Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Densidad y diversidad de nematodos en sistemas agroforestales de café en asocio con bananos y sombra de leguminosas en Jinotega, Nicaragua

por

Julia Mercedes García Salazar

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2012

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

FIRMANTES:

Gabriela Soto, M.Sc.
Co-Directora de tesis

Howard Ferris, Ph.D.
Co-Director de tesis

Fernando Casanoves, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Charles Staver, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Jacques Avelino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Juan Castellón, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Thomas Dormody, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado

Julia Mercedes García Salazar
Candidata

II

DEDICATORIA

A mi hijo, Martín Gustavo, por llenar mi vida de felicidad y por esperarme pacientemente estos dos años.

A mis padres Nelson y Nubia (q.e.p.d) por apoyarme siempre en mis estudios y proyectos. A mi padre gracias por cuidar a mi hijo durante este tiempo.

A mis hermanos y sobrinos por todo su amor.

A mi amiga Karem Isabel Velásquez por estar siempre a mi lado en estos dos años, brindándome su apoyo incondicional en todo momento.

A mi amiga y profesora Ph.D Ana Cristina Rostran por estar siempre a mi lado y ofrecerme su apoyo en las distintas circunstancia de mi vida.

¡Que el Señor los bendiga!

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso y la Madre Santísima por llenarme de bendiciones y sabiduría para terminar mis estudios.

A mi profesora consejera M.Sc Gabriela Soto, por haber aceptado el reto de guiarme, brindarme su apoyo durante los estudios, en la práctica de campo y en la realización del escrito.

Al Dr. Howard Ferris, por dedicar parte de su tiempo para capacitarme en la identificación de los nematodos y por las recomendaciones ofrecidas en la mejora del documento.

Al Dr. Fernando Casanoves, por sus enseñanzas en estadística, por todo el tiempo brindado en los análisis de datos y en las correcciones del documento.

Al Dr. Jacques Avelino, por sus valiosas recomendaciones y observaciones en el análisis de los resultados.

Al Dr. Charles Staver, por sus recomendaciones y apoyo en la realización de este trabajo.

Al M.Sc Juan Castellon, por las recomendaciones en la realización de este trabajo.

A Bioversity Internacional por el apoyo económico brindado para realizar esta Maestría.

A mi Alma Mater, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – León por el permiso otorgado para realizar estos estudios.

Al departamento de Agroecología, UNAN – León, por prestarme las instalaciones del Laboratorio de Fitopatología para realizar los análisis.

A los productores de la comunidad de Monterrey Jinotega, por permitirme realizar los muestreos en sus fincas.

A la Familia Gonzalez por recibirme en su casa y apoyarme durante la fase de campo.

A Sergio Vilches y Eduardo Corrales, por su apoyo en los análisis estadísticos.

A mis compañeros de la generación 2010 – 2011 por su amistad incondicional en todo momento.

Al personal de Posgrado, Bioversity Internacional, Maestría en Agricultura Ecológica y de la Biblioteca Orton por su apoyo.

Muchas gracias a todos, ¡**Dios los bendiga!**

BIOGRAFÍA

Julia Mercedes García Salazar, autor de este documento nació en León, Nicaragua el 02 de octubre de 1974. Se graduó en la Facultad de Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en el 2000 como Licenciada en Biología. Ha desempeñado labores en esta institución desde el año 2001 a la fecha, como docente e investigador del Departamento de Biología en dicha Facultad. Fue responsable del Laboratorio Cultivo de Tejido de Musáceas del 2006 al 2008. Estudió un Diplomado en "Desarrollo Humano Local" en la UNAN – León, 2004 y realizó pasantía en la Universidad de Valencia, España en "Desarrollo de herramientas para la conservación y propagación de pino marítimo (*Pinus pinaster* Aiton)" 2005 – 2006.

CONTENIDO

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS IV
BIOGRAFÍA V
CONTENIDO VI
RESUMEN IX
SUMMARY XI
ÍNDICE DE CUADROS XIII
ÍNDICE DE FIGURAS XV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS XVII
1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Objetivos del estudio 3
1.1.1 Objetivo general 3
1.1.2 Objetivos específicos 3
1.2 Hipótesis del estudio 3
2 MARCO CONCEPTUAL 5
2.1.1 El cultivo del café y su importancia económica 5
2.1.2 El cultivo del banano y su importancia económica 5
2.1.3 Fitonemátodos 6
2.1.4 Ciclo de vida de los fitonemátodos de mayor importancia en el cultivo del café y banano 6
2.1.5 Los fitonemátodos y su importancia en la producción de café 7
2.1.6 Los fitonemátodos y su importancia en el cultivo del banano 10
2.1.7 Salud de los suelos 12
2.1.8 Nematodos del suelo 13
2.1.9 Índices de la red alimentaria del Suelo (Bongers 1999; Ferris et ál., 2001; Ferris, 2010) 15
3 MATERIALES Y MÉTODOS 17

3.1 Área de estudio 17
3.1.1 Condiciones meteorológicas 17
3.1.2 Suelo de la zona de estudio 18
3.2 Criterios para la selección de los productores 18
3.3 Tratamientos 18
3.3.1 Los tratamientos que se evaluaron fueron (figura 1): 18
3.4 Tamaño de la parcela 19
3.5 Criterios para la selección de los sitios de muestreo en cada finca: 19
3.6 Muestreos realizados 20
3.7 Metodología para cada muestreo: 20
3.7.1 Porcentaje de sombra 20
3.7.2 Cobertura del suelo 21
3.7.3 Densidad Aparente 21
3.7.4 Muestra de suelo para nematodos del suelo 21
3.7.5 Toma de muestra de raíz en café y banano 22
3.7.6 Muestreo y análisis de suelo 22
3.8 Encuesta a productores 24
3.9 Análisis de las raíces a nivel de laboratorio (basado en Araya, 2002) 24
3.10 Método de extracción para nematodos del suelo 25
3.11 Análisis estadístico 26
3.11.1 Índices de la red alimentaria del Suelo (Bongers, 1990) 26
3.11.1.1 Índice de enriquecimiento, índice de estructura y el índice de cambio (Neher et ál., 2004) 26
3.11.1.2 Modelo estadístico 27
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
4.1 Encuesta a productores 28
4.2 Análisis de suelo 30
4.3 Comparación del porcentaje de sombra, hojarasca, arvenses, densidad aparente y peso de hojarasca por tratamiento 31
4.4 Poblaciones de nematodos parásitos de las raíces de café 32
4.5 Poblaciones de nematodos parásitos de las raíces de banano 34
4.6 Relación entre fitonematodos y el peso de las raíces de banano 37
4.7 Relación entre fitonematodos en las raíces de café y banano 37
4.8 Relación entre los fitonematodos de las raíces de café y banano y las características de cada tratamiento 38

4.9 Relación de los nematodos encontrados en el suelo con los tratamientos 39
4.10 Relación entre los nematodos encontrados en el suelo y las características de cada tratamiento 43
4.11 Relación entre fitonematodos en las raíces de café y banano y los nematodos encontrados en el suelo 44
4.12 Relación de los Índices de la red alimentaria del Suelo con los tratamientos..... 46
4.13 Relación entre fitonematodos en raíces de café y banano y los Índices de la red alimentaria del Suelo 47
4.14 Relación entre los índices de la red alimentaria del suelo y las características de cada tratamiento 50
4.15 Relación entre fitonematodos de café y las características del suelo por finca..... 52
4.16 Relación entre fitonematodos de banano y las características del suelo por finca... 53
4.17 Relación de los índices de la red alimentaria del suelo y las características de suelo por finca 54
4.18 Discusión general 55

4.18.1 Fitonematodos en raíces de café 55

4.18.2 Fitonematodos en raíces de banano 59

4.18.3 Nematodos en el suelo y los índices de la red alimentaría del suelo 61

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63

5.1 Conclusiones 63
5.2 Recomendaciones..... 64
6 BIBLIOGRAFÍA 65

ANEXOS 72

RESUMEN

Este trabajo tiene como fin medir los niveles poblacionales de fitonematodos y nematodos del suelo en presencia de banano, café y árboles en los cafetales del norte de Nicaragua. El estudio se realizó en 28 fincas de la comunidad de Monterrey. Se evaluaron cuatro tratamientos por finca: Café-Banano-Leguminosa (CBL), Café-Banano (CB), Café-Leguminosa (CL) y Café a pleno sol (C). Las variedades de café a estudiar fue Caturra, en banano Gros Michel y en leguminosa fue Guaba (*Inga* sp). Las variables a medir en cada uno de los tratamientos fueron: porcentaje de hojarasca, porcentaje de arvenses, porcentaje de sombra y densidad aparente del suelo. Se tomaron muestras de suelo para la identificación de nematodos y para análisis físico – químico. Se estudiaron también muestras de raíces de café y banano. Se realizó una encuesta a cada uno de los productores con el propósito de conocer el manejo agronómico de sus plantaciones. Se realizaron análisis de varianza para las covariables: Porcentaje de hojarasca, porcentaje de sombra, porcentaje de arvenses, densidad aparente y para los pesos de la hojarasca; y Poisson para las variables número de fitonematodos en raíces de café y banano. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas a un nivel. Con el fin de determinar cuáles eran los tratamientos que generaban diferencias estadísticas se utilizaron pruebas de comparaciones múltiples LsD Fisher. Los nematodos identificados en el suelo se utilizaron para calcular los índices de la red alimentaria del suelo. El fitonematodo que presentó mayor densidad poblacional tanto en las raíces de café como en banano fue *Meloidogyne* J2, teniendo mayor presencia en las raíces de café. El género *Meloidogyne* J2 en café presentó mayor densidad poblacional en los tratamientos donde no había presencia de bananos (CL y C). El género *Pratylenchus* en banano presentó mayor densidad poblacional en el tratamiento CB, mientras que el género *Meloidogyne* J2 fue mayor en el tratamiento CBL. En las raíces de banano se encontró una relación significativa positiva entre el daño de la raíz y la presencia de los géneros *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* y con el total de fitonematodos en las raíces de banano. El género *Pratylenchus* en banano presentó una relación significativa negativa con *Pratylenchus* en café y positiva con *Meloidogyne* en café. En el suelo se identificaron un total de 11,663 nematodos, pertenecientes a 14 familias y 3 géneros diferentes. Todos ellos se agruparon en 4 grupos tróficos,

bacterívoros, omnívoros, fitonematodos y micófagos. No se encontró diferencia significativa entre los diferentes grupos tróficos entre los tratamientos. Se calcularon los índices de la red alimentaria del suelo encontrando diferencia significativa con los tratamientos solamente en el cociente de la Huella Depredador/Presa Objetivo. Los fitonematodos de café y de banano, a pesar de ser del mismo género, no responden igual a las características físicas y químicas del suelo, esto podría indicar que no pertenecen a la misma especie. El género *Pratylenchus* en café aumenta cuando se tiene café-banano-leguminosa, mientras que en banano disminuye. El género *Meloidogyne* J2 en café disminuye cuando se tiene mayor cantidad de bacterívoros, es decir en los sistemas de mayor diversidad de cultivos, mientras que *Meloidogyne* J2 en banano aumenta. No se encontró ningún efecto significativo entre los índices de la red alimenticia del suelo y los diferentes tratamientos, excepto en el cociente entre la huella depredador y presa objetivo que mostró diferencia significativa entre el tratamiento CB y los otros tres tratamientos.

SUMMARY

This work aims to measure the population levels of phytonematodes and soil nematodes in the presence of bananas, coffee and coffee trees in northern Nicaragua. The study was conducted in 28 farms in the community of Monterrey. Four treatments were evaluated per farm: Coffee-Banana-legume (CBL), Coffee-Banana (CB), coffee-legume (CL) and coffee in full sun (C). The coffee variety in the plantations was Caturra, the banana was Gros Michel and the legume was guaba (*Inga* sp.) The variables measured in each of the treatments were: percentage of litter, weed percentage, percentage of shade and soil bulk density. Samples of soil were taken for nematode identification and physical - chemical analysis. We also studied samples of coffee and banana roots. We conducted a survey of each of the producers in order to determine their agronomic management practices for the plantations. Analysis of variance was performed for the covariates: Percentage of litter, percentage of shade, weed percentage, bulk density and litter weights, and Poisson variables number of phytonematodes in roots of coffee and bananas. The results showed statistically significant differences at one level. Fisher LSD multiple comparisons were used to determine which treatments were generating statistical differences. Nematodes identified in the soil were used to calculate soil food web parameters. Phytonematodes presented the highest population density in both the roots of banana and coffee was *Meloidogyne* J2, with greater densities in coffee root. The *Meloidogyne* J2 on coffee had higher population densities in the treatments where bananas were not present (CL and C). The genus *Pratylenchus* in banana had higher population density in the CB treatment, while the *Meloidogyne* J2 in banana roots was higher in the CBL treatment. There was a significant positive relationship in bananas between root damage and the presence of the genera *Meloidogyne* and *Helicotylenchus* and of total phytonematodes in banana roots. The genus *Pratylenchus* in banana presented a negative significant relationship with *Pratylenchus* in coffee and positive relationship with *Meloidogyne* in coffee. A total of 11.663 nematodes were identified from soil sample; they belonged, to 14 families and 3 genera. They were divided into four trophic groups: bacterivores, omnivores, fungívoros and phytonematodes. No significant difference was found among the different trophic groups between treatments. We calculated soil food web

parameters and found significant differences among treatments only in the ratio: Preadtor Metabolic Footprint/ Target Prey. The phytonematodes in coffee and bananas roots, despite being the same genera, exhibited different relationship with the physical and chemical characteristics of soil, this could indicate that they do not belong to the same species. The genus *Pratylenchus* in coffee increases when with the combination of coffee-banana-legume, while in banana it decreases under that combination. The *Meloidogyne* J2 in coffee decreases when there are more bacterivores, that is in systems with greater diversity of plants, while in banana *Meloidogyne* J2 increases in those systems. We found no significant effect between the different treatments and indices of the soil food web, except that the ratio of predator and target prey footprint of the CB treatment was significantly different from that of the other three treatments.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Daños ocasionados por los principales fitonemátodos en el cultivo de café 8
Cuadro 2. Elementos que tienen relación con las poblaciones de fitonematodo 10
Cuadro 3. Daños ocasionados por los principales fitonemátodos en el cultivo de banano 12
Cuadro 4. Factores climáticos de la comunidad Monterrey en el año 2011 17
Cuadro 5. Metodología empleada en la LAQUISA para los análisis de suelo 23
Cuadro 6. Promedio de las características físico-químicas del suelo en la Comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua. 30
Cuadro 7. Promedios y errores estándar para las variables usadas para la comparación de tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 31
Cuadro 8. Estadísticas resumen para el número de fitonematodos identificados en 100 g de raíces de café por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 33
Cuadro 9. Estadísticas resumen para el número de fitonematodos identificados en 100 g de raíces de banano por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 35
Cuadro 10. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre las poblaciones de fitonematodos de banano encontrados en 100 g de raíz y las raíces de banano en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 37
Cuadro 11. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre las poblaciones de fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua 38
Cuadro 12. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre la presencia de fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz y las características de cada tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 39
Cuadro 13. Familia o género y número de nematodos del suelo en 250 g de suelo por tratamiento y grupo trófico al que pertenece cada familia o género en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 41

Cuadro 14. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los grupos tróficos del suelo identificados en plantaciones de café-banano en Jinotega, Nicaragua..... 42
Cuadro 15. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los nematodos encontrados en 250 g de suelo y las características en los tratamientos, en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 43
Cuadro 16. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos encontrados en 100 g de raíz de café y los nematodos encontrados en 250g de suelo en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 45
Cuadro 17. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos encontrados en 100 g de raíz de banano y los nematodos encontrados en 250g de suelo en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 46
Cuadro 18. Promedios y errores estándar de los índices de la red alimentaria del suelo por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua 47
Cuadro 19. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz y los índices de la red alimentaria del suelo por finca en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. 49
Cuadro 20. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los Índices de la red alimentaria del Suelo y las características encontradas en cada tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua..... 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tratamientos que se evaluaron en las fincas de la comunidad de Monterrey 19
Figura 2. Variedades de café que poseen los productores de las 28 fincas en estudio en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua. 28
Figura 3. Uso de fertilizantes sintéticos granulados o foliares en las plantaciones de café en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua. 29
Figura 4. Uso de agroquímicos para control de plagas o enfermedades en plantaciones de café en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua. 29
Figura 5. Promedio de fitonematodos presentes en 100 g de raíz de café por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. C: Tratamiento Café solo, CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa, CL: Tratamiento café-leguminosa. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. 34
Figura 6. Promedio de fitonematodos presentes en 100 g de raíz de banano por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos. 36
Figura 7. Promedio de grupos tróficos del suelo por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa. 42
Figura 8. Visualización en el gráfico triplot de fitonematodos de café encontrados en 100 g de raíz y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua. 52
Figura 9. Visualización en el gráfico triplot de fitonematodos de banano encontrados en 100 g de raíz y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua 54
Figura 10. Visualización en el gráfico triplot de índices de la red alimentaria del suelo y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua. 55

Figura 11. Relación de las diferentes variables evaluadas con el género *Meloidogyne* encontrado en 100 g de raíces de café, en Jinotega, Nicaragua. 57
Figura 12. Relación de las diferentes variables evaluadas con el género *Pratylenchus* en café en 100 g de raíces de café, en Jinotega, Nicaragua. 58
Figura 13. Relación entre las diferentes variables evaluadas con el género *Meloidogyne* encontrado en 100 g de raíces de banano, en Jinotega, Nicaragua. 59
Figura 14. Relación entre las diferentes variables evaluadas con el género *Pratylenchus* encontrado en 100 g de raíces de banano, en Jinotega, Nicaragua. 60

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

BCN: Banco Central de Nicaragua

C: Café a pleno sol

CB: Café – Banano

CBL: Café – Banano – Leguminosa

CENAGRO: Centro Nacional Agropecuario

CIPRES: Centro para la Promoción, la Investigación y el Desarrollo Rural y Social

CL: Café – Leguminosa

DA: Densidad aparente

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAOSTAT: Base de datos estadísticos de la FAO

FHIA: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola

HEB: *Helicotylenchus* banano

HEC: *Helicotylenchus* café

INETER: Instituto Nacional de Estudios Territoriales

LAQUISA: Laboratorio Químico S.A

MAGFOR: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal

MEB: *Meloidogyne* banano

MEC: *Meloidogyne* café

PDRFB: promedio de daño en la raíz funcional de banano

PHsB: peso seco de la hojarasca de banano

PHsC: peso seco de la hojarasca de café

PIB: Producto interno bruto

PRB: *Pratylenchus* banano

PRC: *Pratylenchus* café

PRFB: peso de la raíz funcional de banano

PRNFB: peso de la raíz no funcional de banano

PTHs: peso total de la hojarasca secas

RAB: *Radopholus* banano

RAC: *Radopholus* café

TFNB: Total de fitonematodos en banano

TFNC: Total de fitonematodos en café

UNAN – León: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

1 INTRODUCCIÓN

El gobierno de Nicaragua 2002 - 2006 (Gobierno de Nicaragua, 2006) indica que la economía nicaragüense es típica de un país exportador de productos agrícolas. Cerca del 30% del PIB procede de las actividades del sector agrícola, sector que representa más del 40% del empleo. En los últimos 50 años, el café ha representado entre 21.86% y 76.92% de las exportaciones agropecuarias, contribuyendo entre el 1.8% y 9.8% en el PIB Nacional. En el 2009, el 51.15% de las exportaciones agropecuarias pertenecían al rubro, aportando 3.85% en el PIB nacional (BCN, 2011). El café verde es el octavo producto de mayor producción en Nicaragua con 72,727 toneladas, pero ocupa el primer lugar en la exportación lo que le convierte en el mayor generador de ingreso para el país con un valor equivalente a US$268,458 miles de dólares (FAOSTAT, 2010).

En el ciclo 2007-2008, el área sembrada de café fue de 128,288.85 ha en total, distribuido en 3 departamentos de la Región Central, 3 en el Norte, y 3 en el Sur del país (Rivas, 2008). Según los cálculos del CIPRES, presentados por Cafénica en 2008, 39.3 mil pequeños productores de café generan producción exportable, representando el 91.1% del total de actores económicos que participan en las exportaciones de café; la cadena productiva del café genera 84 mil empleos anuales. Esta cadena ocupa el cuarto lugar como generadora de empleo, superado solo por la ganadería de doble propósito (26%), la ganadería de leche (25%) y el maíz (11%) (Cafénica, 2008 y BCN, 2011). El cultivo del café está en manos de 22,000 productores a nivel nacional, de los cuales 500 son grandes productores y el resto pequeños y medianos (Cuadras, s.f.).

Nicaragua, aunque cuenta con condiciones biofísicas óptimas para la producción de café tiene una baja productividad por hectárea (un promedio de 7 qq/ha). Esto puede deberse a la falta de asistencia por parte de Instituciones del sector café hacia los caficultores. Las variedades que se cultivan son Caturra, Borbón, Maragogipe, Típica y Catuai (Rivas, 2008). El Censo Cafetalero del año 2001 refleja que el total nacional de área en producción de café que tienen como sombra el cultivo de banano y poseen asocio con maderables es de 77,228.94 ha, distribuidas 60,268.97 ha al norte del país y 16,959.97 en el Pacifico (CENAGRO, 2001).

La siembra de banano en las plantaciones de café ha sido utilizada por los productores como una alternativa de sombra temporal para el café y como autoconsumo familiar. En los últimos 20 años los bananos sembrados en los cafetales han pasado a formar parte del comercio de la finca convirtiéndose en una fuente importante de ingresos, especialmente cuando los precios del café son bajos (Siles, et ál. 2010).

Diferentes investigadores han estudiado la afectación de los fitonematodos tanto en café como en banano en diversos países (Días y Crozzoli, 1995; Guzmán y Castaño, 2004; FHIA, 2007). En el cultivo del café se han reportado la afectación de diferentes especies entre las cuales se mencionan *Pratylenchus coffeae, P. brachyurus, P. loosi, P. pratensis, Meloidogyne acrita, M. africana, M. coffeicola, M. exigua, M. incognita, M. decalineata, M. hapla, M. javanica, M. konaensis, M. paranaensis, M. megadora, Radopholus arabocoffeae, R. similis, Helicotylenchus dihystera, H. erythrinae, H. pseudorobustus*. En el cultivo de banano se reportan *Helicotylenchus africanus, H. crenacauda, H. dihystera, H. multicinctus, H. pseudorobustus, H. talonus, H. varicaudatus, Meloidogine javanica, M. incognita, M. hapla, M. arenaria, Pratylenchus coffeae, Radopholus similis* (NEMAPLEX). En Centroamérica, las especies de fitonematodos de mayor importancia económica en el cultivo del café son *M. exigua, M. incognita, Pratylenchus coffeae* (Marbán-Mendoza, 1994; Días y Crozzoli, 1995; Villain et ál., 2008; Avelino et ál., 2009; Figueroa y García, 2010; Macías, s.f;) y en el cultivo de banano *M. incognita, Pratylenchus coffeae, Helicotylenchus multicinctus* y *Radopholus similis* (Araya, 1995).

Morales (2001), reporta que en Honduras los nematodos de los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* afectan al café. Indicando que Pratylenchus encontrado en café no tiene relación con el que se encuentra en banano, sin embargo, Meloidogyne si presentó una baja relación con respecto al cultivo del banano. Castillo y Hernández (2005) reportan en el estudio sobre evaluaciones de alternativas de manejo para los fitonematodos que las plantaciones de café en fincas de Masaya, Granada y Carazo, Nicaragua se encuentran afectadas por nematodos del género *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp.

Villain et ál. (2008) reporta en Centro América que al tener café con sombra reduce el estrés por los factores climáticos, falta de agua y altas temperaturas en la plantación, principalmente en las zonas del Pacífico donde se tienen estaciones secas bien marcadas, y se

mejora la tolerancia a los nematodos. Este asocio también permite mejorar las condiciones del suelo y aumentar la microfauna del suelo, ya que se tiene mayor material orgánico por la poda de los árboles, desechos de bananos y las hojas secas del café sobre el suelo. Sin embargo, existe la incertidumbre en los productores si al tener el cultivo del banano como sombra en el cafetal podría incrementar la densidad de población de fitonematodos en las plantas de café.

Al realizar esta investigación en las zonas de mayor producción de café en Nicaragua podremos aportar información sobre las relaciones entre las infecciones por fitonematodos en el sistema radical del café y del banano. Este trabajo ofrecerá respuesta a las inquietudes de los productores sobre la problemática de los fitonematodos así como posibles mecanismos o estrategias para manejarlos.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Establecer el impacto de la relación entre la presencia de banano, café y árboles en los sistemas agroforestales del norte de Nicaragua sobre los niveles de fitonemátodos de banano y café y nematodos del suelo.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Analizar las poblaciones (diversidad y densidad) de nematodo de café y banano, en cultivo de café en asocio con banano, café con leguminosa sin banano y café con banano y leguminosa en Jinotega.
2. Evaluar el efecto del aporte de biomasa vegetal de café, banano y leguminosas sobre las poblaciones (diversidad y densidad) de fitonemátodos y nematodos de vida libre en sistemas agroforestales de café y banano en Jinotega.

1.2 Hipótesis del estudio

1. La presencia de bananos en las plantaciones de café aumentan las poblaciones de fitonemátodos en las raíces del café.

2. A mayor cantidad de hojarasca en el suelo, menor densidad poblacional de fitonematodos en el café y banano.
3. A mayor cantidad de hojarasca en el suelo, mayor la densidad y diversidad de nematodos del suelo.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 El cultivo del café y su importancia económica

El cultivo de café es considerado el principal producto agrícola de consumo a nivel mundial, generando anualmente más de 90 billones de dólares. Aproximadamente el 8% de la población mundial, tienen que ver con el comercio del café, desde su siembra hasta su consumo final (DaMatta y Rodríguez, 2007).

Durante años se ha discutido en las diferentes zonas productoras del mundo, si la sombra favorece al cultivo del café o si es mejor el pleno sol. La discusión está basada en la competencia que se genera entre el café y su asocio ya sea por agua o nutrientes, además de la ocurrencia de plagas y enfermedades. Pero, también se conoce que el cultivo solo de café le genera más gastos al productor así como la degradación de los suelos y contaminación ambiental. Lo contrario ocurre en sistemas agroforestales, donde se pueden tener café con árboles forestales, donde los gastos en insumos para el productor se reducen y puede obtener ingresos adicionales al café protegiendo más el ambiente (DaMatta y Rodríguez, 2007; Villain et ál., 2008).

La producción de café se realiza en un 95% bajo sombra lo que brinda una calidad suprema en la producción de Nicaragua. La especie que se cultiva 100% en Nicaragua es Arábica y sus variedades: Caturra, Borbón, Maragogipe, Típica y Catuai. Esta especie crece entre los 900 y 2,000 msnm, contiene entre 0.9 y 1.5% de cafeína, presenta frutos redondos, suaves, levemente ácidos, con sabor achocolatado y su corteza es lisa y con un fuerte perfume (Rivas, 2008).

2.1.2 El cultivo del banano y su importancia económica

El banano es un cultivo tropical de mucha importancia en la economía de los países en desarrollo, se ubica en el cuarto lugar, después del arroz, trigo y maíz, en la producción de alimentos de mayor importancia en el mundo. El banano es un cultivo tanto para consumo básico como para exportación. En la alimentación contribuyen a la seguridad alimentaria en

muchos países en vías de desarrollo y al mismo tiempo son fuentes generadoras de empleo en la población rural (Arias et ál., 2004).

2.1.3 Fitonemátodos

Las pérdidas de cosecha anuales estimadas debidas a nematodos parásitos de plantas en la producción agrícola mundial se aproxima al 11% y en términos absolutos las pérdidas económicas anuales se calculan en torno a los 80 billones de dólares. Los cultivos directamente afectados por la acción patógena de los nematodos destacan los de tomate, banana, cacahuete, tabaco, café, cacao, algodón, coco, soja y en regiones templadas principalmente los de cereales, patata, remolacha, maíz y judías y demás hortícolas. (Andrés, 2003).

Los fitonemátodos son muy abundantes, según estudios realizados se pueden encontrar alrededor de 150,000 millones de nematodos en una hectárea, de los cuales el 30% son parásitos de plantas, la cantidad y distribución estará en dependencia de factores climáticos y del tipo de suelo, así como del manejo que se le de a los cultivos (Taylor, 1968).

2.1.4 Ciclo de vida de los fitonemátodos de mayor importancia en el cultivo del café y banano

Genero *Meloidogyne*: las diferentes especies de los nematodos noduladores tienen el mismo ciclo de vida. Las larvas recién incubadas, se encuentran en el suelo, son delgadas y miden entre 0.4 a 0.5 mm de longitud, estas están en el segundo estado larval, el primer estadio se realiza dentro del huevo. El estilete de estas larvas no es muy fuerte pero pueden entrar en cualquier parte de una planta que se encuentre en suelo húmedo. Estas larvas son sedentarias, al entrar al tejido del vegetal no tienen ningún movimiento. El crecimiento de estas larvas es en aumento del grosor, llegando a tener una forma ovalada. El macho durante su desarrollo larvario es sedentario luego deja de serlo, mientras que la hembra es sedentaria tanto en larva como ya adulta (Chistie, 1970).

Después de dos o tres semanas, el macho sale del tejido y muda tres veces consecutivamente y tiene una metamorfosis en la que sale con la forma típica de los

nematodos, gusano delgado. Generalmente los machos se encuentran en el suelo, aunque también se pueden encontrar en las masas de huevos dentro del tejido. Cuando los machos están en las raíces, causan vesículas al igual que las hembras.

La hembra pasa por las mismas mudas que el macho y casi al mismo tiempo pero no sufre una metamorfosis. El crecimiento de la hembra es en aumento del grosor y un poco en su longitud, hasta llegar a adquirir forma de pera o, algunas veces, de una esfera, pero siempre conserva sobresaliente su cuello. En huésped adecuado y con clima templado la hembra comienza a depositar huevos de 20 a 30 días luego de la penetración como larva en el tejido, ella secreta una sustancia gelatinosa sobre la que deposita los huevos. Al incubar, la larva escapa hacia la tierra, buscando nuevas raíces o continúa su desarrollo dentro de la misma raíz.

Genero *Pratylenchus*: los nematodos lesionadores son parásitos migratorios y ninguna etapa de su ciclo puede verse como una etapa de infestación, ya que tanto los adultos como las larvas en sus diferentes etapas se encuentran dentro y fuera del tejido. La penetración a la raíz la realizan en la región de los pelos absorbentes y muy raras veces por los extremos de la raíz. El ciclo de vida de estos nematodos es similar a los otros fitonemátodos. Las etapas de su ciclo comprende huevo, cuatro estadios larvales o juveniles (J1 a J4) y adulto. Las hembras ponen sus huevos dentro de las raíces o en el suelo y son colocados de forma individual y ponen pocos huevos. Dentro del huevo se da la primera muda, los juveniles eclosionan entre 6 y 8 días cuando los huevos se encuentran a una temperatura entre 28 – 30°C (Inomoto y Oliveira, 2008; Chistie, 1970).

Genero *Radopholus*: este nematodo es un barrenador y pasa la corteza de la raíz alimentándose dentro de ella provocando formaciones de lesiones, cavidades y desintegración de la raíz (Chistie, 1970).

2.1.5 Los fitonemátodos y su importancia en la producción de café

Los nematodos se alimentan de nutrientes que se encuentran en las raíces absorbentes de la planta de café es por ello que son considerados parásitos de gran importancia económica en este cultivo. Ellos ocasionan pérdidas altas en el rendimiento del cultivo, además, no permite que la planta logre desarrollarse y pueda dar una óptima producción. La severidad del daño

depende de la especie y de la región donde se encuentre el cultivo. (Rosales, s.f.; Días y Crozzoli, 1995).

Los daños provocados al sistema radical del café desde México, Centro América y a nivel mundial han sido por los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus,* los que generalmente se encuentran actuando juntos en un mismo patosistema. *Meloidogyne* es un nematodo agallador distribuido a nivel mundial en las regiones donde se produce café, considerado como un agente patogénico muy peligroso ya que provoca bajos rendimientos del café y por ende bajos beneficios económicos. Las especies que más se reportan de este género son: *M. exigua* y *M. incognita*. Estos nematodos se clasifican como endoparásitos sedentarios debido a que una vez que entran en la raíz no salen más de ella. El género *Pratylenchus* es un lesionador, tiene unas cinco especies que afectan el café a nivel mundial. En Centroamérica se reporta tres especie *P. coffeae, P. panamaensis*, y *P. gutierrezi*, los dos últimos en Panamá y Costa Rica respectivamente. Este género se denominan como endoparásitos migratorios (Cuadro **1**) (Marbán-Mendoza, 1994; Días y Crozzoli, 1995; Villain et ál., 2008; Avelino et ál., 2009; Figueroa y García, 2010; Macías, s.f;).

Cuadro 1. Daños ocasionados por los principales fitonemátodos en el cultivo de café

Fitonemátodos	**Daño**
Meloidogyne exigua Göeldi	Uno de los principales patógenos del cultivo del café en la mayor parte de las zonas productoras en América Central y del Sur. Una planta afectada por esta especie presenta clorosis, caída temprana de hojas, síntomas de deficiencia de N y Zn, decaimiento general y bajos rendimientos (Ferreira y Crozzoli, 1995).
Pratylenchus coffeae	Las plantas que son parasitadas por este fitonematodo se atrofian, presentando clorosis en las hojas, la raíz principal puede llegar a ser destruida. En raíces pequeñas se pueden encontrar coloraciones marrón oscuro a negro (Inomoto y Oliveira, 2008).

Castillo y Hernández (2005) señalan que las plantaciones de café en fincas de Masaya, Ganada y Carazo, Nicaragua se encuentran afectadas por nematodos del género *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp.

George (2006), menciona en estudio realizado en Turrialba, Costa Rica, que los fitonemátodos encontrados en café orgánico y convencional pertenecían a los géneros *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Trichodorus* y *Criconemella*, siendo el de mayor población

Helicotylenchus. No hubo diferencia significativa para estos géneros en las épocas de muestreo (diciembre – abril y mayo – noviembre). Sin embargo indica que los nematodos de vida libre a pesar de no haber diferencia significativa entre los tratamientos se vio que había mayor población en el manejo orgánico que en el convencional.

Avelino et ál. (2009) y Romero (2010), señalan en sus investigaciones que cuando la plantación de café se encuentra en suelos muy arenosos la población de *Meloidogyne* aumenta, estos suelos ayudan a la migración de estos organismos en sus estadios juveniles. Romero, también menciona que las poblaciones de nematodos están influenciadas por el pH del suelo, encontrando un óptimo entre 4.3 y 4.5, y que a mayores contenido de Fe, mayor cantidad de fitonematodos. Mientras más ácido el suelo mayor cantidad de fitonemátodos. Esto difiere con lo que reporta Pattison (2006). En el Cuadro 2 se presentan cuales son los elementos que tienen relación con los niveles poblacionales de los fitonemátodos.

Cuadro 2. Elementos que tienen relación con las poblaciones de fitonematodo

Factores	Autor	Fitonematodos	
		M. exigua	***P. coffeae***
Altitud	Avelino, Bouvret, Salazar y Cilas (2009)	Baja población por encima de los 1480 msnm	Baja población en altitudes 950 y 1200 msnm
Textura		Alto contenido de arena aumenta la densidad de población	Alto contenido de arena disminuye la densidad de la población
K		Baja contenido de K alta densidad de población	Tiene relación positiva con la densidad de población
Zn		Altos contenidos de Zn bajas poblaciones	Altos contenidos de Zn altas densidades de población
Ca		Bajo contenido de Ca alta densidad de población	
		Los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, compiten entre ellos, es decir, *Meloidogyne* baja la población de *Pratylenchus* y viceversa.	
		Meloidogyne	
Textura	Romero (2010)	A mayor cantidad de arena mayor población	
pH		Hay un optimo para la presencia de *Meloidogyne* y es entre 4.3 y 4.5	
Fe		A mayor contenido de Fe mayor población	
		Fitonematodos	
pH	Pattison (2006)	A medida que aumenta el pH los fitoparásitos disminuyen	

2.1.6 Los fitonemátodos y su importancia en el cultivo del banano

Se han reportado 146 especies de nematodos parásitos o asociados al cultivo de *Musa* spp. Estos están distribuidos en 43 géneros. Entre los más perjudiciales para el cultivo están los que destruyen la raíz primaria y que provocan una distorsión del anclaje provocando la caída de las plantas, principalmente plantas paridas con racimos de excelente calidad (35-45 kg). Dentro de estos fitonemátodos encontramos a los más dañinos y están ampliamente

distribuidos, los endoparásitos migratorios *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* y el semiendoparasito *Helicotylenchus multicinctus*, (Araya, 1995) (Cuadro 3).

El daño que los fitonematodos causan a las plantas varía según la especie y además son afectados por factores bióticos y abióticos. Los fitonemátodos ocasionan un importante daño económico en los cultivos, al penetrar el estilete ocasiona daño mecánico, se da la inyección de secreciones glandulares, y con ello viene el aprovechamiento de otros organismos patógenos (hongos, bacterias, virus) todo ello lleva a la planta a una serie de síntomas que terminan con la sintomatología de la nematosis. En banano y plátano, atacan el sistema radical y el cormo, el daño empieza con cambios fisiológicos hasta llegar al cambio en su aspecto físico de las raíces y del cormo (Araya, 2003).

Cerda (2008), no encontró diferencia significativa entre los nematodos de vida libre (cacao-laurel, banano-laurel, plátano monocultivo convencional, cacao monocultivo y barbecho) en estudios realizados en el Valle de Talamanca, Costa Rica; con respecto a los fitonemátodos indica haber encontrado menores poblaciones en plátano monocultivo convencional, tanto en época seca como en invierno. Reporta los cuatro géneros más importante en cuanto a plagas en las musáceas, *Radopholus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus y Meloidogyne*. Castellon (2009), encontró en plantaciones de plátano en Rivas que el fitonemátodo de mayor presencia fue *Pratylenchus coffeae*. Las poblaciones de fitonemátodos encontradas tanto en época seca como la lluviosa son iguales.

Cuadro 3. Daños ocasionados por los principales fitonemátodos en el cultivo de banano

Fitonemátodos	Daño
Radopholus similis	Es un endoparásito migratorio. Al estar presente casi siempre se observan lesiones oscuras en las raíces, en la epidermis coloraciones cafés y pardo-rojizas, están pueden llegar a penetran y atravesar el parénquima cortical y en ocasiones alcanzan el cilindro vascular. Al igual que *P. coffeae* provocan una mayor pudrición en la raíz en comparación con *Meloidogyne* spp. Al entrar los nematodos en las raíces causan unas perforaciones lo que lleva a la necrosis de algunas zonas de la raíz beneficiando de esta manera la pudrición por hongos, bacterias y por humedad excesiva. Cuando la infección está muy avanzada se disminuye totalmente las raíces absorbentes.
Helicotylenchus multicinctus	Ectoparásito que se alimenta en la superficie de la raíz y a veces por tiempos prolongados en sitios específicos de donde extrae nutrimentos desde los tejidos más internos de la raíz sin dejar daños notorios. Con la presencia de estos nematodos se observan manchas pequeñas circulares de color café obscuras tornándose negras en la epidermis de la raíz que generalmente no profundizan al parénquima cortical.
Meloidogyne incognita	Endoparásito sedentario, los estados juveniles infectivos son los que penetran la raíz de forma intracelular, esta infección se da en 6 horas y continúa hasta 24 horas después. En las raíces se observan verrugas y engrosamientos irregulares con partes corchosas y la epidermis ondulada.
Pratylenchus coffeae	Es un endoparásito migratorio que casi siempre provoca lesiones oscuras en las raíces, en la epidermis coloraciones cafés y pardo-rojizas. Pueden llegar a penetrar y atravesar el parénquima cortical y en ocasiones alcanzan el cilindro vascular. Provocan una mayor pudrición en la raíz en comparación con *Meloidogyne* spp. Al entrar los nematodos en las raíces causan unas perforaciones lo que lleva a la necrosis de algunas zonas de la raíz beneficiando de esta manera la pudrición por hongos, bacterias y por humedad excesiva. Cuando la infección está muy avanzada se disminuye totalmente las raíces absorbentes.

Fuente: Araya, 2003

2.1.7 Salud de los suelos

Para Wolfe (2002), la salud del suelo está relacionada de forma integrada con el enfoque biológico, químico y físico en el manejo del suelo para obtener una sustentabilidad de los cultivos afectando mínimamente el ambiente. Al tener suelos saludables se pueden encontrar una diversidad de organismos que sirven como controladores naturales de arvenses, plagas y también estos organismos benéficos pueden asociarse con las raíces de los vegetales y

ayudar en la absorción de nutrientes, ayudan en el reciclaje de nutrientes para las plantas, mejoran la estructura del suelo y de esta forma también ayudan a mejorar los rendimientos de los cultivos. Para mejorar la salud de los suelos se pueden realizar algunas prácticas como: cobertura viva durante todo el año con el fin de aumentar la cantidad de materia orgánica y evitar la erosión de los suelos; utilizar controladores biológicos y fertilizantes orgánicos para mejorar la producción, y evitar la compactación de los suelos con maquinaria pesada.

Los nematodos parásitos de plantas y los nematodos de vida libre son muy abundantes. Según estudios realizados se pueden encontrar unos 150.000 millones de nematodos en una hectárea, de esos el 30% son fitonemátodos y el 70% nematodos de vida libre. La especie, cantidad y distribución de nematodos de suelos agrícolas esta en dependencia del clima, suelo y otros factores locales (Taylor, 1968).

2.1.8 Nematodos del suelo

Una importante cantidad de nematodos del suelo, los podemos encontrar principalmente cerca de las raíces de las plantas, ya que estos tienen una significativa participación en el crecimiento y la productividad de éstas (Yépez, 1972). La estructura de la comunidad de nematodos puede estar afectada por las prácticas de manejo y, por lo tanto, éstos indican la sostenibilidad del uso de la tierra (Pattison et ál, 2004). Los nematodos que viven en el suelo son adecuados en su función de bioindicadores y son fáciles de extraer del suelo (Yeates y Bongers, 1999). Su principal desventaja es el problema para identificarlos a nivel de especie, pero esto ha sido manejado con el uso de categorías de grupos tróficos y grupos funcionales los cuales requieren una reducida habilidad taxonómica (Ferris et ál., 2001).

Los nematodos poseen varias características que los hacen muy útiles como indicadores ecológicos (Salguero, 2006). Después de los insectos, los nematodos son los organismos pluricelulares más numerosos en el mundo. Se han reportado miles de nematodos por centímetro cúbico de suelo (Yépez, 1972). En conjunto con otros organismos pueden provocar infecciones secundarias y muchos de ellos transmiten enfermedades virosas. Una parte importante de la fauna del suelo son los nematodos de vida libre, estos son más numerosos que cualquier organismo que presenten su mismo tamaño. Es importante incluir el

estudio de estos nematodos a la hora de realizar investigaciones sobre la biología del suelo (Christie, 1970). Los nematodos de vida libre son importantes ya que junto a otros organismos del suelo ayudan en la descomposición de materia orgánica, ciclaje de minerales y nutrientes, la redistribución de los minerales y nutrientes en el espacio y el tiempo, depósitos de minerales y nutrientes, el secuestro de carbono, la desintoxicación de contaminantes, modificación de la estructura del suelo, biológica regulación o supresión de especies de plagas, etc. (NEMAPLEX, 2010).

Los nematodos se dividen en dos Clases: Secernentea, antes llamados Phasmidia, y Adenophorea, antes Aphasmidia. La clase Secernentea presenta un solo orden Tylenchida y la clase Adenophorea, tiene dos Dorylaimida y Triplonchida. En estos tres órdenes podemos encontrar tanto nematodos parásitos de plantas como de vida libre. Los fitoparasitos que afectan al café y a las Musáceas se encuentran dentro del Orden Tylenchida (Yépez, 1972; NEMAPLEX, 2010).

Los nematodos necesitan algunos factores ambientales para su vida, ellos necesitan de una alta humedad en el suelo que le facilite su movilidad, suelos con poca humedad pueden reducir su ciclo de vida, relacionado con la humedad está la textura del suelo, ellos necesitan de poros grandes que le permitan moverse, el suelo debe tener buena aireación ya que necesitan mucho oxígeno que le permita sobrevivir. Tanto la composición química del suelo, pH, la cantidad de materia orgánica, etc. de una u otra forma afectan su ciclo de vida. Para que el nematodo cumpla con su ciclo de vida necesita estar en una temperatura entre 25° y 30° C, mayores o menores temperaturas interfieren en la movilidad, desarrollo y su reproducción (Norton, 1989; Quezada, 1999; Talavera, 2003; Inomoto, et ál., 2008; Avelino et ál., 2009).

Salguero (2006) determinó en zonas bananeras de Costa Rica, cinco grupos tróficos de nematodos, fitonemátodos, bacterívoros, fungívoros, omnívoros y depredadores. De todos los que presentaron mayor población fueron los fitonemátodos con 58% y 42% fueron nematodos de vida libre. Castellon (2009) reportan en plantaciones de plátano en Nicaragua, cinco grupos tróficos de nematodos y poblaciones de nematodos de vida libre mayores durante el invierno que en el verano.

2.1.9 Índices de la red alimentaria del Suelo (Bongers 1999; Ferris et ál., 2001; Ferris, 2010)

El cálculo de los índices se basa en los "grupos funcionales" o escala-cp de los nematodos dependiendo de los hábitos alimenticios y su estrategia de vida. La escala-cp cataloga a los nematodos en cinco grupos de consumidores de microorganismos, los que tienen un ciclo de vida corto y alta reproducción (cp1 y cp2) y los que tienen un ciclo de vida largo y baja reproducción (cp4 y cp5). Los nematodos que pertenecen al cp1 y cp2 son llamados colonizadores son menos sensibles a la contaminación u otras alteraciones del suelo que los nematodos que pertenecen a los cp4 y cp5, estos son llamados persistentes.

Se han desarrollado e implementado diversos índices para la valoración de la calidad ambiental y de la estructura trófica con el fin de determinar el potencial de las funciones y los servicios del ecosistema, estos están fundados en la abundancia relativa de los grupos estructurales y funcionales. Estos índices no logran medir la magnitud probable de los servicios del ecosistema, esto se puede lograr con la evaluación de la Huella Metabólica basada en la biomasa y en la actividad metabólica de los nematodos.

La Huella Metabólica de los nematodos se compone de la producción de biomasa, la cantidad de Carbono utilizado tanto en el crecimiento como en la producción de huevos y una unidad de la respiración, el aire que utilizan en la actividad metabólica. La Huella de enriquecimiento es la huella metabólica de los nematodos agrupados como oportunistas de enriquecimiento. Los Oportunistas de Enriquecimiento (cp1) son los nematodos que solo sobreviven en suelos ricos en alimentos y que cuando los alimentos disminuyen ellos forman dauerlarvae (larvas en período de latencia).

La huella de la estructura es la huella metabólica de los nematodos que poseen alguna función de regulación en la cadena alimentaria y que representan la abundancia de otros organismos, no nematodos, de funciones similares. La huella de los herbívoros, bacterias y hongos se basan en los nematodos indicadores de Carbono y en la energía que entra a la cadena alimenticia del suelo a través de sus canales respectivos.

Presa amplificable se le llama a las especies que son neutrales o las que son beneficiosas para los objetivos de manejo y cuya presencia se puede mejorar con el aumento

de recursos específicos, como por ejemplo nematodos que se alimentan de bacterias y hongos. Presa objetivo es el grupo de especies de los fitonematodos. Los depredadores pueden ser generalistas (omnívoros), se alimentan de nematodos y otros organismos del suelo, o especialistas, su alimentación principal son nematodos. Los depredadores son enemigos tanto de la presa amplificable como de la objetivo.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Comunidad Monterrey ubicada a 1038 msnm, en el Municipio de Jinotega, en la Región Norte Central de Nicaragua. En esta región Bioversity Internacional y la UNAN – León llevan en conjunto el proyecto "Mejorando la producción y mercadeo de bananos en cafetales con árboles de pequeños productores, vida de los suelos, selección de cultivares y estrategias de mercado" este proyecto tiene una duración de 3 años (2009 – 2012). Es por una inquietud de los productores que surge la pregunta para esta investigación.

3.1.1 Condiciones meteorológicas

El Departamento de Jinotega se caracteriza por presentar clima de sabana tropical modificada por la altura (precipitación anual entre 645 – 1900 mm, temperatura media entre los 15.6 – 21.8° C, humedad relativa 65 a 87%). Los vientos predominantes son del Norte con una velocidad entre 2.7 y 3.2 m/s (INETER, 2010).

En este año (2011) en la comunidad de Monterrey se colocó una pequeña base meteorológica con el proyecto de Bioversity y la UNAN – León. La información que se tiene de febrero hasta septiembre indica una temperatura promedio de 30.28 °C, un promedio de humedad relativa de 59.62%, 1,389.82 mm de precipitación y un promedio desde marzo a septiembre de 24.80% de humedad del suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Factores climáticos de la comunidad Monterrey en el año 2011

	T°C	**T°C Máxima**	**T°C Mínima**	**% HR**	**% HR mínima**	**% HR máxima**	**% H suelo**	**Prep. mm**
Febrero	30.16	39.01	15.51	51.70	31.20	99.87	19.282	33.94
Marzo	31.60	39.99	14.69	45.92	25.63	100.00	10.604	19.10
Abril	33.78	40.42	15.36	40.90	19.33	100.00	24.19	12.30
Mayo	32.10	37.13	18.17	53.03	15.72	100.00	27.6	135.70
Junio	29.20	33.51	18.75	71.14	2.20	99.35	29.186	333.86
Julio	27.86	30.43	18.60	74.41	0.00	100.00	35.24	388.50
Agosto	28.80	31.03	18.49	69.59	1.96	100.00	27.506	284.02
Sept.	28.77	30.81	17.94	70.24	0.00	100.00	26.182	182.40

3.1.2 Suelo de la zona de estudio

En el departamento de Jinotega se pueden encontrar dos tipos de suelos:

a) Alfisoles, que son suelos minerales maduros, bien desarrollados. Pueden ser desde muy profundos a poco profundos (60 a >120 cm). Relieve de plano a muy escarpado, con una fertilidad de baja a media; se han desarrollado a partir de rocas ácidas, básicas, metamórficas, materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas.

b) Ultisoles, son suelos con drenaje interno natural de imperfecto a bien drenado, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural de baja a media, contenido variable de aluminio, se desarrollaron de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales (INETER, 2010).

3.2 Criterios para la selección de los productores

En la comunidad Monterrey se encuentran aproximadamente 200 productores de café de los cuales 48 son socios de la Cooperativa Julio Osegueda. El proyecto que lleva a cabo Bioversity y la UNAN – León en la zona se realiza con los productores socios de la cooperativa. De este grupo se seleccionaron 28 productores que tenían café en asocio con bananos Gros Michel y leguminosas (Guaba, *Inga* sp.). A las fincas de los productores seleccionados se les realizo un diagnostico previo en las raíces de café y banano para saber si había presencia de los fitonematodos en las plantaciones.

3.3 Tratamientos

3.3.1 Los tratamientos que se evaluaron fueron (figura 1):

1. Alta diversidad **CBL** (Café-Banano-Leguminosa): en el centro del área se tenía una leguminosa (eje central), con la presencia de banano y café en este círculo (Tratamiento 1).
2. Diversidad intermedia1 **CB** (Café-Banano): solo café y banano (Tratamiento 2).
3. Diversidad intermedia2 **CL** (Café-Leguminosa): solo café y leguminosa (Tratamiento 3).
4. Baja diversidad **C** (Café): solo café (Tratamiento 4).

En cada finca se tomó una muestra para cada uno de los tratamientos evaluados.

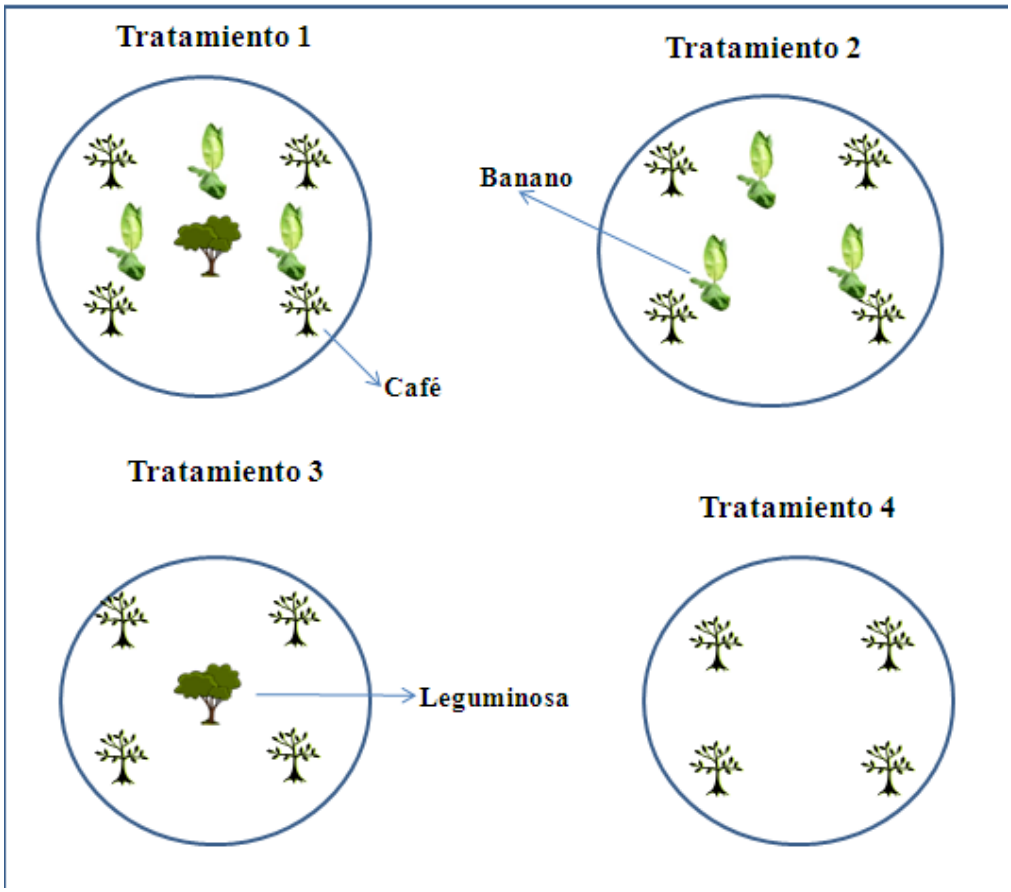

Figura 1. Tratamientos que se evaluaron en las fincas de la comunidad de Monterrey

3.4 Tamaño de la parcela

Se definieron parcelas de 5 m de diámetro considerando como unidad de muestreo cuatro plantas de café. Se evaluaron cuatro tratamientos en el cultivo de café con sus asocios: banano y leguminosas.

3.5 Criterios para la selección de los sitios de muestreo en cada finca:

Para la selección de estos sitios de muestreo se utilizaron los siguientes criterios:

a) Leguminosa: se selecciono un árbol que cubría con sombra totalmente la unidad de estudio que eran cuatro plantas de café.
b) Banano: se busco encontrar como mínimo tres y máximo cuatro matas cercanas a la unidad de muestreo.

c) Solo se muestrearon plantas productivas de café y banano, es decir plantas mayores de 4 años en café y en el caso de banano matas donde se encontraran plantas mayores a los 6 meses y cercanas a la producción.
d) Café sin sombra: se buscaron puntos donde el café no tuviera sombra (mínimo dos años sin sombra) de ningún tipo de planta en un radio de 7 metros y que en la medida de lo posible existiera el menor efecto de mantillo de banano o de leguminosas en un radio de cinco metros que era la zona de muestreo.

3.6 Muestreos realizados

1. Porcentaje de sombra por tratamiento
2. Cobertura del suelo en la parcela en estudio
3. Biomasa presente en la parcela
4. Población (diversidad y número) de nematodos en el suelo
5. Población (diversidad y número) de nematodos parásitos en café
6. Población (diversidad y número) de nematodos parásitos en banano
7. Características de finca: Análisis químico completo de suelos, Materia Orgánica, densidad aparente y textura
8. Manejo de la finca: aplicación de fertilizante nitrogenado, aplicación de abonos orgánicos
9. Factores climáticos: lluvia, temperatura, humedad relativa en la región

3.7 Metodología para cada muestreo:

3.7.1 Porcentaje de sombra

En cada punto se midió el porcentaje de sombra con un densiómetro para determinar el efecto que tiene la cantidad de sombra sobre la población de fitonemátodos y nematodos de vida libre en los cafetales. Se colocó en el centro de las cuatro plantas de café evaluadas y con el densiómetro en la palma de la mano, y esta a la altura del hombro. Cada cuadro del

densiómetro se dividió, visualmente, en cuatro cuadrantes y se contó la cantidad de cuadrantes en los que se observaban hojas de los árboles y/o plantas de banano, el total de cuadrantes contados es el porcentaje de sombra hacia ese lado. Este conteo se realizó en las cuatro direcciones de los puntos cardinales. Posteriormente se saca un promedio de los cuatro puntos cardinales para obtener el porcentaje de sombra de cada tratamiento (Lemmon, 1956).

3.7.2 Cobertura del suelo

Para el muestreo de cobertura del suelo se utilizó un cuadro de hierro 40 cm^2, este fue tirado de forma al azar en los puntos donde se tomaron las muestras de raíz y suelo bajo la planta de café, para recolectar la hojarasca presente en el punto. La hojarasca recogida se clasificó en café, banano y otros, se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas por grupo de hojarasca y se mandaron al Herbario de la UNAN – León para ser secadas en el horno a 105° C durante una semana, una vez secas se pesó el contenido de cada bolsa. También se observó el porcentaje de cobertura de suelo, desagregándolo en materia seca, arvenses de hoja ancha o gramíneas.

3.7.3 Densidad Aparente

Una vez muestreada la hojarasca se tomó una muestra de suelo con un cilindro metálico de 98.18 ml para calcular la densidad aparente. Las muestras fueron secadas en el horno del Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, hasta peso seco.

3.7.4 Muestra de suelo para nematodos del suelo

Para la extracción de nematodo de vida libre se tomaron 15 muestras de suelo con un barreno hasta 15 cm de profundidad, estas fueron tomadas dentro del radio de los 5 metros de cada tratamiento. En los tratamientos 1 y 3 se tomaron debajo de la copa de la leguminosa, y en los tratamientos 2 y 4 en el radio de los 5 metros. En este caso también se tuvo muestras compuestas que fueron homogenizadas para luego obtener una muestra para cada tratamiento.

Posteriormente las muestras de suelo fueron trasladadas al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias y Tecnología, ubicado en el Campus Agropecuario de la UNAN – León para ser procesadas y analizadas.

3.7.5 Toma de muestra de raíz en café y banano

Las muestras de raíces se tomaron de la siguiente manera:

1. Plantas de café: se seleccionaron cuatro plantas de café en cada tratamiento y a cada una se le tomaron dos muestras de raíces para obtener una muestra compuesta en cada tratamiento. Las muestras fueron tomadas en la calle de la plantación de café, a 25 cm del tallo del cafeto. Las muestras fueron sacadas a 20 cm de profundidad. Para esto se hizo con un palin un cuadrante de 25 x 25 cm y se sacaron todas las raíces presentes en ese cuadro hasta los 20 cm de profundidad se colocaron en bolsas plásticas debidamente identificadas.

2. Matas de banano: Se tomaron 2 muestras de raíz al contorno de la planta de banano que se encontraban cerca de las plantas de café muestreadas, para obtener una muestra compuesta por tratamiento. Se hizo un hoyo entre la planta madre y el hijo de sucesión a una distancia de 50 cm. El hoyo media 20 cm largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad sacando las raíces presentes y colocándolas en una bolsa plástica debidamente identificada.

Tanto las muestras de café como las de banano se colocaron en una refrigeradora mientras se estaba en la comunidad y se trasladaron a una hielera para mantenerlas frescas durante el viaje hacia el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias y Tecnología, ubicado en el Campus Agropecuario de la UNAN – León donde fueron procesadas y analizadas.

3.7.6 Muestreo y análisis de suelo

Con el barreno se tomaron en el radio de 5 metros de cada tratamiento 12 muestras de suelo a 15 cm de profundidad, para obtener una muestra compuesta por finca y realizar análisis químico de suelo. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio LAQUISA en León. La metodología utilizada en LAQUISA se encuentra en el Cuadro 5. Los resultados por finca se presentan en el anexo 2.

Cuadro 5. Metodología empleada en la LAQUISA para los análisis de suelo

LAQUISA	Laboratorio Químico, S.A. LAQUISA
	PARAMETROS DE VALIDACION DE METODOS DE ANALISIS
	METÓDO DE ANALISIS POR LA TECNICA DIVERSAS TÈCNICAS
	Código del Documento: LDRF-AG-SE-001

DETERMINACIONES EN MUESTRAS DE SUELO

Parámetros	Técnica	UM	Metodología
pH	Potenciómetro	-	Relación 1:1 Agua: Suelo
Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)	Volumetría		Acetato de Amonio pH 7
Carbono Orgánico	Volumetría		Método Walkley Black
Bases Intercambiables (K,Ca,Mg,Na)	AA	meq/100g	Acetato de Amonio pH 7
Aluminio Intercambiable	Volumetría	meq/100g	Cloruro de Potasio 1N
Acidez Intercambiable	Volumetría	meq/100g	Cloruro de Potasio 1N
Fósforo	Colorimetría	ppm	Bray II < 5.4 Olsen > 5.4
Azufre	Turbidimetría	ppm	Fosfato monocálcico 0.008M
Boro	Colorimetría	ppm	Fosfato monocálcico 0.008M
Elementos Menores (Fe, Cu, Mn, Zn)	AA	ppm	Olsen pH > 5.4 DTPA pH < 5.4
Textura		-	Método Bouyoucos
Densidad Aparente		g/ml	Método de la Probeta

3.8 Encuesta a productores

Se realizó una encuesta a los productores de las fincas seleccionadas para conocer el historial de manejo. En esta encuesta (Anexo 1) se recolectó información sobre: tamaño de la finca, manejo agronómico, variedad de café, variedad de banano, tiempo que lleva sembrado el café, tiempo de haber sembrado el banano y el tipo de tecnología que ha utilizado (aplicación de nematicidas frecuencia y dosis, aplicación de herbicidas, aplicación de fertilizantes frecuencias y dosis, prácticas de manejo y conservación de suelos, uso de control químico para el manejo de plagas y enfermedades). Estos fueron utilizados para realizar comparaciones entre los diferentes sistemas de manejo que se identificaron y las distintas densidades de nematodos presente en los muestreos.

3.9 Análisis de las raíces a nivel de laboratorio (basado en Araya, 2002)

Una vez en el laboratorio las raíces se lavaron, cada muestra por separado, con agua del grifo (agua potable) hasta eliminar toda la tierra, se cortaron en pequeñas porciones de 2 a 3 cm de longitud. Luego se pesaron en una balanza electrónica para saber la cantidad de raíz que se extrajo del suelo.

Los trozos pequeños de raíces se mezclaron en una bolsa y de ahí se tomaron 25 g de raíces, en grupos de 5 en 5 g de diferentes partes de la muestra. Con estos 25 g se realizó un licuado de la raíz para la extracción de los nematodos. El sobrante de la muestra se guardó entre 8-10 °C en un refrigerador, por si era necesario repetir el proceso. Se colocaron los 25 g de raíz en un beaker de 250 ml y se les agregó agua potable hasta los 150 ml. El contenido del beaker se coloco en la licuadora y se le agregaron otros 150 a 200 ml de agua potable. Se licuaron las raíces a velocidad baja por 10 segundos y luego 5 segundos en velocidad alta.

El liquido resultante se pasó por un juego de cribas (tamices) colocadas de arriba hacia abajo de 0.25/0.106/0.025 mm (No. 60/140/500 mesh). La criba superior se lavo por 2 minutos y la segunda por 1 minuto. Lo que quedo en la última criba se recogió en un beaker de 250 ml y se aforara hasta los 200 ml con agua potable. Si no se logaba leer las muestras se guardaban en un refrigerador entre 8 – 10° C. La suspensión que se tiene en el Beaker de 250 ml se homogenizo y se tomaron 4 ml con una pipeta y se colocaron en una cámara de lectura con 2

ml efectivos para el conteo de los nematodos en un microscopio electrónico a 4X de magnificación.

Hasta aquí se había seguido la metodología de Araya (2002), pero al homogenizar las muestras del beaker para tomar los 4 ml con una pipeta la muestra salían muy sucias, y no se podía identificar los nematodos parásitos de las raíces. Por esta razón se decidió variar un poco la metodología y retomar las experiencias obtenidas en el Laboratorio de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal, MAGFOR – León, donde se trabaja con los residuos de la segunda y tercera criba para conteo de los nematodos parásitos.

El residuo de la segunda y tercera criba se depositó sobre un filtro (kleenex) que estaba colocado sobre un tamiz de 15.24 cm de diámetro y este a su vez se colocó en un recipiente que contenía agua hasta tocar el residuo colocado en el kleenex, se dejó reposar 24 horas. Luego de 24 horas el agua que contenía el recipiente se paso por la criba más fina (0.025 mm) y el residuo que quedó en ella se lavó con agua y se depositó en un recipiente hasta tener 200 ml de agua. De aquí se tomó la muestra de 4 ml con una pipeta y se observaron 2 ml efectivo en el microscopio electrónico.

Una vez se tenían los datos se transformaron primero a número de nematodos en 200 ml de suspensión y luego a 100 g de raíces. El número de nematodos en la muestra sería: nematodos x (200 ml de suspensión / 2 ml de la cámara de lectura x 100 g de raíz que se reporta / 25 g de raíces que se procesan), esto equivale a un factor de corrección de 400. Esto quiere decir que el valor obtenido en la observación de los 2 ml se multiplico por 400 y equivale al número de nematodos en los 100 g de raíz.

3.10 Método de extracción para nematodos del suelo

Se siguió el método de Baermann modificado (Hooper, 1961), tomando de cada muestra de suelo 250 g y se colocó en un filtro (kleenex) que estaba extendido sobre un tamiz de 15.24 cm dentro de un recipiente. Luego se le agregó agua potable al recipiente hasta que llego al nivel donde empezaba el suelo. Se tuvo el cuidado de que el suelo estuviera completamente húmedo y no sumergido. Luego de 48 horas, se filtro el agua del recipiente en un tamiz de 0.025 mm para recolectar los nematodos de la solución. El agua se recolecta en una alícuota con fondo cuadriculado para contar el número de individuos presentes (sin

importar si eran fitoparasitos o nematodos de vida libre) en un Estereoscopio. Luego el agua se pasa a un tubo de ensayo y se deja reposar una hora, posteriormente se eliminan 15 ml de agua con una pipeta sin agitar el fondo. Para la lectura e identificación de nematodos, se tomó agua con una pipeta de los 5 ml que quedaron en el tubo de ensayo y se colocaron tres gotas sobre un porta objeto y se tapo con el cubre objeto para su observación en el Microscopio invertido. Se identificaron los primeros 100 nematodos encontrados.

3.11 Análisis estadístico

3.11.1 Índices de la red alimentaria del Suelo (Bongers, 1990)

3.11.1.1 Índice de enriquecimiento, índice de estructura y el índice de cambio (Neher et ál., 2004)

La fauna de nematodos brinda información sobre dos características principales del entorno de la tierra y sus comunidades de residencia. Una de ellas es el flujo de los recursos en los alimentos indicados por especies oportunistas de enriquecimiento, y la otra característica es la conectividad trófica del sistema como se indica en la prevalencia y abundancia de los organismos de niveles tróficos superiores.

Tanto la trayectoria de enriquecimiento como de estructura está basada en la importancia de los grupos funcionales de los nematodos, también son descriptores de la condición de la red alimentaria.

El índice de enriquecimiento es una medida de bacterívoros oportunistas y nematodos fungívoros, el índice canal es indicador de las vías predeterminantes de descomposición y el índice de estructura es el indicador del estado de la red alimenticia que está afectada por el estrés o las perturbaciones.

Los índices se calculan así:

$$EI = 100 \times \frac{e}{e+b} \qquad SI = 100 \times \frac{s}{s+b}$$

$$CI = 100 \times \frac{Fu_2 W_2}{Ba_1 W_1 + Fu_2 * W_2}$$

Los grupos funcionales se clasifican según su principal hábito alimenticio y sus características biológica, ecológica y de vida consideradas en la clasificación cp. El grupo funcional Ba3 comprende a los bacterívoros de clasificación cp3 (w) como los Prismatolaimidae. Los nematodos de todos los hábitos alimenticios se agrupan en la clasificación cp2 y se les llama basal (b) tanto para el índice de enriquecimiento e índice de estructura. Tanto los nematodos bacterívoros cp1 como los fungívoros cp2 son indicadores de enriquecimiento (e), y los nematodos de todos los hábitos alimenticios clasificados entre cp3 y cp5 son indicadores de estructura (s).

3.11.1.2 Modelo estadístico

Cada una de las 28 fincas seleccionadas se considero una repetición y en cada una se establecieron los 4 tratamientos. El diseño estadístico correspondió a un diseño en bloques completamente al azar con 4 tratamientos. Se realizaron análisis de varianza para las covariables: Porcentaje de hojarasca, porcentaje de sombra, porcentaje de arvenses, densidad aparente y para los pesos de la hojarasca; y Poisson (la prueba de significancia es el estadística $\chi 2$) para las variables número de fitonematodos en raíces de café y banano. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general.

$ß_i$ = Efecto del i-esimo bloque (finca)

τ_j = Efecto del j-esimo tratamiento (alta densidad, densidad intermedia1, intermedia2 y baja)

ε_{ij} = Término de error aleatorio e independiente distribuido normal con media cero y varianza constante.

El nivel de significancia fue de $\alpha = 0.05$ para rechazar o no las hipótesis. Donde se evidencio diferencias estadísticas se utilizo las pruebas de comparaciones múltiples LsD Fisher. También se realizaron gráficos Triplot obtenidos por la técnica de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS del inglés, Partial Least Squares).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Encuesta a productores

Con el fin de conocer el historial de manejo de los cultivos en las 28 fincas muestreadas se realizó una encuesta a cada productor. En la zona se cultivan principalmente tres variedades de café; de los 28 productores 9 solamente la variedad Caturra, 8 tienen asocio de Caturra-Catimor y 11 poseen asocio Caturra-Catuai (Figura 1). El 61% de las plantaciones de café tienen entre 5 y 10 años de sembradas, 14% entre 10 y 15 años, 21% entre 16 y 20 años y solo el 4% son plantaciones de 4 años de edad o menos. Desde hace 20 años las plantaciones se han venido renovando con plántulas cultivadas en viveros dentro de la zona; antes de esa fecha las plantas eran llevadas de los viveros establecidos en el Pacífico de Nicaragua. Los 28 productores poseen la variedad de banano Gros Michel y todos ellos tienen entre 5 y 10 años de cultivarlo. Las semillas de Gros Michel fueron trasladadas desde el Pacífico de Nicaragua.

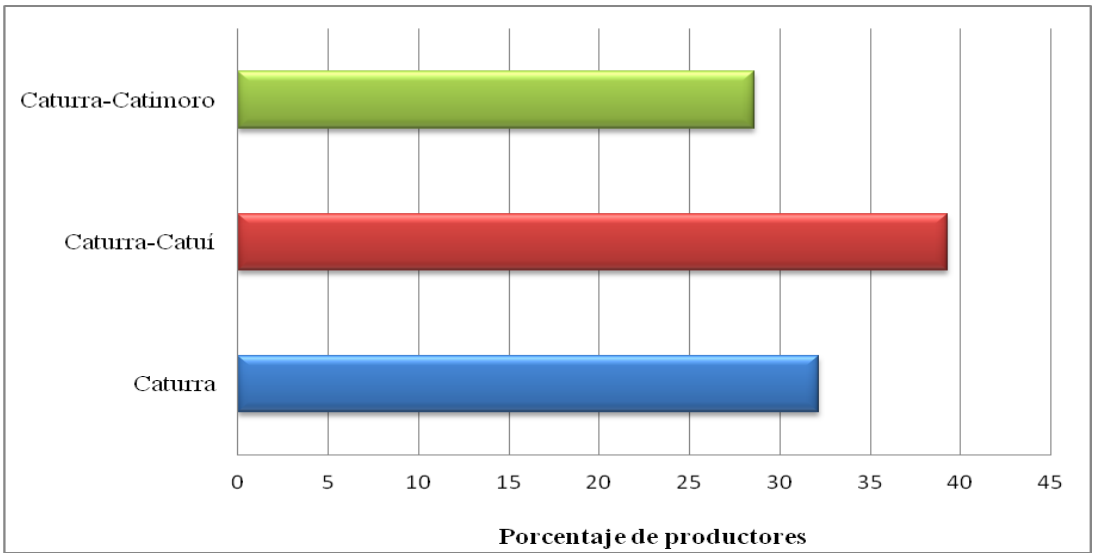

Figura 2. Variedades de café que poseen los productores de las 28 fincas en estudio en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua.

La fertilización está dirigida al cultivo principal que es café. De las 28 fincas en 24 aplican fertilizante sintético granulado. Las formulas que utilizan son: 18-6-12 y 18-3-18. Del total de productores 16 aplican fertilizante foliar entre los que se destacan: Nutriente verde, Bayfolan, Biofertilizantes, New fall y Captafol (Figura 2). Del fertilizante granulado y del foliar hacen dos aplicaciones al año. No hay reporte de aplicación de abono orgánico, sin

embargo, los productores comentan que dejan la hojarasca en las calles del cultivo para protección y mejora del suelo.

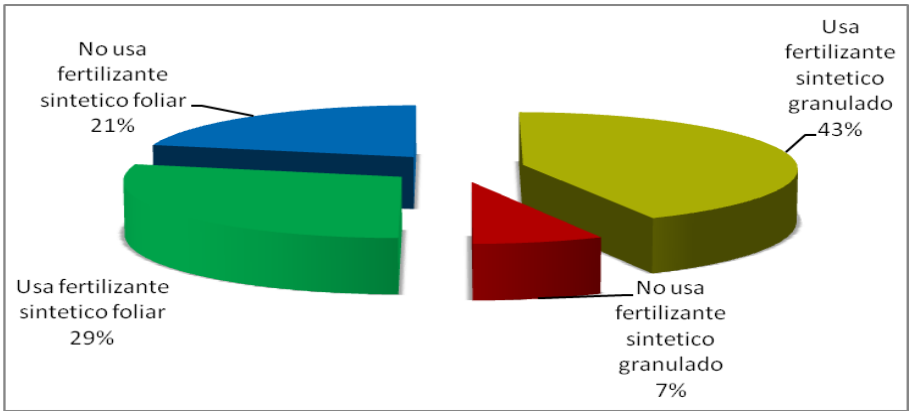

Figura 3. Uso de fertilizantes sintéticos granulados o foliares en las plantaciones de café en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua.

De los 28 productores 19 utilizan agroquímicos para el control de plagas o enfermedades. De ellos 7 usan insecticida (Cipermetrina o Endosulfan) al follaje para el manejo de plagas (Broca) en los cafetales y 12 productores manejan las enfermedades con Carbendazim (2 l/ha), Hexaconazol (1 l/ha) o Caldo sulfocálcico (1 l/ha). No hay reporte de la utilización de nematicidas en las fincas en estudio (Figura 3). En todas las fincas se realizan prácticas culturales como: manejo de arvenses, sombra, control de plagas con graniteo (recolección de granos de café del suelo, para evitar la broca) y uso de trampas para insectos.

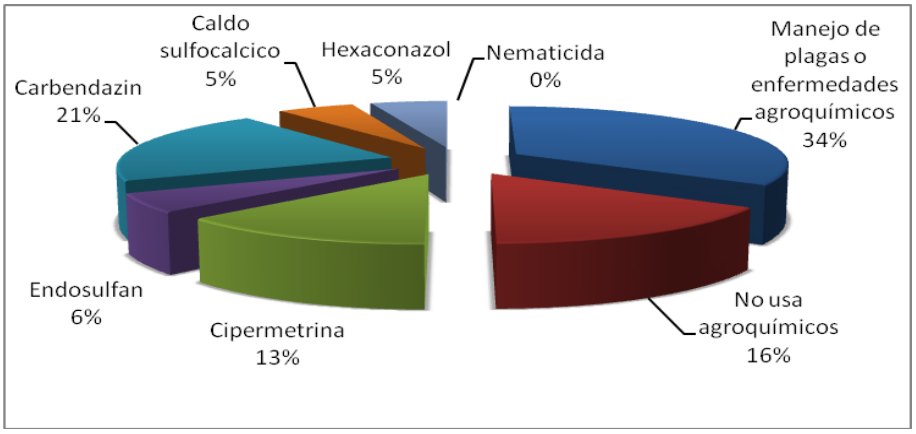

Figura 4. Uso de agroquímicos para control de plagas o enfermedades en plantaciones de café en la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua.

4.2 Análisis de suelo

Con los análisis de suelo por finca se saco un promedio de todas las características para tenerlo como referencia para toda la comunidad de Monterrey. Se puede observar en el Cuadro 6, que los suelos de la comunidad no son muy ácidos se encontró el pH entre 5.1 – 6. Por lo general se tienen fincas ricas en materia orgánica ya que como podemos observar el nivel crítico para esta característica es 5% y en las fincas se presentó un promedio de 5.78%. En los análisis de suelo se indica que estos suelos contienen altos niveles de calcio, entre 10.4 – 26.6 meq/100 g. La mayoría de los suelos en esta comunidad son Franco Arenosos, de las 28 fincas 1 presentó suelo Franco Arenoso Arcilloso y 8 suelo Franco.

Cuadro 6. Promedio de las características físico-químicas del suelo en la Comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua.

	Media	**E.E.**	**Mín**	**Máx**	**Nivel critico**
pH	5.59	0.02	5.1	6	5.5
Materia Orgánica (%)	5.78	0.13	3.31	7.54	5
Nitrógeno (%)	0.29	0.01	0.17	0.38	
Fósforo (ppm)	8.74	0.43	2.5	19.6	10
Potasio (meq/100g)	0.53	0.02	0.2	1.1	0.2
Calcio (meq/100g)	15.96	0.35	10.4	26.6	4
Magnesio (meq/100g)	4.81	0.16	2.3	7.9	1
Hierro (ppm)	227.14	4.42	129	285.9	10
Cobre (ppm)	18.5	1.17	3.2	52.7	1
Zinc (ppm)	10.29	0.51	2.7	20.8	3
Manganeso (ppm)	20.89	1.27	4.9	48.2	5
Arcilla (%)	15.96	0.41	7.88	22.28	
Limo (%)	27.87	0.47	18.6	43.64	
Arena (%)	56.17	0.75	39.52	73.52	
Ca+Mg/K	44.52	1.73	19.11	114.5	10-40
Ca/Mg	3.57	0.09	2.36	5.84	2-5
Ca/K	34.34	1.31	15.78	83.5	5-25
Mg/K	10.18	0.48	3.33	31	2.5-15
Densidad aparente (g/ml)*	0.87	0.01	0.68	1.2	

*La densidad aparente que se utiliza no fue calculada en la LAQUISA, sino por el mismo investigador.

4.3 Comparación del porcentaje de sombra, hojarasca, arvenses, densidad aparente y peso de hojarasca por tratamiento

Como esperado, se presentaron diferencias estadísticas para el porcentaje de sombra entre los tratamientos (F=5.65, p=0.0051), siendo los tratamientos CBL (Café-Banano-Leguminosa) y CL (Café- Leguminosa) los que presentaron los mayores porcentajes. El porcentaje de cobertura de hojarasca varió entre los tratamientos (F=18.35, p<0.0001), siendo el tratamiento C (Café a pleno sol) quien presentó un menor porcentaje que los otros tres tratamientos CBL, CB (Café-Banano) y CL. Se encontró también una diferencia estadística para el porcentaje de arvenses (F=8.71, p<0.0001) entre los tratamientos. El tratamiento C presentó mayor promedio de porcentaje de arvenses que los tratamientos CBL, CB y CL. No existe diferencia estadística para la densidad aparente del suelo en los cuatro tratamientos (F=0.72, p=0.5437, Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios y errores estándar para las variables usadas para la comparación de tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

Variables	**Tratamientos**			
	CBL	**CB**	**CL**	**C**
Porcentaje Sombra	78.33 ± 2.43 **b**	63.59 ± 4.00 **a**	70.78 ± 2.64 **b**	---
Cobertura de Hojarasca %	70.63 ± 4.71 **b**	60.63 ± 5.04 **b**	68.38 ± 5.61 **b**	24.96 ± 4.39 **a**
Porcentaje Arvenses	13.62 ± 3.13 a	11.79 ± 3.11 a	13.17 ± 3.21 a	35.18 ± 5.27 b
Densidad Aparente (g/ml)	0.88 ± 0.02 **a**	0.85 ± 0.01 **a**	0.89 ± 0.02 **a**	0.87 ± 0.01 **a**
Peso seco hojarasca de banano (g)	36.93 ± 4.11 a	44.75 ± 21.51 a	----	---
Peso seco hojarasca de café (g)	34.72 ± 4.77 **a**	27.52 ± 4.46 **a**	34.19 ± 4.38 **a**	33.39 ± 4.58 **a**
Peso seco hojarasca de otras plantas (g)	53.14 ± 4.81 **a**	---	47.98 ± 3.95 **a**	---
Peso seco total de hojarasca (g)	124.79 ± 9.60 **d**	72.27 ±7.35 **b**	82.79 ± 7.72 **c**	35.80 ± 4.88 **a**

Letras distintas indican diferencias significativas. Prueba LSD Fisher (p≤0.05). CBL: Café-Banano-Leguminosa, CB: Café-Banano, CL: Café-Leguminosa, C: Café, g: gramos, g/ml: gramos/mililitros

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos para el peso total de las hojarasca secas (F=23.37, p<0.0001). Siendo el tratamiento más diverso (CBL) el que presentó los valores más altos, hasta 300% más que el café solo (Cuadro 7).

4.4 Poblaciones de nematodos parásitos de las raíces de café

En el presente estudio se encontraron en las raíces de café los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* J2, como ha sido reportado por múltiples autores (Campos et ál., 1990, Araya 1994: Hernández et ál., 2004; Villain et ál., 2008; Avelino et ál. 2009). Adicionalmente en este estudio se encontró la presencia de *Helicotylenchus* y *Radopholus*. Pinochet y Ventura (1980) y Pinochet y Guzmán (1987) reportan que en Honduras y El Salvador, respectivamente, se encontró la presencia de *Helicotylenchus* spp. en plantaciones de café pero en bajas cantidades y que estas no tenían un efecto económico en el cultivo. García y Pantoja (1990) reportan en plantaciones de café en la zona de Matagalpa y Jinotega, Nicaragua la presencia de *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp., en raíces de café.

Para *Meloidogyne* J2 se llegaron a contar un máximo de 19,600 individuos en el tratamiento CL (Cuadro 8). El promedio de individuos del género *Meloidogyne* J2 en este trabajo por tratamiento fue: CBL=2,843, CB=2,586, CL=3,429 y en C=2,914 fitonematodos en 100 g de raíz. El segundo fitonematodo de importancia para el cultivo del café es *Pratylenchus*; en este trabajo se llegaron a obtener como máximo entre 2000 individuos/100 g de raíz en el tratamiento CL y 2400 individuos/100 g de raíz en los tratamientos CBL, CB y C. El género *Pratylenchus* en el tratamiento CBL se identificaron un promedio de 1,186, en CB 986, CL 943 y en C 1,029 fitonematodos/100 g de raíz. (Cuadro 8 y Figura 5).

En los cuatro tratamientos se encontraron fitonematodos del género *Helicotylenchus* con un máximo de 1,200 individuos en cada uno. Se encontró un promedio 257 fitonematodos en el tratamiento CBL, 386 fitonematodos en el tratamiento CB, 214 fitonematodos en el tratamiento CL y 371 fitonematodos/100 g de raíz en el tratamiento C. García y Pantoja (1990), quienes trabajaron en 4 zonas de la Región VI de Nicaragua (Matagalpa y Jinotega), reportan la presencia del género *Helicotylenchus* en raíces de café, los niveles poblaciones que ellos reportan son en su mayoría menores a 2,500 individuos/25 g de raíz. El género *Radopholus* se encontró únicamente en el tratamiento C con un promedio de 43 fitonematodos en 100 g de raíz de café y con un número máximo de 10,000 nematodos/100 g de raíz (Cuadro 8, Figura 5).

Se encontraron diferencias estadísticas para el número de fitonematodos de *Meloidogyne* J2 entre los tratamientos (Chi^2=20.66, p=0.0001). El mayor número de

fitonematodo de este género se encontró en el tratamiento CL (Figura 5). Hubo diferencias del número de *Pratylenchus* entre los tratamientos (Chi^2 =14.52, p=0.0023): en el tratamiento CBL se observó mayor presencia de *Pratylenchus* que en los tratamientos CB y CL, en cambio el tratamiento C no mostró diferencia con el tratamiento CBL. No se encontró una diferencia estadística para el peso total de raíces de café (g) (F=0.56, p=0.6428) entre los tratamientos (Cuadro 8, Figura 5).

Diferentes investigadores reportan densidades de población de *Meloidogyne* muy diversas, pero superiores a las encontradas en este trabajo. Balmaceda y Cruz (1998) indican que en lotes a pleno sol en Masaya, Nicaragua, encontraron para el mes Julio un máximo de 21,285 y en octubre aumentó a 246,785, mientras que bajo sombra para el mes de julio fue de 214 y en octubre bajó a 143 individuos. Romero (2010) reporta poblaciones mayores a 60,000 individuos por 100 g de raíces en Cartago, Costa Rica. García y Pantoja (1990) realizaron su estudio en cuatro diferentes zonas en plantaciones de café en las Departamentos de Matagalpa y Jinotega en Nicaragua. En las cuatro zonas se reportan poblaciones entre 2,500-10,000 nematodos en 25 g de raíz tanto para *Meloidogyne* como para *Pratylenchus*. Las poblaciones de Helicotylenchus fueron menores a 2,500 individuos en 25 g de raíz.

Cuadro 8. Estadísticas resumen para el número de fitonematodos identificados en 100 g de raíces de café por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

Tratamientos		***Pratylenchus***	***Radopholus***	***Helicotylenchus***	***Meloidogyne* J2**
CBL	Media	1,186	---	257	2,843
	EE	157.34	---	71.90	889.52
	Máx	2,400.00	---	1,200.00	14,800.00
CB	Media	986	---	386	2,586
	EE	144.72	---	83.53	743.08
	Máx	2,400.00	---	1,200.00	14,000.00
CL	Media	943	---	214	3,429
	EE	136.80	---	69.71	1,037.59
	Máx	2,000.00	---	1,200.00	19,600.00
C	Media	1,029	43	371	2,914
	EE	141.69	42.86	76.78	757.57
	Máx	2,400.00	1,200.00	1,200.00	10,000.00

CBL: Café-Banano-Leguminosa, CB: Café-Banano, CL: Café-Leguminosa, C: Café

Al igual que en el género *Meloidogyne* para *Pratylenchus* se encuentran reportes muy diversos, en su mayoría superiores a las encontradas en este trabajo. Balmaceda y Cruz (1998)

encontraron en lotes de café a pleno sol en Masaya, Nicaragua, en el mes de julio un máximo de 2,642 y en octubre 0, mientras que en lotes bajo sombra en el mes de julio encontraron un máximo de 3071 y en octubre un máximo de 714.

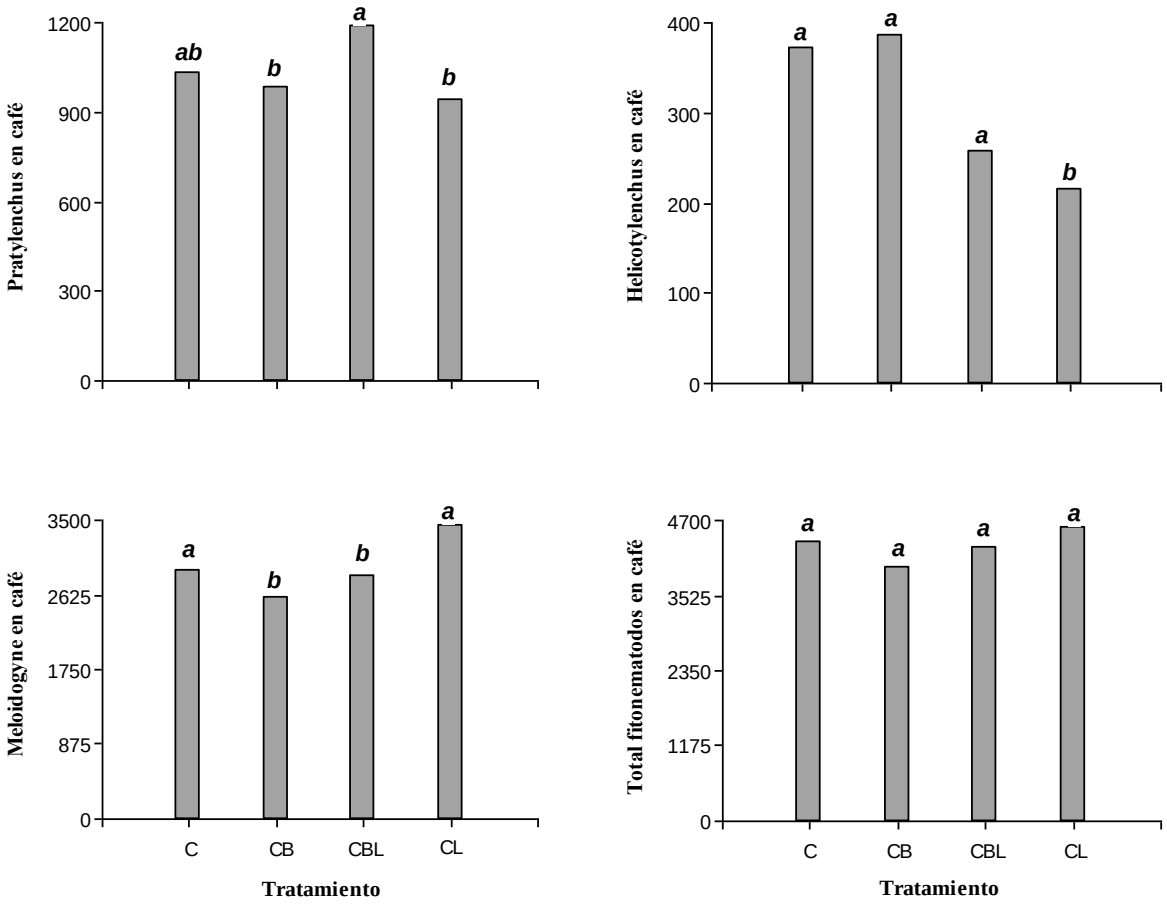

Figura 5. Promedio de fitonematodos presentes en 100 g de raíz de café por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. C: Tratamiento Café solo, CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa, CL: Tratamiento café-leguminosa. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos.

4.5 Poblaciones de nematodos parásitos de las raíces de banano

En los bananos presentes en los tratamientos (CBL y CB) se identificaron los géneros *Pratylenchus*, *Meloidogyne* J2, *Helicotylenchus* y *Radopholus*. En trabajos de Araya et ál. (1995), Chávez y Araya (1998) y Chávez y Araya (2001) se indica que los fitonematodos de mayor importancia para el cultivo del banano pertenecen a estos cuatro géneros.

Se observo una población de *Radopholus* de 800 individuos en el tratamiento CBL y 1,200 fitonematodos en el tratamiento CB en 100 g de raíz (Cuadro 9). Araya (2004) reporta en plantaciones de banano poblaciones mínimas de 14,000 individuos por 100 g de raíz. Castellon (2009) reporta para plantaciones de plátanos en el Pacífico de Nicaragua una densidad poblacional de *Radopholus* por debajo de los 300 individuos por 100 g de raíz. Chávez-Velazco et ál. (2009) encontraron en plantaciones de banano en Ecuador un máximo de 21,600 fitonematodos por 100 g de raíz de este género.

El género de mayor presencia en banano en este trabajo fue *Meloidogyne* J2 con 4,400 individuos en ambos tratamientos. Para el género *Helicotylenchus* se llegó a identificar un máximo de 3,200 individuos en el tratamiento CBL y 4,000 individuos en el tratamiento CB (Cuadro 9). Castellon (2009) encontró para *Meloidogyne* en plantaciones de plátano en el Pacífico de Nicaragua una densidad poblacional menor a 1,700 individuos y para *Helicotylenchus* poblaciones menores a 1300 individuos por 100 g de raíz.

El género *Pratylenchus* presentó un máximo de 2,400 individuos en el tratamiento CBL y 2,800 individuos en el tratamiento CB (Cuadro 9). Araya et ál. (1995) indica que el nivel crítico para este género puede andar entre 6,000 – 8,000 fitonematodos/100 g de raíz. Chávez y Araya (1998), reportan para *Pratylenchus* densidad poblacional por debajo de los 10,000 individuos en 100 g de raíz en plantaciones de banano en Ecuador. Castellon (2009) encontró para *Pratylenchus* densidad poblacional menor a 7,000 individuos por 100 g de raíz. En el tratamiento CB se observo mayor presencia que en el tratamiento CBL (Figura 6).

Cuadro 9. Estadísticas resumen para el número de fitonematodos identificados en 100 g de raíces de banano por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

Tratamiento		***Pratylenchus***	***Radopholus***	***Helicotylenchus***	***Meloidogyne* J2**
CBL	Media	414	186	1,600	1,257
	EE	122.55	75.54	221.59	280.37
	Máx	2,800.00	1,200.00	4,000.00	4,400.00
CB	Media	543	71	1,586	943
	EE	125.51	35.95	153.25	203.89
	Máx	2,400.00	800.00	3,200.00	4,400.00

CBL: Café-Banano-Leguminosa, CB: Café-Banano

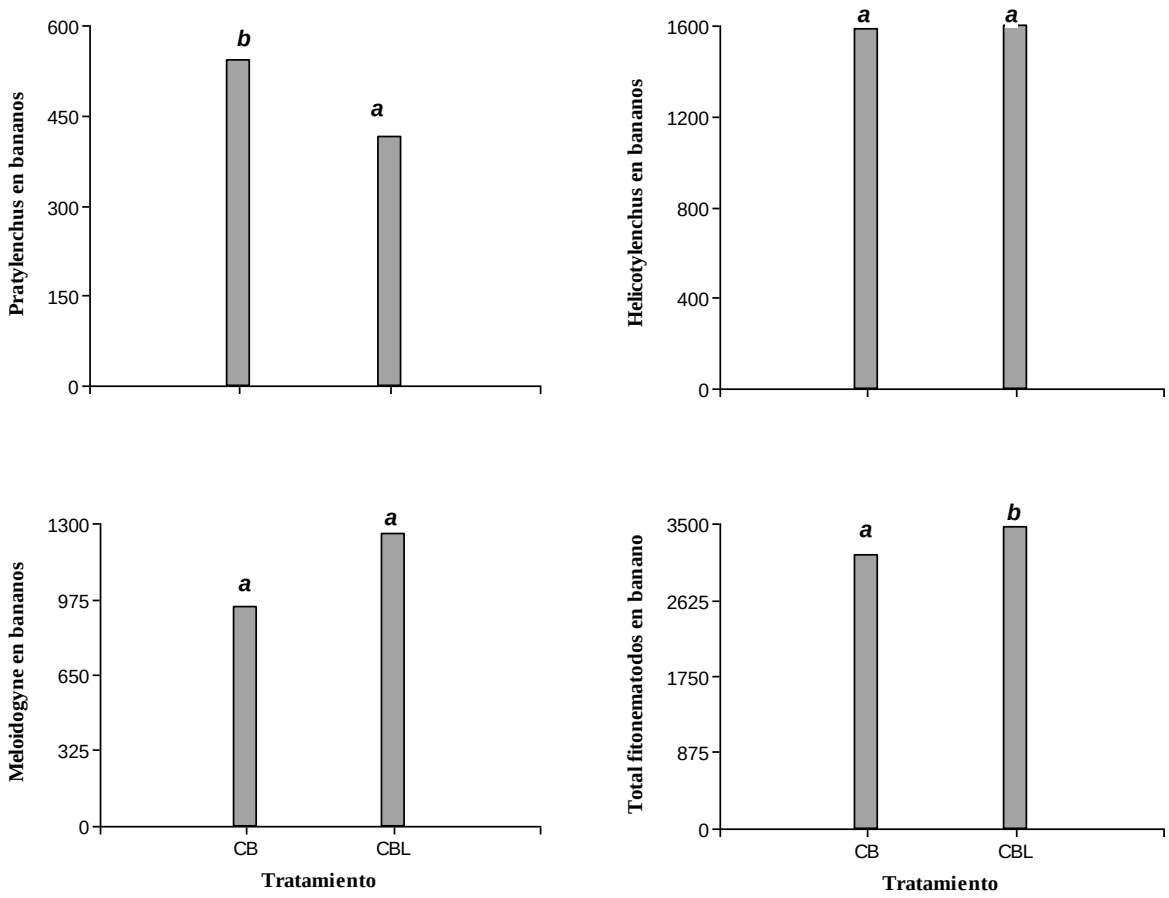

Figura 6. Promedio de fitonematodos presentes en 100 g de raíz de banano por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos.

Tanto en el caso de los fitonematodos en café como en el de los bananos, las bajas poblaciones de fitonematodos encontradas en este trabajo pueden estar relacionadas al clima, suelo, factores del lugar y el manejo que se le de a la plantación. Las poblaciones de nematodos no siempre van en aumento; estas pueden aumentar cuando las plantas susceptibles están en producción de raíces, y cuando se tienen temperatura y humedad en el suelo que le favorecen, en caso contrario la densidad de fitonematodos va disminuyendo. Los tamaños poblacionales pueden variar tanto de un mes a otro como de un año a otro, dependiendo de los factores climáticos y el manejo del cultivo. Cuando la planta está en la producción máxima de raíces aumenta la población de fitonematodos, y esta decrece conforme van disminuyendo las raíces funcionales. Los tamaños de poblaciones bajos también pueden deberse a la edad de la plantación, ya que estas son relativamente jóvenes (el cafetal de mayor edad tiene 20 años).

También puede deberse al material que utilizaron para la siembra, ya que este fue sembrado en viveros dentro la zona evitando de esa manera introducir mayor cantidad de fitonematodos a las fincas. Otro factor que puede estar ayudando a la baja densidad poblacional de los fitonematodos es la cobertura del suelo. En general estos cafetales por contener diversidad de asocios poseen suelos protegidos por hojarasca, lo que evita el crecimiento de otras plantas hospederas y además estas hojarasca ayudan a la reproducción de enemigos naturales de los fitonematodos como son los nematodos depredadores (Taylor, 1968).

4.6 Relación entre fitonematodos y el peso de las raíces de banano

Se encontró una relación significativa positiva entre el promedio de daño de la raíz funcional de banano y los géneros *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* J2 encontrados en 100 g de raíz de banano, así como con el total de los fitonematodos encontrados en la raíz de banano. Lo que puede indicar que a mayor daño en la raíz habrá mayor densidad poblacional de estos dos géneros y por ende mayor cantidad de fitonematodos en las raíces de banano (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre las poblaciones de fitonematodos de banano encontrados en 100 g de raíz y las raíces de banano en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

	PRFB		PRNFB		PDRFB	
	r	p	r	p	r	p
Pratylenchus en Banano	0.15	0.2572	0.18	0.1894	0.26	0.0499
Radopholus en Banano	0.00	0.9895	-0.04	0.7628	0.08	0.5684
Helicotylenchus en Banano	-0.11	0.4064	-0.10	0.4583	**0.49**	0.0001
Meloidogyne J2 en Banano	-0.14	0.3126	0.18	0.1772	**0.55**	0.0000
Total fitonematodos banano	-0.11	0.4341	0.13	0.3233	**0.79**	<0.0001

PRFB: peso de la raíz funcional de banano, PRNFB: peso de la raíz no funcional de banano, PDRFB: promedio de daño en la raíz funcional de banano

4.7 Relación entre fitonematodos en las raíces de café y banano

Al realizar una correlación entre los fitonematodos encontrados en 100 g de raíz de café con los presentes en las raíces de banano se encontró que *Pratylenchus y Radopholus* encontrados en las raíces de banano tienen una relación significativa negativa con *Pratylenchus* de café. *Pratylenchus* en banano tiene relación significativa positiva con *Meloidogyne* en café y una relación significativa pero negativa con *Helicotylenchus* en café

(Cuadro 11). Esto nos indica que a mayor presencia de *Pratylenchus, Radopholus* en raíces de banano la población de *Pratylenchus* en raíces de café disminuirá, posiblemente estos fitonematodos se ven más atraídos por las raíces de banano.

Cuadro 11. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre las poblaciones de fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua

	***Pratylenchus* en Café**		***Helicotylenchus* en Café**		***Meloidogyne* J2 en Café**	
	r	p	r	p	r	p
Pratylenchus en Banano	**-0.27**	0.0424	**-0.28**	0.0380	**0.27**	0.0472
Radopholus en Banano	**-0.28**	0.0400	-0.19	0.1638	0.22	0.0989
Helicotylenchus en Banano	-0.09	0.4993	-0.09	0.5293	0.13	0.3374
Meloidogyne J2 en Banano	-0.10	0.4706	0.09	0.5179	-0.23	0.0875

4.8 Relación entre los fitonematodos de las raíces de café y banano y las características de cada tratamiento

Al relacionar los fitonematodos encontrados en las raíces de banano y café con las características de cada punto de muestreo, como sombra, hojarasca, arvenses y densidad aparente, se encontró que *Pratylenchus* en café y *Radopholus* en banano presentaron una relación significativa con el porcentaje de arvenses, la relación es positiva con *Pratylenchus* y negativa con *Radopholus*. Los géneros *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* en café presentaron una relación negativa significativa con DA, mientras que *Radopholus* en banano presentó una relación positiva significativa con la densidad aparente del suelo (Cuadro 12).

Los presencia de los géneros *Pratylenchus* en café y en banano tienen una relación significativa con el peso seco de la hojarasca de banano (PHsB); esta relación fue negativa en café y positiva en banano. *Meloidogyne* en café y *Pratylenchus* en banano tienen una relación significativa positiva con el peso seco de la hojarasca de café (PHsC) y con el peso total de la hojarasca secas (PTHs) (Cuadro 12).

No se encontró una relación significativa entre los diferentes fitonematodos encontrados en las raíces de banano y café y el porcentaje de sombra de cada tratamiento. Tampoco se encontró una relación significativa entre los fitonematodos encontrados en las raíces de café y banano y el porcentaje de hojarasca en el suelo (Cuadro 12). Sin embargo,

McIntyre et ál. (2000) indican que el mantener el suelo cubierto con material vegetal muerto ayuda a mitigar el impacto de los nematodos en el banano.

Cuadro 12. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre la presencia de fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz y las características de cada tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

		Sombra (%)	Hojarasca (%)	Arvenses (%)	DA (g/ml)	PHsB (g)	PHsC (g)	PHsO (g)	PTHs (g)
PRC	**r**	-0.03	0.05	**0.38**	**-0.27**	**-0.27**	-0.08	0.10	-0.06
	p	0.8181	0.6825	0.0036	0.0444	0.0428	0.5394	0.4309	0.612
HEC	**r**	-0.04	0.09	-0.02	**-0.27**	-0.12	-0.04	-0.08	-0.11
	p	0.7632	0.5266	0.858	0.0477	0.3667	0.7561	0.5529	0.4044
MEC	**r**	-0.00	0.04	-0.17	0.11	0.2	**0.50**	0.10	**0.39**
	p	0.9962	0.783	0.2178	0.3992	0.0677	0.0001	0.4445	0.0031
PRB	**r**	-0.15	0.15	-0.19	0.19	**0.31**	**0.49**	0.06	**0.38**
	p	0.2844	0.2726	0.1588	0.1415	0.0184	0.0001	0.6436	0.0039
RAB	**r**	0.10	0.19	**-0.31**	**0.49**	0.04	0.16	0.17	0.19
	p	0.4572	0.1484	0.0219	0.0001	0.7851	0.2246	0.2097	0.1476
HEB	**r**	-0.23	0.04	0.11	0.09	0.05	0.17	0.23	0.24
	p	0.0853	0.7504	0.4122	0.5079	0.6773	0.2101	0.0856	0.0705
MEB	**r**	0.15	-0.06	-0.08	-0.16	-0.03	-0.003	0.13	0.07
	p	0.2452	0.6094	0.5555	0.212	0.7946	0.9816	0.3086	0.6

PRB: *Pratylenchus* banano, RAB: *Radopholus* banano, HEB: *Helicotylenchus* banano, MEB: *Meloidogyne* banano, PRC: *Pratylenchus* café, HEC: *Helicotylenchus* café, MEC: *Meloidogyne* café, DA: Densidad aparente, PHsB: peso seco de la hojarasca de banano, PHsC: peso seco de la hojarasca de café, PTHs: peso total de la hojarasca secas, PTHs: peso total de la hojarasca secas

4.9 Relación de los nematodos encontrados en el suelo con los tratamientos

No se encontró un efecto significativo ($p>0.05$) de los tratamientos sobre el total de nematodos encontrados en 250 g de suelo, ni sobre las 12 familias de nematodos de vida libre: Dorylaimidae, Cephalobidae, Rhabditidae, Aphelenchoididae, Aphelenchidae, Mononchidae, Alloionematidae, Prismatolaimidae, Diploscapteridae, Alaimidae, Xyalidae y Chromadoridae; y 2 familias y 3 géneros de fitonematodos encontrados en el suelo: Tylenchidae, Criconematidae, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus y Meloidogyne* (Cuadro 13). En el estudio realizado por Herrera et ál. (2011) en cafetales en el Pacífico de Nicaragua, encontraron diferencia significativa para la población de *Pratylenchus* en tres de los tratamientos evaluados (sistemas bajo sombra convencional y orgánico vs convencional a pleno sol, convencional con

sombra de fijadores de nitrógeno vs convencional con sombra de no fijadores y en orgánicos con sombra de fijadores de nitrógeno vs con sombra de no fijadores).

En total se identificaron 11,663 nematodos pertenecientes a 14 familias y 3 géneros diferentes. La familia que presentó el mayor número de individuos identificados fue Dorylaimidae seguida de Rhabditidae y Mononchidae. La familia con menor número de individuos identificados fue Alloionematidae. De los géneros de fitonematodos el de mayor presencia fue *Meloidogyne* J2 (Cuadro 13). Alfaro (2004) identifico en plantaciones de café con sombra de *Inga vera* mayor número de nematodos en la familia Rhabditidae, seguida de Cephalobidae y Aphelenchidae. En ese trabajo también se encontraron Dorylaimidae, Mononchidae, Alaimidae, Criconematidae, Prismatolaimidae y Tylenchidae pero en cantidades pequeñas. En el trabajo realizado por Varela (2005) en un sistema natural y cuatro sistemas agrícolas, se identificaron un total de 2,395 individuos en 45 familias diferentes. En ese trabajo se identificaron para el tratamiento café convencional a pleno sol un total de 407 individuos en 35 familias diferentes, siendo las familias de mayor número de individuos Rhabditidae (52) y Cephalobidae (49). Varela (2005) no reporta la presencia de Xyalidae, Chromadoridae y Alloionematidae a como se reporta en este trabajo.

El grupo trófico que está más representado es el bacteriófago con 8 familias, seguido de fitófagos y micófagos. A pesar que no hubo diferencia entre tratamientos se puede observar que el mayor número de bacteriófagos se presentó en el tratamiento CBL, los fitófagos del grupo cp2 presentaron mayor número de individuos en el tratamiento C y en el grupo cp3 en el tratamiento CL, la mayor presencia de micófagos se encontró en el tratamiento CB, los depredadores fueron más numerosos en el tratamiento CL y los omnívoros en el tratamiento C (Cuadro 13). De los tres géneros de fitonematodos el de mayor presencia fue *Meloidogyne* J2 con 367 individuos en 250 g de suelo, en los cuatro tratamientos se identificaron entre 88 individuos en CBL y 96 fitonematodo en 250 g de suelo en el tratamiento CL.

Cuadro 13. Familia o género y número de nematodos del suelo en 250 g de suelo por tratamiento y grupo trófico al que pertenece cada familia o género en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

	Total	Grupo Trófico	CBL	CB	CL	C	p-valor
Grupo c-p 1	**2,728**		**703**	**680**	**672**	**673**	
Rhabditidae	2,469	B	641	614	610	604	0.7974
Diploscapteridae	202	B	49	50	51	52	0.9945
Alloionematidae	57	B	13	16	11	17	0.7752
Grupo c-p 2	**3,144**		**774**	**803**	**792**	**775**	
Cephalobidae	1,605	B	410	399	396	400	0.9793
Tylenchidae	728	F	167	190	173	198	0.9476
Aphelenchoididae	457	M	112	135	118	92	0.5534
Aphelenchidae	260	M	58	58	74	70	0.7222
Xyalidae	94	B	27	21	31	15	0.2494
Grupo c-p 3	**910**		**224**	**229**	**224**	**233**	
Prismatolaimidae	107	B	34	22	19	32	0.4562
Criconematidae	257	F	54	67	71	65	0.6859
Chromadoridae	83	B	27	20	17	19	0.7204
Pratylenchus	46	F	12	9	8	17	0.5213
Helicotylenchus	50	F	9	17	13	11	0.4477
Meloidogyne J2	367	F	88	94	96	89	0.9970
Grupo c-p 4	**4,881**		**1,208**	**1,208**	**1,229**	**1,236**	
Alaimidae	172	B	48	42	34	48	0.6807
Mononchidae	1834	D	446	459	469	460	0.9334
Dorylaimidae	2875	O	714	707	726	728	0.8493
Total	**11,663**		**2,909**	**2,920**	**2,917**	**2,917**	

CBL: Café-Banano-Leguminosa, CB: Café-Banano, CL: Café-Leguminosa, C: Café, F: Fitófagos, M: Micófagos, B: Bacteriófagos, D: Depredadores, O: Omnívoros

Al correlacionar los grupos tróficos identificados en las muestras de suelo se observó que el grupo de bacterívoros presentó una relación significativa negativa para el grupo de omnívoros, fitonematodos y micófagos. El grupo de omnívoros presentó relación significativa negativa con los micófagos y estos a su vez presentaron relación significativa negativa con los depredadores. El grupo de fitonematodos tuvo relación significativa negativa con los depredadores. Los diferentes grupos tróficos no presento diferencia significativa entre los cuatro tratamientos (Cuadro 14, Figura 7).

Cuadro 14. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los grupos tróficos del suelo identificados en plantaciones de café-banano en Jinotega, Nicaragua

	Bacterívoros	Omnívoros	Fitonematodos	Micófagos	Depredadores
Bacterívoros	1.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.9823
Omnívoros	**-0.31**	1.0000	0.1022	0.0028	0.1500
Fitonematodos	**-0.74**	0.16	1.0000	0.3476	0.0017
Micófagos	**-0.38**	**-0.28**	0.09	1.0000	0.0337
Depredadores	0.00	-0.14	**-0.29**	**-0.20**	1.0000

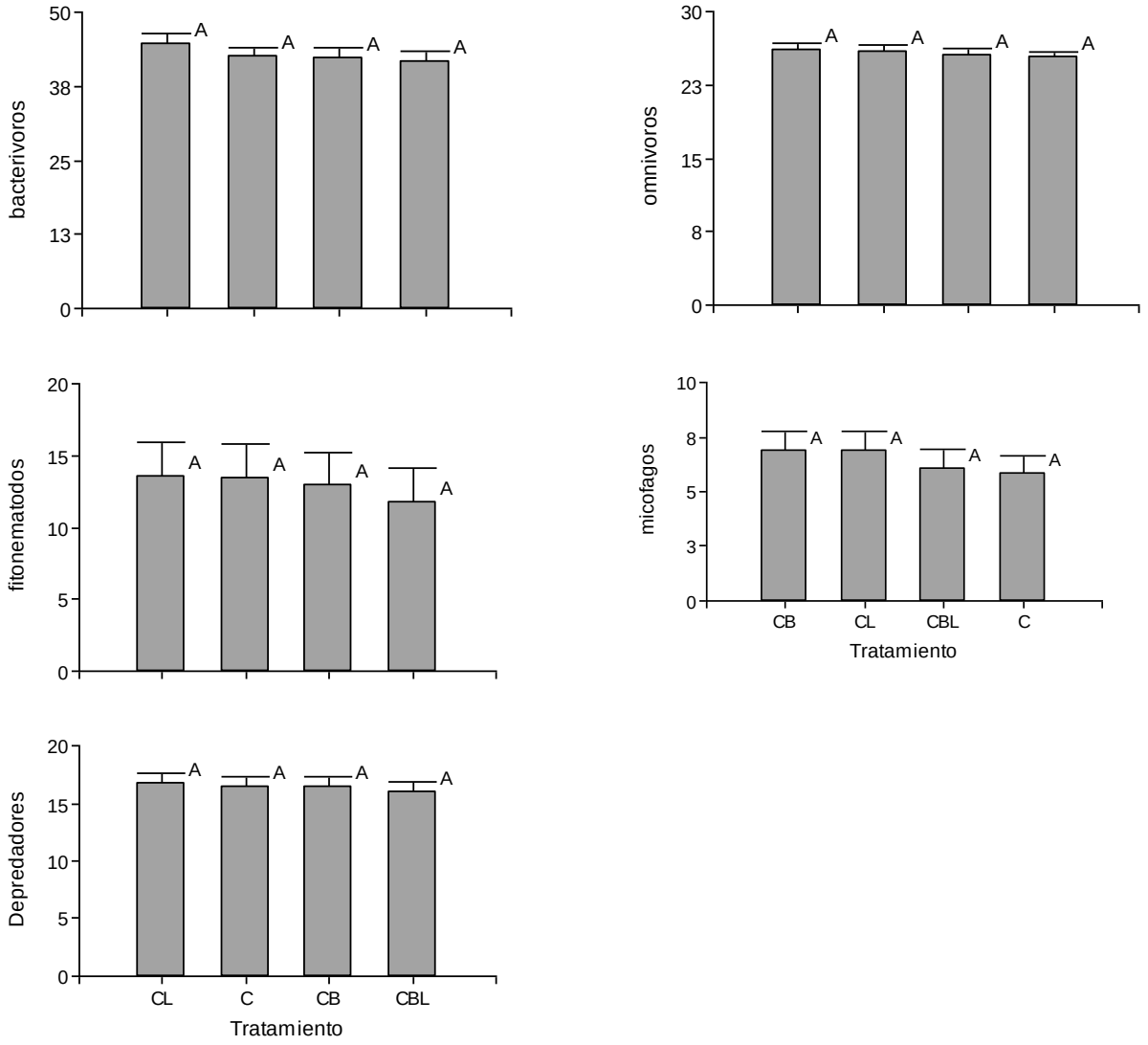

Figura 7. Promedio de grupos tróficos del suelo por tratamientos en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua. CB: Tratamiento café – banano, CBL: Tratamiento café-banano-leguminosa.

4.10 Relación entre los nematodos encontrados en el suelo y las características de cada tratamiento

Al relacionar los nematodos identificados en los 250 g de suelo se encontró que la Familia Prismatolaimidae (Bacterívoro) tiene una relación significativa con el porcentaje de sombra, porcentaje de hojarasca y porcentaje de arvenses. La relación con sombra y hojarasca es negativa, es decir que a mayor porcentaje de sombra y hojarasca menor cantidad de este bacterívoro. Mientras que la relación con los arvenses es positiva, es decir mayor porcentaje de arvenses mayor Prismatolaimidae (Cuadro 15).

Cuadro 15. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los nematodos encontrados en 250 g de suelo y las características en los tratamientos, en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

	Sombra %		Hojarasca %		Arvenses %		DA (g/ml)	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Dorylaimidae	-0.05	0.58307	0.00	0.96519	-0.10	0.31199	0.11	0.25432
Tylenchidae	0.01	0.92966	-0.04	0.70677	-0.11	0.22957	**0.19**	0.04902
Cephalobidae	-0.01	0.94767	-0.07	0.49227	0.10	0.29428	0.10	0.30506
Rhabditidae	0.07	0.48006	-0.02	0.81308	0.09	0.35607	-0.03	0.73022
Aphelenchoididae	0.14	0.14432	0.12	0.22091	-0.17	0.07465	0.03	0.73689
Aphelenchidae	-0.03	0.72357	0.14	0.13085	-0.12	0.20298	-0.23	0.01348
Mononchidae	-0.07	0.44151	0.08	0.39086	0.02	0.81994	-0.21	0.02385
Alloionematidae	-0.09	0.35164	-0.17	0.08046	0.02	0.81454	-0.15	0.12696
Prismatolaimidae	**-0.18**	0.0569	**-0.19**	0.04914	**0.31**	0.00089	-0.10	0.28937
Diploscapteridae	-0.07	0.45167	-0.04	0.639	0.09	0.33073	-0.04	0.68786
Alaimidae	-0.03	0.72525	-0.09	0.34422	0.11	0.2358	-0.07	0.45217
Xyalidae	0.15	0.10499	0.09	0.33515	-0.10	0.29687	**-0.22**	0.01973
Chromadoridae	-0.03	0.73591	-0.07	0.47546	**0.22**	0.01956	-0.06	0.53045
Criconematidae	0.02	0.82402	0.06	0.50919	0.10	0.27702	0.04	0.67336
Prathylenchus en suelo	-0.11	0.22897	-0.11	0.25121	0.01	0.95376	0.03	0.72932
Helicotylenchus en suelo	-0.07	0.46647	-0.13	0.1593	0.00	0.97813	-0.09	0.32805
Meloidogyne en suelo	-0.02	0.86943	0.05	0.59933	**-0.19**	0.04643	**0.19**	0.04565

DA: Densidad Aparente

La familia Chromadoridae (Bacterívoro) también tiene una relación significativa positiva con el porcentaje de arvenses. El fitonematodo endoparásito Meloidogyne J2 tiene relación significativa negativa con el porcentaje de arvenses y positiva con la densidad aparente, la densidad aparente en la comunidad se encuentra entre 0.68 y 1.20 g/ml. Castellon (2009) encontró en plantaciones de plátanos en Rivas, Nicaragua que los géneros Pratylenchus

y Meloidogyne encontrados en el suelo tienen relación significativa positiva con el pH. La presencia de las familias Xyalidae (Bacterívoro), Mononchidae (Depredador) Aphelenchidae (Micófago) y Tylenchidae (Fitonematodo) tiene relación con la densidad aparente. Esta relación es negativa con Xyalidae, Mononchidae y Aphelenchidae y es positiva con Tylenchidae (Cuadro 15).

4.11 Relación entre fitonematodos en las raíces de café y banano y los nematodos encontrados en el suelo

El género *Pratylenchus* encontrado en las raíces de café tiene una relación significativa y positiva con Prismatolaimidae, Alaimidae y con los Pratylenchus encontrados en el suelo y, tiene una relación negativa con Tylenchidae. El género *Radopholus* encontrado en café tiene una relación significativa y positiva con Xyalidae. El género *Helicotylenchus* encontrado en café presentó una relación significativa y positiva con Cephalobidae, Mononchidae, Alaimidae y con los *Helicotylenchus* encontrados en el suelo, y presenta una relación negativa con Tylenchidae. El género *Meloidogyne* J2 encontrado en café tiene una relación significativa y positiva con Tylenchidae, Criconematidae, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* J2 presentes en el suelo y una relación negativa con Rhabditidae, Prismatolaimidae, Alaimidae y Chromadoridae. El total de fitonematodos en las raíces de café tiene una relación significativa y positiva con Tylenchidae, Criconematidae, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* J2 presentes en el suelo y una relación negativa con Rhabditidae y Chromadoridae (Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos encontrados en 100 g de raíz de café y los nematodos encontrados en 250g de suelo en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

	Pratylenchus		***Radopholus***		***Helicotylenchus***		***Meloidogyne* J2**		**TFNC**	
	r	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**
Dorylaimidae	-0.13	0.1612	-0.10	0.3101	-0.02	0.8235	0.15	0.1221	0.12	0.2051
Tylenchidae	**-0.22**	0.0215	-0.08	0.4024	**-0.21**	0.0277	**0.45**	0.0000	**0.39**	0.0000
Cephalobidae	0.11	0.2407	0.01	0.8826	**0.22**	0.0226	-0.10	0.2757	-0.07	0.4903
Rhabditidae	0.10	0.2881	0.05	0.5752	-0.03	0.7913	**-0.50**	0.0000	**-0.48**	0.0000
Aphelenchoididae	-0.17	0.0701	0.02	0.8181	-0.09	0.3715	0.03	0.7735	-0.01	0.9287
Aphelenchidae	0.09	0.3623	0.03	0.7706	0.04	0.6460	0.02	0.8628	0.04	0.7068
Mononchidae	0.12	0.1903	0.05	0.5740	**0.18**	0.0518	-0.08	0.4164	-0.04	0.6834
Alloionematidae	0.07	0.4701	-0.06	0.5494	0.07	0.4903	-0.12	0.2245	-0.10	0.2938
Prismatolaimidae	**0.21**	0.0267	-0.06	0.5206	0.00	0.9919	**-0.19**	0.0461	-0.16	0.1010
Diploscapteridae	-0.05	0.6004	0.01	0.8969	-0.02	0.7987	0.02	0.8433	0.01	0.9281
Alaimidae	**0.26**	0.0057	-0.08	0.3818	0.05	0.6328	**-0.21**	0.0271	-0.16	0.0844
Xyalidae	-0.01	0.8820	**0.18**	0.0538	0.09	0.3668	-0.17	0.0783	-0.16	0.0963
Chromadoridae	0.18	0.0604	0.10	0.3025	0.04	0.6854	**-0.22**	0.0208	**-0.18**	0.0534
Criconematidae	0.04	0.6734	0.08	0.3794	-0.01	0.9483	**0.23**	0.0154	**0.24**	0.0116
Prathylenchus en suelo	**0.21**	0.0267	0.17	0.0681	0.09	0.3513	**0.31**	0.0008	**0.36**	0.0001
Helicotylenchus en suelo	0.05	0.5855	0.08	0.4176	**0.40**	0.0000	**0.21**	0.0229	**0.26**	0.0052
Meloidogyne J2 en suelo	-0.11	0.2334	-0.04	0.6815	-0.11	0.2489	**0.90**	0.0000	**0.87**	0.0000

TFNC: Total de fitonematodos en café

El género *Pratylenchus* encontrado en las raíces de banano tiene una relación significativa y positiva con *Dorylaimidae, Tylenchidae, Pratylenchus y Meloidogyne* J2 en el suelo y, tiene una relación negativa con *Rhabditidae y Alaimidae*. El género Radopholus encontrado en banano tiene una relación significativa y positiva con *Meloidogyne* J2 presente en el suelo. El género *Helicotylenchus* encontrado en banano presentó una relación significativa y positiva con *Aphelenchoididae* y con *Meloidogyne* J2 presentes en el suelo. El género *Meloidogyne* J2 encontrado en banano tiene una relación significativa y positiva con *Rhabditidae y Alloionematidae.* El total de fitonematodos en las raíces de banano tiene una relación significativa y negativa con *Diploscapteridae y Alaimidae* (Cuadro 17).

Cuadro 17. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos encontrados en 100 g de raíz de banano y los nematodos encontrados en 250g de suelo en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

	Pratylenchus		***Radopholus***		***Helicotylenchus***		***Meloidogyne* J2**		**TFNB**	
	r	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**
Dorylaimidae	**0.27**	0.0405	0.23	0.0849	-0.09	0.5032	-0.25	0.0659	-0.09	0.5128
Tylenchidae	**0.28**	0.0373	0.25	0.0609	0.20	0.1351	-0.09	0.5279	0.20	0.1436
Cephalobidae	-0.11	0.4236	-0.07	0.6152	-0.22	0.0973	0.09	0.5150	-0.11	0.4061
Rhabditidae	**-0.39**	0.0030	-0.15	0.2557	-0.05	0.7127	**0.26**	0.0516	-0.01	0.9511
Aphelenchoididae	0.17	0.2176	0.16	0.2337	**0.29**	0.0319	-0.15	0.2550	0.14	0.3079
Aphelenchidae	0.08	0.5605	-0.13	0.3288	-0.12	0.3948	0.10	0.4627	0.01	0.9218
Mononchidae	-0.02	0.8636	-0.11	0.4026	-0.14	0.2880	-0.01	0.9310	-0.12	0.3841
Alloionematidae	-0.07	0.5952	-0.09	0.5207	-0.05	0.6925	**0.27**	0.0429	0.13	0.3581
Prismatolaimidae	-0.11	0.4026	-0.22	0.1008	-0.03	0.8378	0.05	0.6928	-0.06	0.6732
Diploscapteridae	-0.14	0.2902	-0.11	0.4188	-0.15	0.2563	-0.24	0.0735	**-0.33**	0.0118
Alaimidae	**-0.38**	0.0034	-0.22	0.0995	-0.23	0.0826	-0.09	0.5189	**-0.38**	0.0043
Xyalidae	-0.10	0.4658	0.03	0.8203	0.15	0.2734	0.19	0.1659	0.19	0.1626
Chromadoridae	-0.14	0.3139	-0.12	0.3614	0.03	0.8134	0.10	0.4580	0.02	0.8873
Criconematidae	0.15	0.2623	-0.15	0.2717	0.13	0.3584	-0.04	0.7922	0.07	0.5905
Prathylenchus en suelo	**0.38**	0.0036	0.23	0.0876	0.03	0.8012	0.06	0.6812	0.24	0.0727
Helicotylenchus en suelo	-0.06	0.6606	-0.04	0.7638	0.15	0.2771	-0.05	0.7259	0.02	0.8908
Meloidogyne J2 en suelo	**0.54**	0.0000	**0.33**	0.0134	**0.26**	0.0555	-0.21	0.1146	0.24	0.0692

TFNB: Total de fitonematodos en banano

4.12 Relación de los Índices de la red alimentaria del Suelo con los tratamientos

No se encontró un efecto significativo (p>0.05) de los tratamientos sobre el índice basal, índice de enriquecimiento, índice estructural, índice canal, huella metabólica, huella de enriquecimiento, huella estructural, huella bacterial, huella de hongos, huella de herbívoros, huella de depredadores, presa amplificada de fitoparásitos, presa objetivo de fitoparásitos. En el cociente entre la huella depredador y la presa objetivo se encontró diferencia estadística entre el tratamiento CB y los tratamientos CBL, CL y C (Cuadro 18).

Cuadro 18. Promedios y errores estándar de los índices de la red alimentaria del suelo por tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua

Variable	Café-Banano-Leguminosa	Café-Banano	Café-Leguminosa	Café
Índice Basal	8.40 ± 0.45 **a**	8.80 ± 0.45 **a**	8.65 ± 0.45 **a**	7.81 ± 0.45 **a**
Índice Enriquecimiento	80.12 ± 1.13 **a**	78.71 ± 1.13 **a**	79.52 ± 1.13 **a**	80.38 ± 1.13 **a**
Índice Estructural	87.25 ± 0.73 **a**	86.60 ± 0.73 **a**	86.92 ± 0.73 **a**	88.14 ± 0.73 a
Índice Canal	4.57 ± 0.92 **a**	5.79 ± 0.92 **a**	4.63 ± 0.92 **a**	4.98 ± 0.92 a
Huella Metabólica	387.21 ± 12.95 **a**	368.34 ±12.95 **a**	362.95 ± 12.95 **a**	377.36 ± 12.95 **a**
Huella Enriquecimiento	162.82 ± 6.40 **a**	150.66 ± 6.40 **a**	146.99 ± 6.40 **a**	150.46 ± 6.40 **a**
Huella Estructural	206.86 ± 8.66 **a**	201.26 ± 8.66 **a**	199.70 ± 8.66 **a**	210.89 ± 8.66 **a**
Huella Bacterívoros	178.08 ± 6.86 **a**	163.76 ± 6.86 **a**	159.64 ± 6.86 **a**	164.61 ± 6.86 **a**
Huella Fungívoros	3.35 ± 0.48 **a**	3.58 ± 0.48 **a**	3.59 ± 0.48 **a**	3.15 ± 0.48 **a**
Huella Herbívoro	75.35 ± 9.69 **a**	86.79 ± 9.69 **a**	75.52 ± 9.69 **a**	76.95 ± 9.69 **a**
Huella depredador	205.78 ± 8.59 **a**	200.97 ± 8.59 **a**	199.71 ± 8.59 **a**	209.60 ± 8.59 **a**
Presa Amplificada FP	383.86 ± 13 **a**	364.76 ± 13 **a**	359.36 ± 13 **a**	374.21 ± 13 **a**
Presa objetivo FP	75.35 ± 9.69 **a**	86.79 ± 9.69 **a**	75.52 ± 9.69 **a**	76.95 ± 9.69 **a**
H. depredador/Presa objetivo	44.14 ±8.60 **a**	18.49 ± 8.39 **b**	29.48 ± 8.19 **ab**	39.60 ± 8.19 **a**

Letras distintas indican diferencias significativas. Prueba LSD Fisher ($p \leq 0.05$)

4.13 Relación entre fitonematodos en raíces de café y banano y los Índices de la red alimentaria del Suelo

Al correlacionar los fitonematodos encontrados en raíces de café y banano con los índices calculados con base en los nematodos encontrados en el suelo, se encontró que el índice de enriquecimiento, tiene una relación significativa negativa con *Pratylenchus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café (Cuadro 19). El índice de enriquecimiento está basado en una medida de bacterívoros oportunistas y nematodos fungívoros (Neher et ál., 2004) por tanto podría

mostrar que mientras mayor sea la presencia de nematodos bacterívoros oportunistas y fungívoros se tendrá una mayor descomposición de la materia orgánica y esto haría que disminuya la presencia de *Pratylenchus* en raíces de banano, *Meloidogyne* en café y el total de fitonematodos en raíces de café.

El índice canal tiene una relación significativa con *Pratylenchus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café y esta relación es positiva. La huella metabólica tiene una relación significativa con *Pratylenchus, Helicotylenchus* y con el total de fitonematodos encontrados en banano, esta relación es negativa. La huella de enriquecimiento tiene una relación significativa negativa con *Pratylenchus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café (Cuadro 19).

La huella estructural tiene una relación significativa negativa con *Helicotylenchus* y con el total de fitonematodos encontrados en banano, la huella bacteriana tiene una relación significativa negativa con *Pratylenchus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café. La huella de herbívoros tiene una relación significativa positiva con *Pratylenchus* y *Radopholus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café (Cuadro 19).

La huella del depredador tiene una relación significativa negativa con *Helicotylenchus* y con el total de fitonematodos encontrados en banano. La presa amplificada FP tiene una relación significativa negativa con *Pratylenchus, Helicotylenchus* y con el total de fitonematodos encontrados en banano. La presa objetivo FP tiene una relación significativa positiva con *Pratylenchus* y *Radopholus* en banano, *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café. El cociente entre la huella de herbívoros y la presa objetivo tiene relación significativa negativa con *Meloidogyne* J2 en café y con el total de fitonematodos encontrados en las raíces de café (Cuadro 19).

Cuadro 19. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los fitonematodos de café y banano encontrados en 100 g de raíz y los índices de la red alimentaria del suelo por finca en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua.

Índices	PRB		RAB		HEB		MEB		TFNB		PRC		HEC		MEC		TFNC	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Índice Basal	0.23	0.0863	0.15	0.2551	0.25	0.0627	-0.09	0.5087	0.18	0.1669	-0.2	0.1287	0.08	0.5302	0.2	0.129	0.1	0.1995
Índice Enriquecimiento	**-0.41**	0.0013	-0.14	0.2724	-0.21	0.12	0.18	0.1814	-0.16	0.2198	0.23	0.08	-0.05	0.7052	**-0.43**	0.0008	**-0.3**	0.0028
Índice Estructural	-0.08	0.5443	-0.08	0.5184	-0.24	0.0737	0.01	0.897	-0.16	0.2148	0.13	0.3147	-0.05	0.6896	-0.04	0.7387	-0.02	0.8537
Índice Canal	**0.4**	0.0011	0.11	0.4014	0.25	0.0602	-0.15	0.2445	0.2	0.1331	-0.15	0.2399	-0.03	0.8237	**0.5**	0.0001	**0.46**	0.0003
Huella Metabólica	**-0.3**	0.0028	-0.19	0.1465	**-0.3**	0.0233	0.09	0.4842	**-0.27**	0.037	0.03	0.7872	-0.11	0.4097	-0.24	0.068	-0.24	0.0656
Huella Enriquecimiento	**-0.52**	0.0000	-0.2	0.1186	-0.14	0.2725	0.23	0.0846	-0.14	0.2896	0.18	0.1787	-0.07	0.6009	**-0.45**	0.0004	**-0.42**	0.001
Huella Estructural	0	0.6711	-0.08	0.5219	**-0.31**	0.0167	-0.1	0.4288	**-0.29**	0.0278	-0.13	0.3377	-0.11	0.3873	0.09	0.4848	0.05	0.6645
Huella Bacterívoro	**-0.53**	0.0000	-0.22	0.0967	-0.1	0.1723	0.23	0.0851	-0.17	0.21	0.19	0.1436	-0.05	0.675	**-0.45**	0.0005	**-0.41**	0.0014
Huella Fungívoros	0.16	0.2112	0	0.7754	0.1	0.1997	-0.06	0.6224	0.11	0.3866	-0.14	0.2776	-0.05	0.6829	0.06	0.6565	0.02	0.8393
Huella Herbívoro	**0.53**	0.0000	**0.31**	0.0187	0.21	0.114	-0.22	0.0979	0.21	0.1199	-0.1	0.4205	-0.07	0.5722	**0.86**	0.0000	**0.83**	0.0000
Huella depredador	-0.02	0.8461	-0.06	0.6521	**-0.29**	0.0267	-0.11	0.3988	**-0.27**	0.0438	-0.16	0.2188	-0.11	0.3996	0.12	0.3479	0.08	0.5329
Presa amplificada	**-0.39**	0.0027	-0.19	0.1482	**-0.3**	0.0217	0.09	0.4771	**-0.28**	0.0361	0.04	0.7564	-0.1	0.425	-0.24	0.0686	-0.24	0.0677
Presa objetivo	**0.53**	0.0000	**0.31**	0.0187	0.21	0.114	-0.22	0.0979	0.21	0.1199	-0.1	0.4205	-0.07	0.5722	**0.86**	0.0000	**0.83**	0.0000
H. Depredador /Presa objetivo	-0.13	0.3357	0.03	0.8267	-0.14	0.3019	-0.05	0.6761	-0.17	0.2223	0.21	0.1208	-0.12	0.3657	**-0.36**	0.0078	**-0.3**	0.0152

PRB: Pratylenchus banano, RAB: Radopholus banano, HEB: Helicotylenchus banano, MEB: Meloidogyne banano, TFNB: Total fitonematodos en banano, PRC: Pratylenchus café, HEC: Helicotylenchus café, MEC: Meloidogyne café, TFNC: Total fitonematodos en café

4.14 Relación entre los índices de la red alimentaria del suelo y las características de cada tratamiento

En la relación entre los índices, calculados a partir de los nematodos del suelo, con las características propias de cada punto de muestreo se encontró que el índice basal está relacionado significativamente y con efecto negativo con el porcentaje de arvenses. El índice de enriquecimiento tiene una relación significativa negativa con el peso de la hojarasca seca de café y con el peso seco total de hojarasca. El índice canal tiene una relación significativa positiva con el peso de la hojarasca seca de café y con el peso total de hojarasca seca (Cuadro 20).

La huella de enriquecimiento y la huella bacterial tienen una relación significativa negativa con el peso de la hojarasca seca de café y con el peso seco total de hojarasca. La huella de enriquecimiento está relacionada con los niveles de Carbono orgánico en el suelo y la huella bacteriana representa la disponibilidad de alimentos para nematodos bacterívoros (Ferris et ál., s.f). Por tanto se podría suponer que al tener mayor cantidad de hojarasca en el suelo aumentaran las bacterias descomponedores y por ende los nematodos bacterívoros, y de esta manera aumentar la huella de enriquecimiento y la bacterial. Pero los resultados de este trabajo indican lo contrario.

La huella de hongos tiene relación significativa negativa con el porcentaje de arvenses. La huella de herbívoros y la presa objetivo tienen relación significativa con efecto negativo con el porcentaje de arvenses y positivo con la densidad aparente, el peso de hojarasca seca de café y con el peso total de hojarasca seca. El cociente de huella depredador y presa objetivo tiene una relación significativa negativa con el peso seco de la hojarasca de café (Cuadro 20). Ferris et ál. (s.f) realizaron una investigación en California sobre la abundancia y las huella metabólica de los nematodos del suelo durante seis años en un sistema de producción orgánica intensiva de hortalizas. En la investigación utilizaron mezcla de cultivos de cobertura y aplicación de materia orgánica. Entre los resultados del ciclo 2005 – 2006 obtuvieron diferencia significativa entre la huella de enriquecimiento, huella herbívoro y huella bacterívoros para los diferentes tratamientos.

Cuadro 20. Correlación lineal (r) y su probabilidad (p) entre los Índices de la red alimentaria del Suelo y las características encontradas en cada tratamiento en plantaciones de café – banano en Jinotega, Nicaragua

Índices	Sombra (%)		Hojarasca (%)		Arvenses (%)		Densidad aparente (g/ml)		Hojarasca seca de banano (g)		Hojarasca seca de café (g)		Hojarasca seca de otras (g)		Total hojarasca secas (g)	
	r	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**	**r**	**p**
Índice Basal	0.18	0.0585	0.14	0.1295	**-0.20**	0.0335	0.04	0.6632	0.17	0.0669	-0.03	0.7444	0.03	0.7147	0.09	0.3561
Índice Enriquecimiento	-0.07	0.4738	-0.17	0.0813	0.17	0.0722	0.03	0.7555	-0.17	0.0752	**-0.26**	0.0048	-0.01	0.8929	**-0.21**	0.0249
Índice Estructural	-0.18	0.0528	-0.11	0.2677	0.16	0.0831	-0.04	0.6511	-0.14	0.1289	0.13	0.1756	-0.01	0.9182	-0.01	0.8896
Índice Canal	0.00	0.98	0.18	0.0588	-0.15	0.1268	-0.11	0.228	0.14	0.141	**0.44**	0.0000	0.00	0.9769	**0.27**	0.0038
Huella Metabólica	-0.02	0.8172	-0.01	0.8998	0.04	0.6793	0.02	0.8354	0.02	0.8672	-0.14	0.1512	-0.10	0.281	-0.12	0.2177
Huella Enriquecimiento	0.06	0.5484	-0.04	0.6928	0.08	0.4266	0.01	0.8942	0.00	0.9995	**-0.35**	0.0002	-0.07	0.4847	**-0.20**	0.0324
Huella Estructural	-0.10	0.3064	0.02	0.8648	-0.01	0.9313	0.01	0.9418	0.02	0.873	0.13	0.1622	-0.09	0.3213	0.01	0.8831
Huella Bacterial	0.04	0.6385	-0.06	0.5392	0.10	0.2809	0.02	0.8333	-0.01	0.9442	**-0.36**	0.0001	-0.07	0.4536	**-0.21**	0.0236
Huella Hongo	0.09	0.3321	0.17	0.0712	**-0.20**	0.0384	-0.07	0.4373	0.11	0.2459	0.10	0.3192	0.00	0.9971	0.10	0.3102
Huella Herbívoro	-0.02	0.819	0.04	0.6496	**-0.19**	0.0473	**0.21**	0.0254	0.14	0.1436	**0.60**	0.0000	0.12	0.1904	**0.42**	0.0000
Huella depredador	-0.09	0.3673	0.03	0.7464	-0.03	0.7429	0.02	0.874	0.03	0.7897	0.14	0.1296	-0.09	0.3508	0.03	0.7744
Presa Amplificada FP	-0.03	0.7908	-0.02	0.8487	0.05	0.6269	0.02	0.8144	0.01	0.9012	-0.14	0.1432	-0.10	0.2839	-0.12	0.2066
Presa objetivo FP	-0.02	0.819	0.04	0.6496	**-0.19**	0.0473	**0.21**	0.0254	0.14	0.1436	**0.60**	0.0000	0.12	0.1904	**0.42**	0.0000
H. depredador/Presa objetivo	-0.06	0.5649	0.03	0.7505	0.11	0.2658	-0.06	0.5135	-0.07	0.4635	**-0.24**	0.0127	0.00	0.9809	-0.15	0.1275

4.15 Relación entre fitonematodos de café y las características del suelo por finca

Al analizar el número de fitonematodos en café con respecto a las características del suelo de cada finca se encontró que el fitonematodo de mayor importancia es el *Pratylenchus*, seguido de *Helicotylenchus* y por último *Meloidogyne* J2. *Pratylenchus* en café tiene una relación positiva muy fuerte con Cu en el suelo, al mismo tiempo se encuentra relacionado negativamente con pH, Ca, la DA y el Mg (Figura 8). Esto concuerda en parte con lo reportado por Avelino et ál. (2009), quienes encontraron que *Pratylenchus* está relacionado con Cu y materia orgánica, pero no encontraron relación entre el pH y los fitonematodos. Entre los principales predictores de la abundancia de *Pratylenchus* en café se reportan la arena, el contenido de Zn y Mn. Sin embargo, Pattison (2006) señala una relación negativa de forma general para los fitonematodos con el pH, indica que a medida que aumenta el pH del suelo los fitonematodos disminuyen.

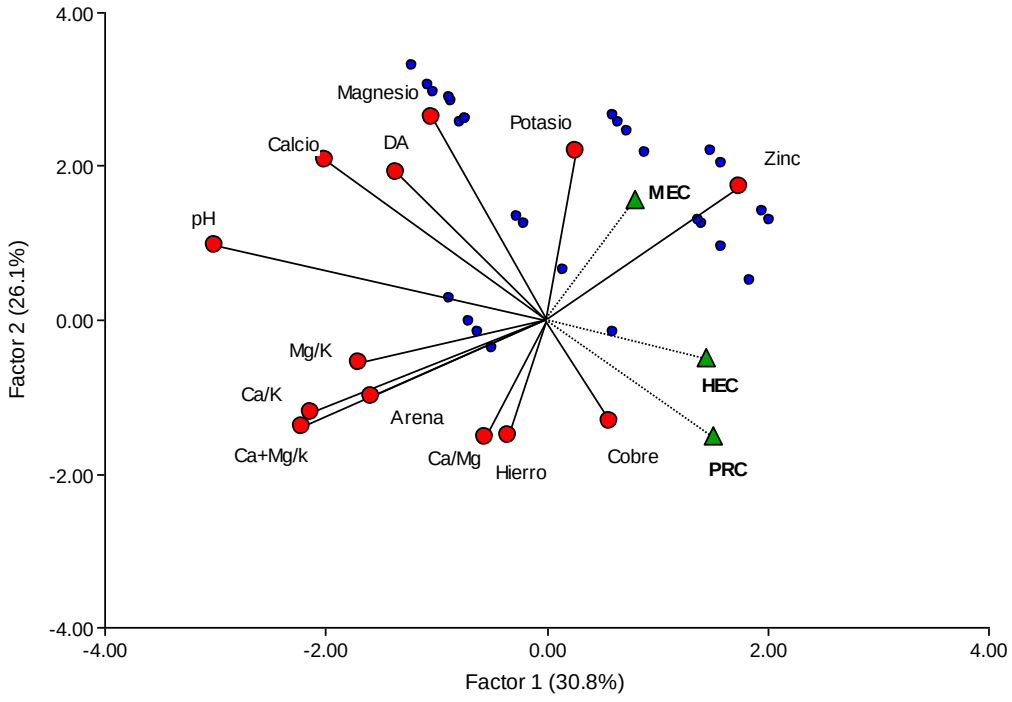

Figura 8. Visualización en el gráfico triplot de fitonematodos de café encontrados en 100 g de raíz y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua.

El género *Meloidogyne* J2 en café presenta relación positiva con Zn y K, y de forma negativa con el contenido de arena, el cociente Ca/Mg, la relación Ca+Mg/K y Hierro (Figura 8). Al estar relacionados negativamente con estos elementos del suelo puede indicar que a mayor cantidad de estos elementos menor presencia de este género. En el trabajo de Avelino et ál. (2009) se reporta que este género tiene relación negativa con arena y Zn, ya que indican que a mayor presencia de arena y Zn menor densidad poblacional de *Meloidogyne*. Ellos también reportaron que los principales predictores de la presencia de *Meloidogyne* en café son la arena y el contenido de Ca, la materia orgánica en el suelo.

El género *Helicotylenchus* en café se encuentra relacionado de forma negativa con pH, el cociente Mg/K, Ca y DA. Pattison (2006) señala una relación negativa de forma general para los fitonematodos con el pH, el indica que a medida que aumenta el pH del suelo los fitonematodos disminuyen (Figura 8).

4.16 Relación entre fitonematodos de banano y las características del suelo por finca

Al analizar el número de fitonematodos en banano con respecto a las características del suelo de cada finca se encontró que el fitonematodo de mayor importancia es el *Radopholus* seguido del *Pratylenchus*, *Meloidogyne* J2 y por último *Helicotylenchus* (Figura 9).

El género *Pratylenchus* en banano tiene una relación positiva muy fuerte con pH. Al mismo tiempo se encuentra relacionado negativamente con Mn, Fe, Cu y el contenido de arena. El género *Meloidogyne* J2 en banano presenta relación positiva fuerte con el contenido de arena, Cu Mn y un poco con Fe, y de forma negativa con pH y Zn. *Radopholus* en banano se encuentra relacionado positivamente con la densidad aparente, pero presenta una relación negativa con la textura y K. *Helicotylenchus* se encuentra relacionado negativamente con fosforo, N, Ca, K, Mg, Materia Orgánica y el contenido de arena (Figura 9).

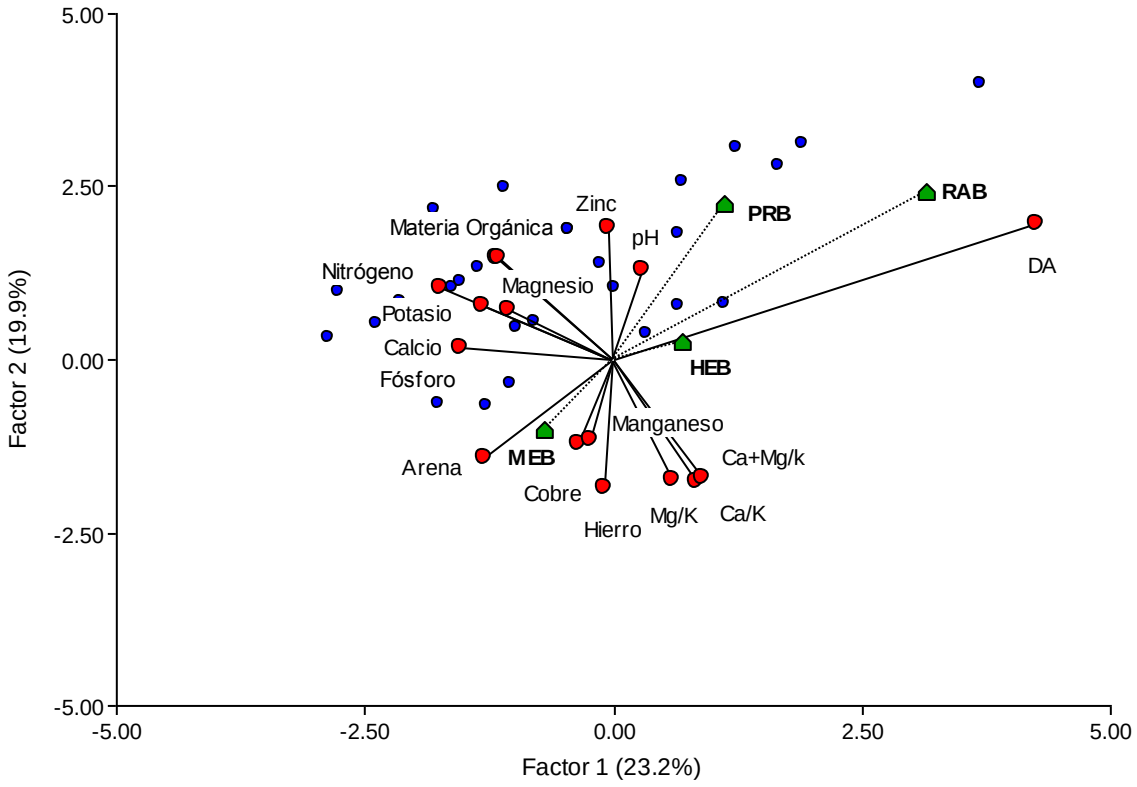

Figura 9. Visualización en el gráfico triplot de fitonematodos de banano encontrados en 100 g de raíz y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua

4.17 Relación de los índices de la red alimentaria del suelo y las características de suelo por finca

Las variables de mayor peso en este análisis son la Presa Objetivo y la Huella de Herbívoros, ambos tienen una relación negativa con el contenido de arena del suelo, la relación Ca/Mg y el Fe. Estas variables se encuentran opuestas a la Huella Bacteriana, Huella de Enriquecimiento y al Índice de Enriquecimiento lo que indica que si aumenta la Presa Objetivo y la Huella de Herbívoros disminuye la Huella Bacteriana, Huella de Enriquecimiento y al Índice de Enriquecimiento (Figura 10).

La Huella Bacteriana, Huella de Enriquecimiento y al Índice de Enriquecimiento tienen una relación positiva con la textura del suelo y la relación Ca/Mg, y presentan una relación negativa con Zinc y Magnesio. El Amp. Prey (FP) o Presa amplificable y la Huella Metabólica

tienen una relación positiva con el Hierro y la relación Ca+Mg/K. Ambas tienen relación negativa con Magnesio y Zinc y con el Índice Canal (Figura 10).

La Huella Estructural, Huella Depredador, el Índice Basal tienen una relación negativa con la densidad aparente, Nitrógeno y la Materia orgánica. Al mismo tiempo se relaciona negativamente con la relación Depredador/Presa objetivo. Este último se encuentra relacionado positivamente con la densidad aparente del suelo (Figura 10).

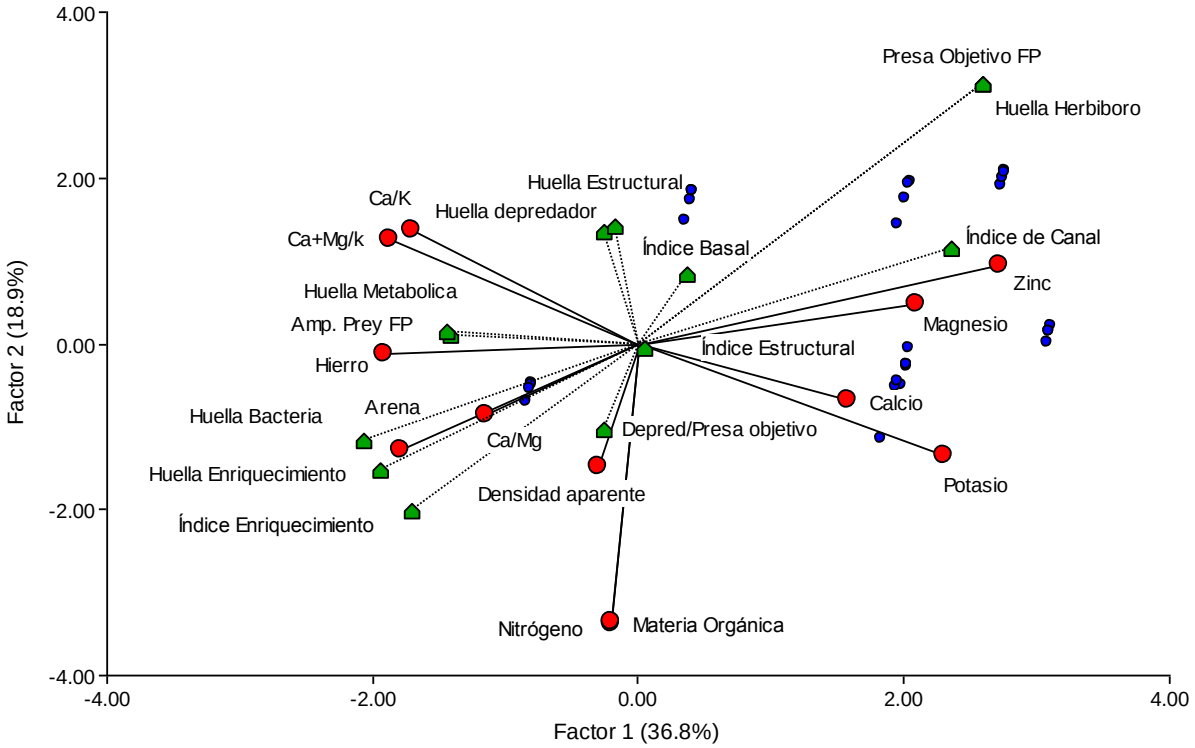

Figura 10. Visualización en el gráfico triplot de índices de la red alimentaria del suelo y características de suelo en plantaciones de café – banano y los elementos del análisis de suelo por finca en Jinotega, Nicaragua.

4.18 Discusión general

4.18.1 Fitonematodos en raíces de café

Se hizo un esfuerzo de presentar en una sola figura las correlaciones observadas entre la población de *Meloidogyne* en café, los tratamientos y las otras variables cuantificadas (Figura 11). En el análisis de los datos se encontró que el género de fitonematodos en las

raíces de café de mayor presencia fue *Meloidogyne* J2. Al correlacionar este género con los tratamientos se observó, que contrario al temor de los productores, la densidad poblacional de *Meloidogyne* en café fue menor donde hubo presencia de banano (Figura 5), encontrándose la mayor cantidad de individuos en el tratamiento café – leguminosa seguido de café a pleno sol. Al mismo tiempo este género presentó una relación significativa positiva con las poblaciones de *Pratylenchus* en banano (Figura 11).

El género *Meloidogyne* J2 se relacionó positivamente con el peso seco de la hojarasca en el suelo. Sin embargo, el tratamiento que presentó mayor cantidad de hojarasca seca fue CBL y en ese tratamiento la población de este género fue baja. El género *Meloidogyne* J2 también presentó relación significativa negativa con algunos de los índices de la red alimentaria del suelo como: Huella Enriquecimiento (nematodos clasificados como oportunistas de enriquecimiento, cp1), Huella Bacterívoro (representa los bacterívoros con respecto a la población de depredadores), Índice de Enriquecimiento (medida de bacterívoros oportunistas y nematodos fungívoros), y el cociente entre la Huella Depredador/Presa Objetivo (Depredadores/Fitonematodos). Quienes a su vez tuvieron relación significativa negativa con la hojarasca seca en el suelo. Según Ferris et ál. (s.f) las huellas de enriquecimiento y bacterívoros pueden ser indicadores de entrada de recursos en la red alimentaria del suelo, por lo que se podría decir que a mayor cantidad de hojarasca en el suelo estas huellas deberían aumentar, pero en este trabajo se encontró lo contrarío. Es posible que el aumento de estas huellas dependa también de la mayor cantidad de raíces en el suelo, es decir arvenses u otros cultivos y esta variable no fue medida a profundidad (Figura 11). La presencia de *Meloidogyne* J2 parece estar relacionada positivamente con la presencia en el suelo de los ectoparásitos de plantas, Criconematidae, Tylenchidae, *Helicotylenchus*, y con los endoparásitos *Pratylenchus* y el mismo *Meloidogyne*. Sin embargo, presentan una relación negativa con los nematodos del suelo como Rhabditidae, Prismatolaimidae, Alaimidae y Chromadoridae todos ellos bacterívoros. Se podría pensar que a mayor diversidad de cultivos en un sistema se tendrá mayor cantidad de raíces en el suelo, mayor peso de hojarasca, mayor cantidad de bacterívoros y todo ello ayudaría a bajar la población de *Meloidogyne* y todas esas características las encontramos en los tratamientos donde estaba presente el banano (Figura 11).

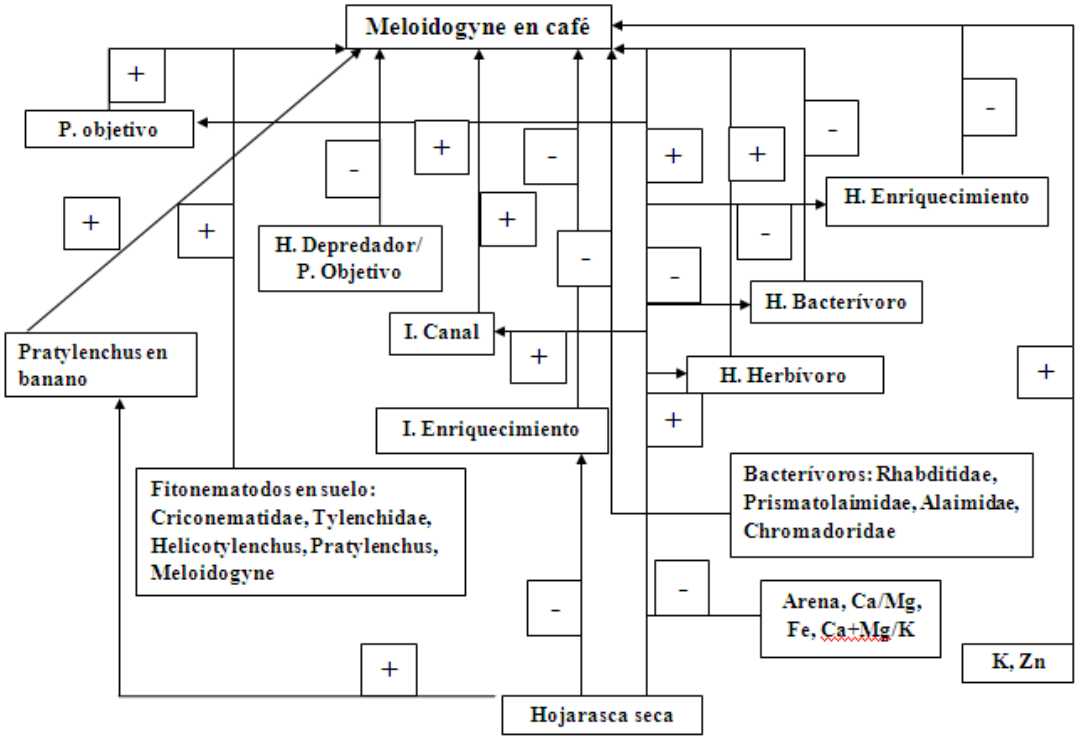

Figura 11. Relación de las diferentes variables evaluadas con el género *Meloidogyne* encontrado en 100 g de raíces de café, en Jinotega, Nicaragua.

El género *Meloidogyne* J2 presentó una relación significativa positiva con la Huella Herbívoro (bacterívoros y fungívoros), el Índice Canal (indicador de las vías predeterminantes de descomposición) y el índice Presa Objetivo (fitonematodos), todos ellos presentaron esa misma relación con la hojarasca seca del suelo. Esto podría indicar que cuando el suelo está cubierto de material vegetal seco los nematodos bacterívoros y fungívoros aumentaran, así como la cantidad de fitonematodos. Se observó que las poblaciones de *Meloidogyne* J2 se encontraron relacionadas positivamente con K y Zn y negativamente con el porcentaje de arena en el suelo, el cociente de la relación Ca/Mg y Fe. Avelino et ál. (2009), observaron en café en Costa Rica, una relación entre el género *Meloidogyne* (poblaciones entre 0 – 20,000 nematodos/100 g de raíz) y niveles altos de Mn y Fe (Mn: 19 – 65 mg/Kg^{-1} y Fe: 30 – 110 mg/Kg^{-1}), en nuestro suelo, el nivel de Fe anda muy por encima del nivel que ellos encontraron (Fe: 129 – 285.9 ppm). En la comunidad de Monterrey el contenido de arena se encuentra entre el rango de 39.52 y 73.52%. Avelino et ál. (2009) indican que género *Meloidogyne* aumenta cuando el contenido de arena está por encima del 46.7%. La comunidad

de Monterrey se encuentra a 1038 msnm, Avelino et ál. (2009) indican que este género se encuentra en menores cantidades cuando se encuentra por encima de los 1480 msnm.

La densidad poblacional del género *Pratylenchus* en café no se vio afectada por la presencia del banano en asocio con café, ya que no se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos CBL, C y CB. Este género presentó relación significativa negativa con *Pratylenchus* en banano por lo que se podría pensar que las raíces de banano son más atractivas para este género que las de café. Esto no concuerda con lo reportado por Morales (2001) quien encontró que en plantaciones de café – banano en Honduras las poblaciones de *Pratylenchus* en café no están relacionadas con la población de este mismo género en banano. Este género también presentó relación negativa significativa con la hojarasca seca de banano en el suelo, es decir que donde encontrábamos mayor cantidad de hojarasca de banano la población de este género disminuía (Figura 12).

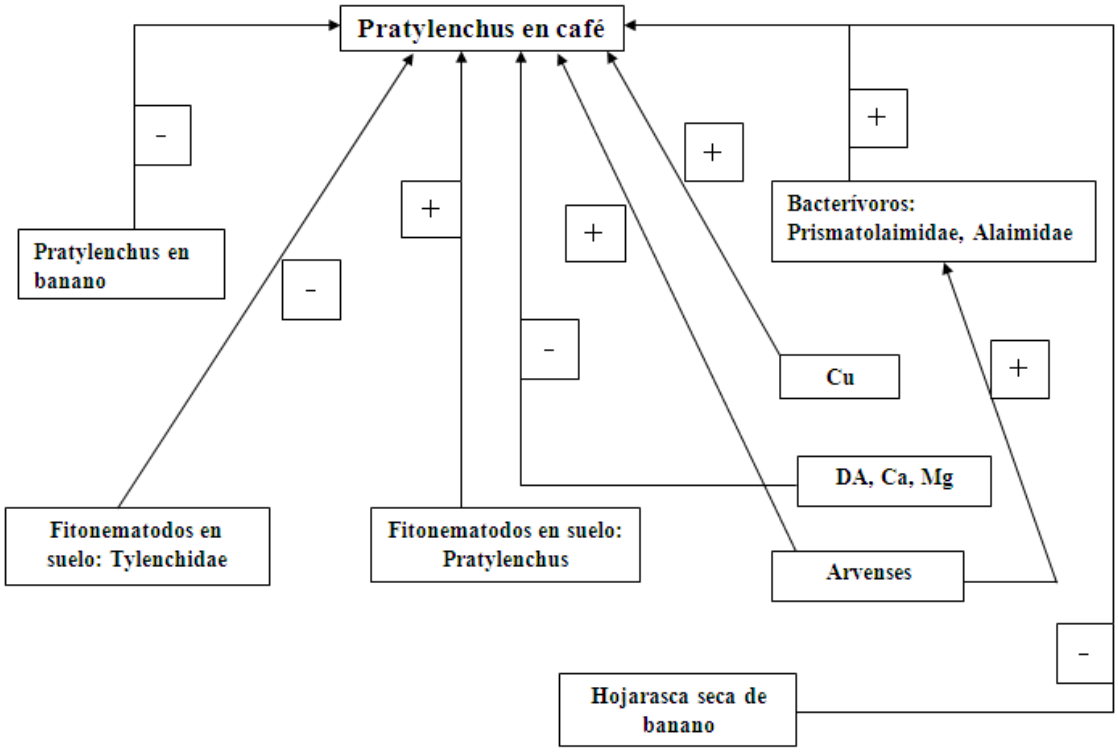

Figura 12. Relación de las diferentes variables evaluadas con el género *Pratylenchus* en café en 100 g de raíces de café, en Jinotega, Nicaragua.

El género *Pratylenchus* en café se relacionó negativamente con el fitonematodo Tylenchidae encontrado en el suelo. También se relacionó positivamente con las poblaciones de *Pratylenchus* encontradas en el suelo, así como los bacterívoros Prismatolaimidae y Alaimidae encontrados en el suelo. Al mismo tiempo el bacterívoro Prismatolaimidae se relacionó positivamente con la presencia de arvenses, posiblemente el tener la presencia de arvenses en el cultivo de café ayuda a aumentar la población de este bacterívoro. Este género presentó relación positiva con el Cu y relación negativa con DA, Ca y Mg presentes en el suelo (Figura 12). Esto no concuerda con lo reportado con Avelino et ál. (2009), quienes reportan que *Pratylenchus* posee relación con niveles altos de M.O y arena (M.O: 3.48 – 8.80, arena: 19.7 – 45.6) y con los niveles bajos de P y Zn (P: 1.3 – 4.3, Zn: 0.1 – 1.5).

4.18.2 Fitonematodos en raíces de banano

Las poblaciones de *Meloidogyne* en banano no presentaron diferencia significativa por la presencia de la leguminosa. Pero si se observaron relaciones positivas con el porcentaje de arena, Cu, Mn y Fe, y una relación negativa con Zn. A diferencia que el género *Meloidogyne* en las raíces de café, quien tuvo relación negativa con los bacterívoros, en las raíces de banano la relación es positiva con Rhabditidae y Alloionematidae (bacterívoros) (Figura 13).

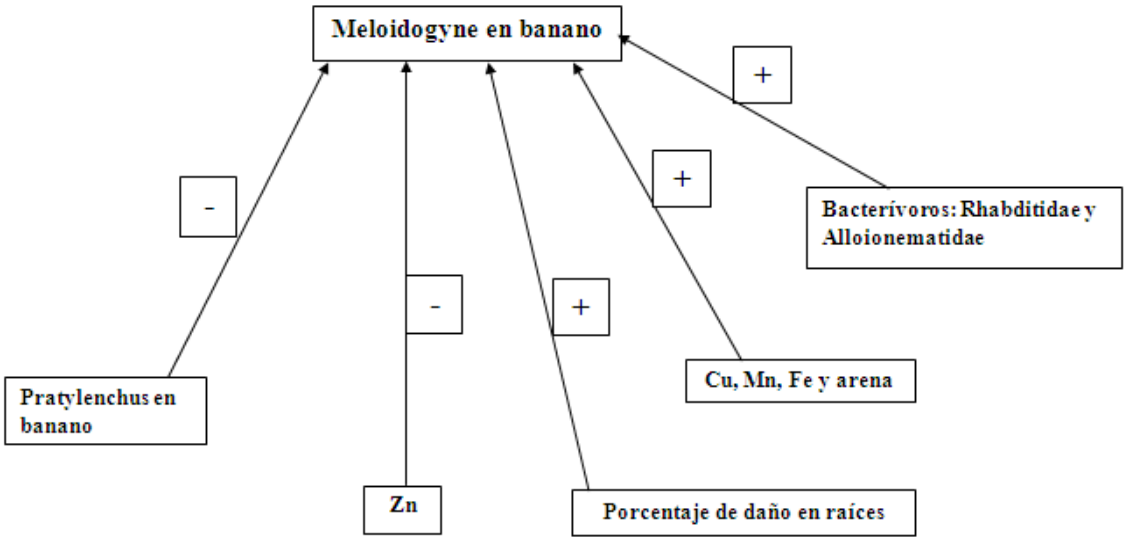

Figura 13. Relación entre las diferentes variables evaluadas con el género *Meloidogyne* encontrado en 100 g de raíces de banano, en Jinotega, Nicaragua.

En las raíces de banano la población del género *Pratylenchus* fue significativamente menor en presencia de leguminosa en el tratamiento CBL. El género *Pratylenchus* en las raíces de banano se encuentra relacionado positivamente con la presencia en el suelo de las familias Dorylaimidae (omnívoro), el ectoparásito Tylenchidae y los endoparásitos *Pratylenchus* y *Meloidogyne*. Sin embargo, tiene relación negativa con los bacterívoros Rhabditidae y Alaimidae. Como se puede observar este resultado si concuerda con el supuesto que a mayor diversidad de cultivos (tratamiento CBL) mayor la presencia de hojarasca y más bacterívoros que ayudan a la disminución del género *Pratylenchus* (Figura 14).

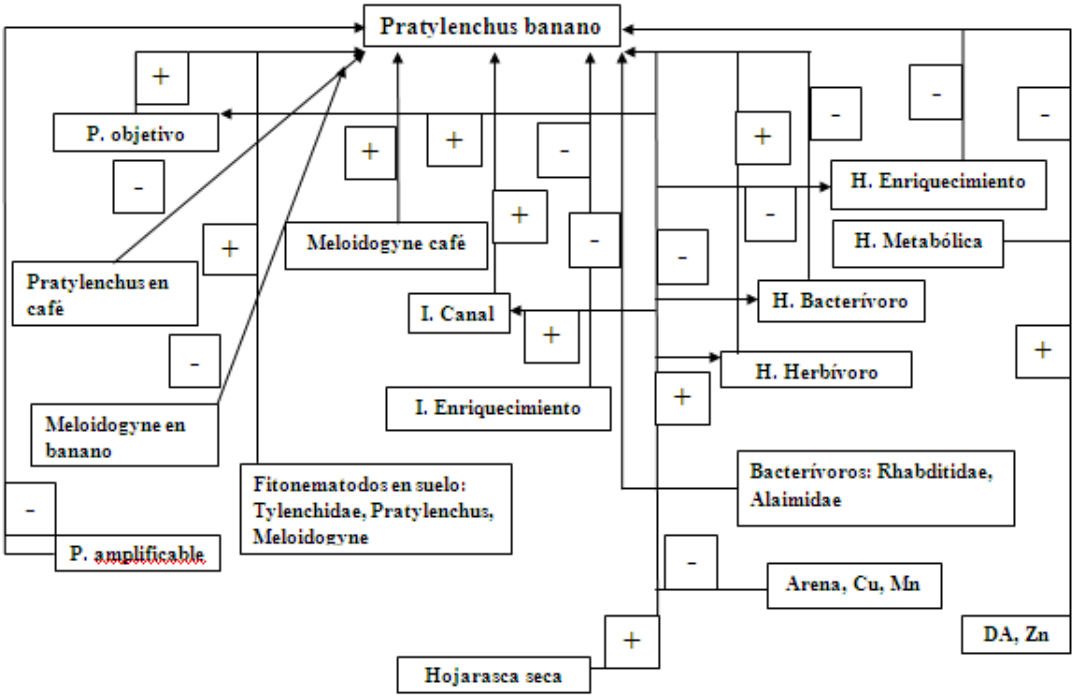

Figura 14. Relación entre las diferentes variables evaluadas con el género *Pratylenchus* encontrado en 100 g de raíces de banano, en Jinotega, Nicaragua.

El género *Pratylenchus* se relacionó positivamente con la peso seco de la hojarasca en el suelo, lo que podría indicar que a mayor peso seco de hojarasca mayor la densidad poblacional de este fitonematodo. Sin embargo, el tratamiento que presentó mayor cantidad de hojarasca seca fue CBL y en ese tratamiento la población de este género fue baja. El género *Pratylenchus* también presentó relación significativa negativa con algunos de los índices de la red alimentaria del suelo como: Huella Enriquecimiento (nematodos clasificados como oportunistas de enriquecimiento, cp1), Huella Bacterívoro (representa los recursos

bacterívoros disponibles sobresalientemente a los depredadores), Índice de Enriquecimiento (medida de bacterívoros oportunistas y nematodos fungívoros) y la Huella Metabólica (se calcula a partir de la biomasa y la actividad respiratoria). Quienes a su vez tuvieron relación significativa negativa con la hojarasca seca en el suelo. Según Ferris et ál. (s.f) las huellas de enriquecimiento y bacterívoros pueden ser indicadores de entrada de recursos en la red alimentaria del suelo, por lo que se podría decir que a mayor cantidad de hojarasca en el suelo estas huellas deberían aumentar, pero en este trabajo se encontró lo contrarío. Al igual que con el género *Meloidogyne* J2, es posible que el aumento de estas huellas dependa también de la otra entrada importante de materia orgánica al suelo, como son las raíces en el suelo, y esta variable no fue medida a profundidad (Figura 14).

El género *Pratylenchus* presentó relación significativa positiva con la Huella Herbívoro (bacterívoros y fungívoros), Índice Canal (indicador de las vías predeterminantes de descomposición) y Presa Objetivo (nematodos que se alimentan de las plantas), todos ellos presentaron esa misma relación con la hojarasca seca del suelo. Esto podría indicar que cuando el suelo está cubierto de material vegetal seco los nematodos bacterívoros y fungívoros aumentaran, así como la cantidad de fitonematodos que afectaran las raíces de las plantas. Este género presentó relación negativa con el porcentaje de arena, Cu y Mn y positiva con DA y Zn (Figura 14).

4.18.3 Nematodos en el suelo y los índices de la red alimentaría del suelo

En cuanto a la riqueza de nematodos del suelo, en este trabajo se identificaron 5 grupos tróficos, Salguero (2006) encontró 4 grupos en suelos bananeros de Costa Rica y Castellon (2009) encontró 5 grupos en suelos plataneros de Nicaragua. En esta investigación el grupo más descrito fue el de los bacterívoros con 47%, seguido de los fitonematodos con 29%, micófagos con 12% y con 6% tanto los depredadores como los omnívoros. En total se identificaron 14 familias y 3 géneros. La cantidad de nematodos del suelo puede ser afectada por las diferentes características climáticas, tipos de suelo, el manejo de los cultivos en las diferentes zonas o países (Yeates, 2003).

Los índices que se utilizan para describir la cadena trófica del suelo no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos. En parte podría deberse a que las condiciones de

los tratamientos no son muy diferentes entre sí. Por ejemplo, el tratamiento café a pleno sol se encuentra dentro de las mismas condiciones de manejo que el resto de los otros tratamientos y además no conocemos hace cuanto ese espacio se encuentra a pleno sol y las causas de la ausencia de sombra.

Los índices de la red alimentaria del suelo que presentaron mayor peso en el gráfico triplot fueron: 1) Presa Objetivo (nematodos que se alimentan de las plantas) y Huella Herbívoro (bacterias y hongos) se relacionaron fuertemente entre ellas mismas y además presentaron una relación positiva baja con Zn y fue negativa con el porcentaje de arena en el suelo y el cociente de Ca/Mg. 2) Índice Canal (indicador de las vías predeterminantes de descomposición) presentó una relación positiva fuerte con Zn y Mg y negativa con el porcentaje de arena y Fe. 3) La Huella Bacteriana (representa los recursos bacterívoros disponibles sobresalientemente a los depredadores), Huella de Enriquecimiento (nematodos clasificados como oportunistas de enriquecimiento, cp1) y el Índice de Enriquecimiento (medida de bacterívoros oportunistas y nematodos fungívoros) se encuentran fuertemente relacionados entre sí y presentaron relación positiva con Fe y el porcentaje de arena en el suelo y negativamente con Zn y Mg. Lo que nos podría indicar que las características del suelo más importantes para estos índices son los contenidos de Zn, Fe, Mg, Ca/Mg y el porcentaje de arena en el suelo.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El fitonematodo de mayor densidad poblacional tanto en raíces de café como en banano y en las muestras de suelo fue el género *Meloidogyne* J2.

2. La presencia de bananos en las plantaciones de café no incrementa las poblaciones de fitonematodos en las raíces de café.

3. La densidad poblacional del género *Meloidogyne* J2 en café fue menor en los tratamientos CB y CBL.

4. La densidad poblacional del genero *Pratylenchus* en banano fue menor en presencia de leguminosa.

5. A mayor cantidad de hojarasca en el suelo la densidad poblacional de *Meloidogyne* J2 en café y *Pratylenchus* en banano aumentaron.

6. Se puede observar que los fitonematodos de café y de banano, a pesar de ser del mismo género, no responden igual a las características físicas y químicas del suelo, esto podría indicar que no pertenecen a la misma especie.

7. El género *Meloidogyne* J2 en café disminuye cuando se tiene mayor cantidad de bacterívoros, es decir en los sistemas de mayor diversidad de cultivos, mientras que *Meloidogyne* J2 en banano aumenta.

8. Se encontraron cinco grupos tróficos en la comunidad de nematodos del suelo: bacterívoros, micófagos, depredadores, fungívoros, fitonematodos y omnívoros, teniendo más representación los bacterívoros.

9. No se encontró ningún efecto significativo entre los índices de la red alimenticia del suelo y los diferentes tratamientos, excepto en el cociente entre la huella depredador y presa objetivo que mostró diferencia significativa entre el tratamiento CB y los otros tres tratamientos.

5.2 Recomendaciones

1. Realizar más investigaciones sobre fitonematodos y nematodos de vida libre en las diferentes zonas cafetaleras de Nicaragua, con mayor tamaño de muestra y que incluyan las dos estaciones del año.

2. Profundizar los estudios sobre los índices de la red alimentaria del suelo y su relación con las características físico – químicas del suelo.

3. Para poder hacer un estudio muy detallado de los índices de la red alimentaria del suelo deben hacerse análisis de materia orgánica, raíces presentes y biomasa microbial en los diferentes tratamientos a evaluar.

4. En estudios de fitonematodos en sistemas agroforestales (SAF) debe utilizarse la biología molecular para poder llevar la identificación de estos organismos hasta especie.

6 BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, M. 2004. Matéria Orgânica e Indicadores Biológicos da Qualidade do Solo na Cultura do Café sob Manejo Agroflorestal e Orgânico. Tesis Doctoral. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

Andrés, MF. 2003. Nematodos parásitos de plantas en suelos agrícolas. Localización: Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, ISSN 1131-8988, Nº 149, 2003, pags. 33-42. Encontrado en http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=631474. Consultado el 3 de enero 2011.

Araya, M. 1994. Distribución y niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en ocho cantones productores de café en Costa Rica. Agronomía Costarricense 18(2); 183-187. Encontrado en http://www.mag.go.cr/rev_ag/v18n02_183.pdf consultado el 05 de noviembre del 2011.

Araya, M. 1995. Efecto depresivo de ataques de *Radopholus similis* en banano (*Musa* AAA). CORBANA 20(43):3-6, 1995.

Araya, M.; Centeno, M. y Carillo, W. 1995. Densidades poblacionales de los nematodos parásitos del banano (Musa AAA) en nueve cantones de Costa Rica. CORBANA 20 (43):6-11.

Araya, M. 2002. Metodología utilizada en el laboratorio de nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB). CORBANA 28(55):97-110, 2002.

Araya, M. 2003. Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el trópico americano. Actas del Taller "Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas", celebrado en Guayaquil, Ecuador. 11-13 de agosto, 2003. Editores: Galileo Rivas y Franklin Rosales.

Araya, M. 2004. Los fitonematodos del banano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery y Williams) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional ACORBAT 2004.

Arias, P.; Dankers, C.; Liu, P.; Pilkauskas, P., 2004. Economía Mundial de Banano 1985 – 2002. Encontrado en http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s04.htm#TopOfPage. Consultado el 22 de Octubre de 2010.

Avelino, J. Bouvret, M, Salazar, L. Cilas, Ch. 2009. Relationships between ago-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* sensu lato in coffee roots, in Costa Rica.

Balmaceda, M. y Cruz, S. 1998. Comportamiento de nematodos fitoparasitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café, Masatepe, Masaya. Tesis Licenciatura. Universidad Centroamericana, UCA. Managua, Nicaragua

Bongers, Tom. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia (1990) 83:14-19

Campos, V.P. Savapalan, P. y Gnanapragasam, N.C. 1990. Nematode Parasites of Coffee, Cocoa and Tea. Chapter 12 Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (eds) © CAB International

Castellón, J. 2009. Estudio de poblaciones de fitonemátodos, nematodos de vida libre, hongos endofíticos y su relación con propiedades físicas y químicas del suelo en el cultivo del plátano en Rivas – Nicaragua. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Castillo, C. y Hernández, M. 2005. Evaluación de opciones alternativas al uso de agroquímicos para el manejo de nematodos fitoparasitos en el cultivo del café en fincas de Masaya, Carazo y Ganada. Trabajo de diploma, Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Encontrado en http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10c352.pdf. Consultado el 2 de enero de 2011.

Censo Nacional Agropecuario - Instituto Nicaragüense de Estadística y Censos (CENAGO). CENAGO – INEC. 2004.

Chávez, C. y Araya, M. 1998. Correlación lineal de la población total de nematodos con el porcentaje de raíz funcional en muestreos nematológicos de banano (*Musa* AAA) en el Ecuador. Pp: 556-554. En XIII Reunión ACORBAT, Guayaquil, Ecuador, 1998.

Chávez, C. y Araya, M. 2001. Frecuencia y densidades poblacionales de los nematodos parásitos de las raíces del banano (Musa AAA) en Ecuador. Nematrópica 31:25-36.

Chávez-Velasco, C.; Solórzano-Figueroa, F. & Araya-Vargas, M. 2009. Relación entre nematodos y la productividad del banano (Musa AAA) en Ecuador. Agronomía Mesoamericana 20(2):351-360.2009 encontrado en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v20n2_351.pdf consultado el 25 de octubre 2010.

Chistie, J. 1970. Nematodos de los Vegetales, su Ecología y Control. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D), México/Buenos Aires.

Cerda, R. 2008. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el valle de Talamanca, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Crozzoli, R. Nematodos. Encontrado en http://es.scribd.com/doc/59212037/1Nematodos consultado el 06 de noviembre del 2011.

Cuadras, S. El Café de Nicaragua, una exaltación de calidad. Encontrado en http://www.forum-cafe.com/documents/264.pdf. Consultado el 11 de Agosto de 2010.

DaMatta, F. & Rodríguez, N., 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotropico: una visión agronómica y agrofisiológica. Agronomía Colombiana 25(1), 113-123, 2007.

Departamento de Agricultura servicio de investigación agrícola (USDA) 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.

Días, I. y Crozzoli R. 1995. Efecto del nematodo agallador *Meloidogyne exigua* sobre el crecimiento de plantas de café en vivero. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Encontrado en http://brokert10.fcla.edu/DLData/SN/SN03919749/0023_002/vol23_2x.pdf. consultado el 31 de agosto 2010.

FAOSTAT, 2010. Producción de productos alimenticios y agrícolas. En línea. Encontrado en http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx. Consultado el 26 de diciembre de 2010.

Ferreira, I. y Crozzoli, R. 1995. Efectos del nematodo agallador *Meloidogyne exigua* sobre el crecimiento de plantas de café en vivero. Nematol. Medit. (1995), 23:325-328.

Ferris, H. Sánchez-Moreno, S. y Brennan, E.B. s.f. Structure, Functions and Interguild Relationships of the Soil Nematode Assemblage in Organic Vegetable Production. Nematode Assemblages in an Organic Vegetable System.

FHIA, 2007. Consideraciones prácticas para muestreo e identificación de nematodos. Encontrado en http://www.fhia.org.hn/C1F824E8-DB57-4C4E-ADA4-0669D762DF76/FinalDownload/DownloadId-CCE01F2EFC8ACB5134E420B7D2647CC5/C1F824E8-DB57-4C4E-ADA4-0669D762DF76/dowloads/Noticias%20de%20la%20FHIA%208.pdf. Consultado el 31 de agosto 2010.

Figueroa, P. y García, J. 2010. Fluctuación de poblaciones de nematodos en el cultivo del café. Encontrado en http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Magazines/2010-10/68/REVISTA%20OCT%20preview.pdf consultado el 5 de noviembre 2010.

García, P. y Pantoja, N. 1990. Distribución y niveles poblacionales de nematodos asociados al cafeto en la VI Región, Nicaragua. Memoria del I taller regional sobre nematodos del café. Turrialba Costa Rica 1990. Encontrado en http://books.google.co.cr/books?id=ceoqAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false consultado en 05 de enero 2012.

George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Gómez, M. y Montes, M. s.f. Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futuras. Encontrado en http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf consultado el 05 de Noviembre 2010.

Guzmán, O. y Castaño, J. 2004. Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en el plátano Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds), África, FHIA 20 y FHIA 21 en la ganja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. Encontrado en http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_28/107/295-301.pdf Consultado el 31 de agosto 2010.

Hernández, A., Fargette M. and Sarah J. L. (2004). Characterisation of ***Meloidogyne*** spp. (Tylenchida: Meloidogenidae) from coffee plantations in Central America and Brazil. Nematology, 2004, Vol. 6(2), 193-204.

Herrera, I., T. Bryngelsson and A. Monzón. 2011. Occurrence of Meloidogyne sp. and Pratylenchus sp. in conventional and organic coffee systems in Nicaragua. Nematropica 41:82-90.

Herrera, S., I. C. & Marbán-Mendoza, N. 1999. Efecto de coberturas vivas de leguminosas en el control de algunos fitonemátodos del café en Nicaragua. Nematrópica 29:223-232. Encontrado en http://brokert10.fcla.edu/DLData/NM/NM00000002/NM00995444/29_2/00P0475P.pdf consultado el 13 de octubre 2010.

Hodda, M; Stewart, E; Fitzgibbon, F. 1999. Nematodes: Useful indicators of soil conditions. A report for the rural industries research and development corporation, Australia. Publication no. 98/141, 44 p

INETER, 2010. Descripción taxonómica de los suelos a nivel de orden. En línea. Encontrado en http://www.ineter.gob.ni/caracterizaciongeogafica/capitulo7.3.html

Inomoto, M. y Oliveira, C. 2008. Coffe – Associated *Pratylenchus* spp. – Ecology and Interactions with Plants. R.M. Souza (ed.), Plant – Parasitic Nematodes of Coffee, © Springer Science + Business Media B. V.

Lemmon, Paul E., 1956, A Spherical Densiometer for Estimating Forest Overstory Density; Forest Science 2(4)314-320

Macías, N. s.f. Principales enfermedades del cultivo del cafeto. Encontrado en http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/ Consultado el 5 de noviembre 2010.

Marbán-Mendoza, N. 1994. Nematodos fitopatógenos de café en Centro América e intentos de su manejo. Boletín PROMECAFE No. 62 enero – marzo 1994.

McIntyre, B., Speijer, Paul., Riha, Susan. y Kizito, Fred. 2000. Effects of Mulching on Biomass, Nutrients, and Soil Water in Banana Inoculated with Nematodes. Published in Agron. J. 92:1081-1085 (2000).

Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, 2006. Propuesta Metodológica para la Evaluación de Servicios Ambientales. ANACAFE, CATIE, Costa Rica. Encontrado en

http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/cafnet_servicios_ambientales.pdf Consultado el 21 de noviembre 2010.

Methods for Assessing Soil Quality SSSA Spec. Publ. Nº 49

Morales, J. 2001. Poblaciones de nematodos fitoparasitos (*Pratylenchus* sp y *Meloidogyne* sp) en plantaciones mixtas de café y musáceas. Tesis Ingeniero en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

Neher, D.; Bongers, T. y Ferris, H. 2004. Computation of Nematode community indices. Society of Nematologists Workshop. Encontrado en http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/FerrisPublications/PublicationsLimitedDistribution.htm Consultado el 01 de julio del 2011.

NEMAPLEX, 2010. Introduction to nematodes. On Line. Encontrado en http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/General/Intronem.htm. Consultado el 20 de Noviembre de 2010

NEMAPLEX, 2010. Phylum Nematoda. On Line. Encontrado en http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxadata/Classes.htm Consultado el 3 de diciembre del 2010.

NEMAPLEX, 2010. Soil Food Webs. On Line. Encontrado en http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Ecology/foodwebs.htm. consultado el 4 de diciembre 2010.

Norton, D. 1989. Abiotic Soil Factors and Plant-parasitic Nematode Communites. Journal of Nematology 21 (3): 299 – 307. 1989. © The Society of Nematologists 1989.

Pattison, A; Badcock, K; Armour, J; Moody, P; Velupillai, R; Cobon, J; Lindsay, S; Gulino, L; Smith, L. 2004. Using nematodes as bioindicators for soil health in bananas. In Super soil. Proceedings of the international soil science conference.

Pattison, A.B. 2006. Efectos del manejo de fincas bananeras en la salud del suelo y nematodos fitoparasitos en Costa Rica. Informe final. Queensland The Smart State.

Pinochet, J. y Ventura, O. 1980. Nematodes associated with agricultural crops in Honduras. Turrialba: Vol 30, No. 1, Trimestre Enero – Marzo 1980. Encontrado en http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0779e/A0779e01.html Consultado el 01 de diciembre 2011

Pinochet, J. y Guzmán, R. 1987. Nematodos asociados a cultivos agrícolas en El Salvador: su importancia y manejo. Turrialba Vol, 37, No. 2, 1987, pp. 137 – 146. Encontrado en http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001828 consultado el 01 de diciembre 2011

Quezada, E. 1999. Uso de abonos orgánicos como supresores de fitonemátodos del cultivo de banano (*Musa* AAA). Tesis gado de Licenciatura EARTH, Guácimo, Costa Rica. Pág. 103. Encontrado en http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/abonos_supresores_de_fitonematodos.pdf consultado el 06 de noviembre 2010

Rivas, Ch. 2008. El Café en Nicaragua, Análisis y Descripción del Comportamiento del Rubro. Encontrado en http://www.monogafias.com/trabajos-pdf/cafe-nicaragua/cafe-nicaragua.pdf consultado el 10 de agosto 2010.

Romero, A. 2010. Efecto de los sistemas agroforestales del café y del contexto del paisaje sobre la roya (*Hemileia vastatrix),* broca *(Hypothenemus hampei* (Ferrari) y los nematodos (*Meloidogyne* spp.), con diferentes certificaciones en la provincia de Cartago, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Rosales, J. A. s.f. Importancia de los nematodos, su muestreo. El café en Nicaragua No. 4.

Rosales, F.E; Pocasange, L. E; Trejos, J; Serrano, E. & Peña, W. 2008. Guía de diagnostico de la calidad y salud de suelos bananeros. (FE Rosales, ed.). Bioversity Internacional, Montpellier, Francia.

Salguero, B. 2006. Caracterización de nematodos de vida libre como bioindicadores de calidad y salud de suelos bananeros en Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Siles, P; Bustamante, O; Deras, M; Matute, O; Aguilar, C; Rojas, J; Castellon, J; Burkhardt, J; Staver, Ch. 2010. Bananos en cafetales con árboles en América Latina: estrategias preliminares para mejorar su productividad, rentabilidad y sostenibilidad. XIX Reunión Internacional ACORBAT. Medellín, Colombia, 2010.

Souza, R. M.; Volpato, A. R. & Viana, A. P. 2007. Field assessment of different sampling strategies for coffee plantations parasitized by Meloidogyne exigua. NEMATROPICA Vol. 37, No. 2, 2007. Solo en línea. Encontrado en http://brokert10.fcla.edu/DLData/SN/SN00995444/0037_002/345-355.pdf consultado el 26 de Octubre de 2010.

Talavera, M. 2003. Manual de Nematología Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Institut de Recerca i Formació agraria i pesquera. Conselleria d' Agricultura i Pesca de les illes Balears. Encontrado en http://www.caib.es/govern/archivo.do?id=37762. Consultado 3 de diciembre 2010.

Taylor, A.L. 1968. Introducción a la nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nematodos parásitos de las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1968.

Trejo, M. Barrios, E. Turcios. W, Barreto. H. 1999. Instrumento metodológico para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales.

Varela, I. 2005. Caracterización de la nematofauna en un sistema natural y cuatro sistemas agrícolas con diferente manejo agronómico, en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae, Universidad Nacional, Costa Rica.

Villain, L; Hernández, A; Anzueto, F. 2008. Chapter 14 Central America. Plant-Parasitic Nematodes of Coffee, R.M. Souza (ed).

Wolfe, D. 2002. ¿Qué es salud del suelo? Itaca, NY. Consultado el 3 de enero 2011. Actualizado el 16 de mayo del 2003. Derechos reservados en 2002 por TropSCORE. Encontrado en http://mulch.mannlib.cornell.edu/sp/salud.html

Yeates, G.W. y Bongers, T. 1999. Nematode diversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems y Environment Volumen 74, Issues 1-3, June 1999, pages 113-135

Yeates, G.W. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. Biol Fertil Soils 37:199-210.

Yépez, Gerardo. 1972. Los Nematodos, enemigos de la agricultura. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola. Maracay, Venezuela.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta a productores

Estimado productor le pido me permita hacerle esta pequeña encuesta sobre el manejo que usted le da a su finca, estos datos serán utilizados en la realización de mi tesis para optar al gado de *Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica, en el CATIE Costa Rica. Agradezco de antemano la información brindada.

Nombre del productor _____ Comunidad _____

1. Actividad económica	**Respuesta**
A quien vende la producción de café?	
A quien vende su producción de banano?	

2. Cultivar y años de cultivo del lote de café en estudio			
Cultivo/Variedad	**Edad promedio de la plantación de café**	**Área (mz)**	**Área (ha)**

3. Cultivar y años de cultivo del lote de banano en estudio			
Cultivo/Variedad	**Edad promedio de la plantación de banano**	**Área (mz)**	**Área (ha)**

4. Manejo de la fertilidad del suelo del lote seleccionado para el estudio					
Indicador	**Si**	**No**	**Fórmula**	**Ciclos/año**	**Kg/ha/año**
Fertilizantes					
Fertilizantes foliares					
Abono orgánico (tipo)					
Encalado					
Otros					
Fecha de última vez que aplicó antes del muestreo					

5. Manejo fitosanitario del café					
Indicador	**Si**	**No**	**Cuál?**	**Ciclos/año**	**Kg/ha/año**
Nematicidas					
Insecticidas					
Plaguicidas orgánicos					
Prácticas culturales de manejo de enfermedades					
Prácticas culturales de manejo de broca					
Prácticas culturales de manejo de nematodos					
Prácticas culturales de manejo de arvenses					
Poda de árboles o manejo de sombra					

6. Manejo fitosanitario de banano					
Indicador	**Si**	**No**	**Cuál?**	**Ciclos/año**	**Kg/ha/año**
Nematicidas					
Insecticidas					
Plaguicidas orgánicos					
Prácticas culturales de manejo de enfermedades					
Prácticas culturales de manejo de broca					
Prácticas culturales de manejo de nematodos					
Prácticas culturales de manejo de arvenses					
Poda de árboles o manejo de sombra					

7. Tiene usted problemas de nematodos en su cafetal?			
Si	**No**	**En toda la finca?**	**Por sectores? Donde?**

Muchas Gracias.

Anexo 2. Características físico-químicas del suelo en las 28 fincas de la comunidad de Monterrey, Jinotega, Nicaragua. (F.A: Franco Arenoso, F.A.A: Franco Arenoso Arcilloso

Finca	pH	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Arcilla	Limo	Arena	Textura	Ca+Mg/k	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1	5.50	7.13	0.36	11.10	0.80	21.50	7.70	164.30	8.80	18.00	4.90	18.28	28.36	53.36	F.A	36.50	2.79	26.88	9.63
2	5.40	4.57	0.23	5.00	0.80	16.90	5.90	191.70	9.10	20.80	12.00	20.64	24.00	55.36	F.A.A	28.50	2.86	21.13	7.38
3	6.00	6.20	0.31	6.70	0.40	14.70	2.60	210.60	7.10	9.40	8.50	22.28	31.64	46.08	Franco	43.25	5.65	36.75	6.50
4	5.90	6.43	0.32	13.90	0.80	22.20	7.00	174.30	3.20	10.80	5.70	14.28	27.64	58.08	F.A	36.50	3.17	27.75	8.75
5	5.50	4.63	0.23	6.20	0.40	15.10	4.30	188.60	12.40	12.60	20.90	21.92	32.00	46.08	Franco	48.50	3.51	37.75	10.75
6	5.60	4.66	0.23	2.50	0.60	15.40	4.20	129.00	7.00	17.10	5.20	22.12	31.80	46.08	Franco	32.67	3.67	25.67	7.00
7	5.90	7.25	0.36	16.70	0.70	18.70	7.90	189.30	4.30	13.00	8.10	14.12	25.80	60.08	F.A	38.00	2.37	26.71	11.29
8	5.70	6.82	0.34	19.60	0.40	14.40	3.50	205.60	11.70	10.90	14.40	18.12	23.80	58.08	F.A	44.75	4.11	36.00	8.75
9	5.60	7.40	0.37	17.00	1.10	20.00	7.10	200.60	7.40	14.60	12.50	22.12	31.44	46.44	Franco	24.64	2.82	18.18	6.45
10	5.60	7.54	0.38	2.80	0.90	26.60	7.80	171.50	5.00	16.80	14.30	22.12	31.44	46.44	Franco	38.22	3.41	29.56	8.67
11	5.50	7.33	0.37	13.40	0.60	13.10	3.10	203.40	12.20	17.40	21.80	18.12	33.08	48.80	Franco	27.00	4.23	21.83	5.17
12	5.30	6.93	0.35	5.30	0.40	14.60	2.50	176.20	12.20	17.60	10.80	16.12	31.08	52.80	F.A	42.75	5.84	36.50	6.25
13	5.80	6.96	0.35	12.90	0.50	15.10	3.90	202.30	14.20	10.30	11.40	18.48	28.72	52.80	F.A	38.00	3.87	30.20	7.80
14	6.00	7.34	0.37	6.80	0.30	15.10	3.30	202.10	6.40	8.60	7.30	11.20	22.00	66.80	F.A	61.33	4.58	50.33	11.00
15	5.20	6.89	0.34	13.40	0.40	10.70	2.30	186.50	22.30	17.30	13.50	15.20	24.00	60.80	F.A	32.50	4.65	26.75	5.75
16	5.10	4.32	0.22	10.60	0.40	10.70	4.30	271.90	23.00	6.90	20.20	16.84	43.64	39.52	Franco	37.50	2.49	26.75	10.75
17	5.60	6.58	0.33	2.80	0.50	16.10	4.60	264.50	36.70	8.70	48.20	7.88	18.60	73.52	F.A	41.40	3.50	32.20	9.20
18	5.70	6.83	0.34	5.50	0.50	21.30	5.10	285.90	17.80	3.30	20.30	10.88	20.96	68.16	F.A	52.80	4.18	42.60	10.20
19	5.90	6.24	0.31	11.60	0.80	17.90	7.60	255.00	28.90	9.10	41.70	9.88	27.60	62.52	F.A	31.88	2.36	22.38	9.50
20	5.70	6.35	0.32	8.80	0.50	15.40	6.20	268.60	29.00	6.60	39.50	12.52	28.96	58.52	F.A	43.20	2.48	30.80	12.40
21	5.60	5.02	0.25	6.60	0.50	12.80	5.20	271.60	37.80	8.00	44.80	11.88	34.60	53.52	F.A	36.00	2.46	25.60	10.40
22	5.70	4.17	0.21	5.50	0.40	16.60	4.60	273.80	38.30	5.60	32.90	10.88	25.60	63.52	F.A	53.00	3.61	41.50	11.50
23	5.20	3.90	0.20	4.80	0.30	13.30	3.80	271.80	30.50	4.30	30.20	18.88	22.60	58.52	F.A	57.00	3.50	44.33	12.67
24	5.40	3.31	0.17	7.20	0.20	10.90	3.90	281.50	22.30	3.20	16.90	20.24	29.24	50.52	Franco	74.00	2.79	54.50	19.50
25	5.40	3.93	0.20	5.10	0.30	10.40	3.30	282.20	13.40	3.50	11.10	11.96	26.52	61.52	F.A	45.67	3.15	34.67	11.00
26	5.50	5.28	0.26	6.50	0.30	16.50	3.70	278.10	21.70	2.70	28.10	12.32	23.16	64.52	F.A	67.33	4.46	55.00	12.33
27	5.50	3.93	0.20	8.50	0.90	14.20	3.00	276.40	52.70	8.20	45.90	12.32	26.16	61.52	F.A	19.11	4.73	15.78	3.33
28	5.70	3.90	0.20	7.90	0.20	16.70	6.20	282.60	22.70	2.90	33.80	15.32	25.80	58.88	F.A	114.50	2.69	83.50	31.00