainable farming system on nematode community structure. *Biology and Fertility Soils* 31: 237-244.

LI, Y., YANG, X., ZOU, W., WU, J. 2008. Response of soil nematode communities to tree girdling in a subtropical evergreen broad-leaved forest of southwest China. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 1–6.

LOPEZ, D. 1991. Introducción a los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Unidad de levantamientos rurales. Subdirección de docencia e investigación. Bogotá, Colombia. 84 p.

LÓPEZ, R. 1980. Determinación de los nematodos asociados al plátano (*Musa acuminata* x *M.balbisiana*, AAB) en Río Frío. *Agronomía Costarricense* 4(2): 143-147.

LÓPEZ, R., AZOFEIFA, J. 1981. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos asociados con hortalizas en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 5(1/2):29-35.

LÓPEZ, R., FONSECA, B. 1978. Combate químico de nematodos fitoparásitos en tabaco de Sol. *Agronomía Costarricense* 2(2): 157-162.

LÓPEZ, R., SALAZAR, L. 1987. Observaciones sobre la distribución espacial de nematodos fitoparásitos en árboles frutales. *Agronomía Costarricense* 11(2): 141-147.

LÓPEZ, R., SALAZAR, L. 1988. Nematodos Asociados al Arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. VII. *Pratylenchus* spp. *Agronomía Costarricense* 12(2): 183-190.

LUC, M.; HUNT, D. J., MACHON, J.E.1990. Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Cab International. CAP. Londres, Inglaterra. 400p.

MCSORLEY, R. 1998. Plant parasitic nematodes associated with tropical and subtropical fruits. *Agric. Exp. Stn. Inst. of Food and Agric. Sci. Univ. of Florida. Bull.* 823: 45 – 48.

MALAGÓN, D.C. 2003. Los Suelos de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). [en línea]: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/05loss.pdf>> [Consulta: 22 Ene. 2009].

MALAGÓN, D.C. 2004. El recurso suelo en Colombia-Inventario y Problemática-Revista Académica Colombiana de Ciencias 22 (82): 13-52

MATSON, P.A., PARTON, W.J., POWE, A.G., y SWIFT, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science 277: 504-509.

MILLIGANS, S., BOUDEAU, J., YAGHOABI, J., KALOSHIAN, I., ZABEL, P., WILLIAMSON, V. 1998. The root knot nematode resistance gene mi from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding. Leucine Rich repeat family of plant genes. Plant Cell 10: 1307-1319.

MILTON, J.S., TSOKOS, J.O. 1989. Estadística para biología y ciencias de la salud. Interamericana. McGraw Hill. Madrid, España. 592 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2008. Sistema Básico de Información Municipal en Colombia. República de Colombia. [en línea]: <<http://sisbim.colnodo.apc.org/sisbim/>> [Consulta: 27 Sep. 2008].

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2008. [en línea]: Biodiversidad: Vegetación y Ecosistemas s.<<http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/ecosistemas/vegetacion.htm>> [Consulta: 4 Feb. 2008].

MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T, Manuales y Tesis SEA. Vol.1. Zaragoza, España 84 p.

MULDER, A.F., VAN DER WAL, A. VELEMA, R.A., ROOSJEN, J.S. Effects of soil characteristics on the relationship between potato cyst nematodes and yield. II. Acidity (soil pH). *Potato Research* 40: 375- 381.

NAVARRO, G. 2000. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición.* Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 488p.

NAVIA, J., BARRIOS, E., SANCHEZ, M. 2006. Efecto de aportes superficiales de biomasa vegetal en la temperatura, humedad y dinámica de nematodos en el suelo en época seca en Santander de Quilichao (Departamento del Cauca). Artículo derivado de la tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Cali, Colombia. 11p

NAS ,1978. *Control de nematodos parásitos de plantas.* National Academy of Sciences. Vol 4. Editorial Limusa. México. D. F., México 219p.

NEHER, D.A., WEICHT,T., SAVIN, M., GÖRRES J., AMADOR, J. 1999. Grazing in a porous environment. Nematode community structure. *Plant and Soil* 212: 85-99.

NEHER, D. A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology* 33(4):161-168.

NGUYEN, B.K. 2001. *Rhabditida, Rhabditina, Generic Identification.* University of Florida. Entomology and Nematology Department [en línea]: <http://nematology.ifas.ufl.edu/nguyen/morph/rhabdi/rhabmain.htm>>[Consulta: Abril 19 de 2009].

NGUYEN, B.K. 2001. *Nematodes in the order Tylenchida.* University of Florida. Entomology and Nematology Department [en línea]: <http://nematology.ifas.ufl.edu/nguyen/morph/rhabdi/rhabmain.htm>>[Consulta: Abril 19 de 2009].

NORAMBUENA, P., LUZIO W. VERA, W. 2002. Comparación entre los métodos de la pipeta y bouyoucos y su relación con la retención de agua en ocho suelos de

la zona altiplánica de la provincia de Parinacota, Chile. *Agricultura técnica* 62(1): 150-157.

NORTON, D.C. 1989. Abiotic soil factors and plant parasitic nematode communities. *Journal of nematology* 21:299-307.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2007. Plan de Manejo 2007 – 2011 Santuario de Fauna y Flora Otún-Quimbaya. 2007. Dirección Territorial Noroccidente Medellín (Antioquia). [en línea]: <<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/EjecutivoPMSFFOtunQuimbaya.pdf> >[Consulta: 23 de Diciembre de 2008].

PATTISON, T., BADCOCK, K., ARMOUR, J., MOODY, P. VELUPILLAI, R., COBON J., LINDSAY, S., GULINO, S., SMITH, L. 2004. Using nematodes as bioindicators for soil health in bananas. *SuperSoil. Proceedings of the International Soil Science Conference*. 5- 9 Diciembre. Sydney, Australia.

PEREIRA, R. , SILVEITRA, E., SCAQUITTO, D., NASCIMBEM, E., VAL-MORAES., WICKERT, E., CARARETO-ALVES, L., MACEDO, E. 2006. Molecular characterization of bacterial populations of different soils. *Brazilian Journal of Microbiology* 37: 439-447.

PISCO, P. R., DÍAZ GARRO, Y. A. Facultad de ciencias. Escuela de geociencias. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Evaluación de las diferentes especies de nematodos presentes en suelos sometidos a distintos sistemas de manejo en un andisol en el municipio de marinilla. Medellín, Colombia. 20 p.

PLASTER, E. 2000. *La ciencia del suelo y su manejo*. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 419 p.

PREMACHANDRAN D., VON MENDE N., HUSSEY R. S., MCCLURE, M. A. 1988. A method for staining nematode secretions and structures. *Journal of Nematology* 20: 70–78.

PINAY, G.,BLACK, V., PLANTY, A.,GUMIERO, B. y DÉCAMPS, H. 2000. Geomorphic control of denitrification in large river floodplain soils. *Biogeochemistry* 50: 163–182.

PUMALPA, J. 1983. Identificación de problemas fitopatológicos del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) su distribución e incidencia en el departamento de Nariño. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 87 p.

QUIJANO, L. R. 2003. Evolución Sistemática de los Nematodos (Subfamilia Qudsianematinae). Centro Asociado de la Provincia de Jaén “ANDRÉS DE VANDELVIRA”. UNED. 14p [en línea]:  
<<http://www.uned.es/ca-jaen-ubeda/ficheros/magina10/rocio%20quijano.pdf>  
[Consulta: 3 de Noviembre 2008].

QUINTANA C. 1996. Elementos de inferencia estadística. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 219 p.

QUINTERO, M.P. 2003. Comparación en laboratorio de la patogenicidad de tres especies nativas de nematodos entomopatógenos (Rhabditida) sobre Larvas de tercer instar de *Phyllophaga menetriesi* (blanchard) (Coleoptera: scarabaeidae). Trabajo de Grado. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Santiago de Cali, Colombia. 58 p.

RAMÍREZ, A. 1978. Reconocimiento de nematodos asociados con la caña de azúcar en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2(1): 39-46.

RAMÍREZ, A. 1979. Muestreo poblacional del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*) y otros nematodos asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Costarricense* 3(1): 13-20.

RAMÍREZ, R., P., DÍAZ, P.A GARRO, G. A. 2008. Evaluación de las diferentes especies de nematodos presentes en suelos sometidos a distintos sistemas de manejo en un andisol en el municipio de marinilla. Universidad nacional de Colombia. [en línea]: [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion\\_de\\_las\\_diferentes\\_especies\\_de\\_nematodos\\_presentes\\_en\\_suelos\\_sometidos\\_a\\_distintos\\_sistemas\\_de\\_manejo\\_en\\_un\\_andisol\\_en\\_el\\_municipio\\_de\\_marinilla.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion_de_las_diferentes_especies_de_nematodos_presentes_en_suelos_sometidos_a_distintos_sistemas_de_manejo_en_un_andisol_en_el_municipio_de_marinilla.pdf) [Consulta: 1 Feb. 2009]

RIERA, R., NUÑEZ, J. BRITO, M. C. 2006. ¿Son parásitos todos los nematodos? El caso de los nematodos de vida libre. 2006. Bionet Canarias 1(1): 1-4.

RIVERA, L., ARMBRECHT, I. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. Revista Colombiana de Entomología 31(1): 89-96.

REY, B. 1997. Ingeniería Rural de Aguas y Bosques, París. Francia. 7p

ROBETSON, .G. P., FRECKMAN, D. W. 1995. The spatial distribution of nematode Trophic groups across a cultivated ecosystem. Ecology 76(5): 1425-1432.

RODGER, S., GRIFFITHS, B. S., MCNICOL, J.W., WHEATLEY, R.W., YOUNG, I.M. 2004. The impact of bacterial diet on the migration and navigation of *Caenorhabditis elegans*. Microbial Ecology 48: 358–365

RODRÍGUEZ, V. M. 2005. Indicadores ambientales para el uso del suelo. Bogotá, D.C. Colombia. [en línea]<[www.dama.gov.co](http://www.dama.gov.co) > [Consulta: 23 Oct. 2008].

ROSALES, F.E; POCASANGRE, L.E., TREJOS, J., SERRANO E., ACUÑA, O., SEGURA, A., DELGADO, E., PATTISON, T., RODRIGUEZ, W., STAVAR, C. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. VXII Reunión internacional de Asociación para la cooperación de búsquedas sobre el banano en

el Caribe y América central. 15 de Octubre de 2006, Joinville. Santa Catarina, Brasil.10p.

RUESS, L., MICHELSEN, A., SCHMIDT, I., JONASSON, S. 1999. Simulated climate change affecting microorganisms, nematode density and biodiversity in subarctic soils. *Plant and Soil* 212: 63–73.

RUÍZ, C., RUSSIAN, T., TUA, D. 2007. Efecto de la Fertilización Orgánica en el Cultivo de la Cebolla. *Agronomía Tropical* 57(1): 7-14.

SAENZ, A. & J. E. LUQUE. 1999. Cuantificación invasiva de *Steinernema feltie* cepa Villapinzón en *Tecia solanivora* y *Clavipalpus ursinus* en: RESUMENES XXVI CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA. 28-30 de julio de 1999. Bogotá, Colombia 56p.

SALAMA, S.H., MAHFOUZ, M., ABD-ELGAWAD. 2001. Isolation of heterorhabditid nematodes from palm tree planted areas and their implications in the Red Palm Weevil control. *Journal Pest Science* 74: 43-45.

SALMORAL, M.L. 2005. Las transferencias agrícolas del mediterráneo a América xvi-xviii: imperialismo verde y formación de la agricultura mestiza iberoamericana. Estudio sobre la transformación radical del paisaje americano, producida por la transferencia de de la agricultura del Viejo Mundo la[en línea ]: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/lucena/transfera/transfera9.htm> [Consulta: Junio 18 de 2009].

SANCHEZ, G. & N. M. VASQUEZ. 1996. Manejo de plagas en el sistema de producción de arracacha en el departamento del Tolima. Ibagué, ICA. Boletín Técnico. 43p.

SANZ- ALFEREZ, S., URIBE, X., ARISTIZABAL, A., HERREROS, E., DEL CAMPO, F., FENOLL, C. 1999. Cis elements in nematode responsive promoters. *Phytosfere '99. Highlights in Eupean Plant Biotechnology* 6: 177-182.



SCHALATTER J, GREZ R, GERDING V. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 1148 p.

SCHLATTER J, GERDING V, CALDERÓN S. 2006. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*. *Revista Bosque* 27(2): 115-125.

SCHNURER, J., CLARHOLM, M., BOSTROM, S., ROSSWALL, T. 1986. Effects of moisture on soil microorganisms and nematodes: A field experiment. *Microbial Ecology*. 12: 217-230.

SIEGEL, S., CASTELLAN, J. 2001. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Cuarta edición. México D. F., México 429 p.

SIJMONS, P.C. 1993. Plant nematode interactions. *Plant molecular biology* 23: 917-931.

SQUEO, F.A. OLIVARES, N. OLIVARES, S. POLLASTRI, A., AGUIRRE, E., ARAVENA. R. , JORQUERA, C. EHLERINGER, J. R. 1999. Grupos funcionales en arbustos desérticos del norte de Chile, definidos sobre la base de las fuentes de agua utilizadas. *Gayana Botánica* 56 (1): 1-15.

STIRLING, G.R.1991. Biological control of plant parasitic nematodes. CAB internacional. Cap 3. London. Pág. 22-45.

TARJAN, A.C., ESSER, R.P., CHANG, S. L. 1997. Interactive diagnostic key to plant parasitic, freeliving and predaceous nematodes. University of Nebraska. Nematology Lab. [en línea]< <http://nematode.unl.edu/key/nemakey.htm>>[Consulta: Febrero 12 de 2009].

THADE, J., SHMOOKLER, R.J. 2000. Ammonia, respiration, and longevity in nematodes: insights on metabolic regulation of life span from temporal rescaling. *Age* 23: 75-84.

TORRES, R.L. 2008. Ecología y Usos Del Suelo. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas. [en línea]:< [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co)> [Consulta: 3 Oct. 2008].

Tyler, G. 2002. Ciencia ambiental: Preservemos la tierra. Cengage Learning Editores. 460p.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Instituto de suelos CRN – CNIA – INTA. Buenos Aires, Argentina. 88 p.

VAN DER WAL, A. F.1994. Nematology; summary nematology lectures. International course on integrated pest management. Mar 20, Jul 2, 25-29p.

VILLENAVE, C., CADET, P., PLANCHON, O., ESTEVE, M., LAPETITE, J. 2003. Transport of free-living nematodes by runoff water in a Sudano-Sahelian Area. *Applied Soil Ecology* 23: 85-91.

VOLCY, C.1998. Clave de familias de nematodos fitoparásitos. Nematodos. Tomo II. Diversidad y parasitismo en plantas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 182 p.

VOLCY, C.1998. Nematodos. Tomo II. Diversidad y parasitismo en plantas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 182 p.

WASILEWSKA, L. 1997. Nematofauna of the shelterbelts in the agricultural landscape. *Polish Journal of Ecology* 52 (2):99-113.

YEATES, W., BONGERS, T., GOEDE, R., FRECKMAN, D., GEORGIEVA, S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and Genera - An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25 (3): 315-331

YEATES, G.W. 1994. Modification and qualification of the nematode maturity index. *Pedobiologia* 38: 97-101.

YEATES, W., BIRD, A., 1994. Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. *Fundamental and Applied Nematology* 17 (2): 133-145.

ZAMBRANO, P.R., MOLANO, B.J, GONZALES, F., LOMBANA, A.C., RANGEL, O., FLORES, A., IRIARTE, P., KRAUS, E. 1995. El páramo, un ecosistema de alta montaña. Primera edición. Bogotá, Colombia. 168 p.

ZAMBRANO, P. R., MOLANO, J., CASTAÑO, C., VARGAS, O., AGUILAR, M., RANGUEL, J., CENDALES, L., RUBIO, F., VÉLEZ, N., GUTIERREZ, L., NAVARRETE, J., BOGOTÁ, R., LAMPREA, S., RUÍZ, P.1996. El páramo, ecosistema a proteger. Primera edición. Bogotá, Colombia. 233p.