

**COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE NEMATODOS
FITOPARÁSITOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA PIÑA MD-2
(*Ananas comosus*) (L.) Merr. CON MANEJO ORGÁNICO Y
CONVENCIONAL AL FORZAMIENTO, EN GUATUSO AREA DE
INFLUENCIA DE PROAGROIN ZONA NORTE**

RONNY BARRANTES RAMIREZ

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

**COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE NEMATODOS
FITOPARÁSITOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA PIÑA MD-2
(*Ananas comosus*) (L.) Merr. CON MANEJO ORGÁNICO Y
CONVENCIONAL AL FORZAMIENTO, EN GUATUSO AREA DE
INFLUENCIA DE PROAGROIN ZONA NORTE**

RONNY BARRANTES RAMIREZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

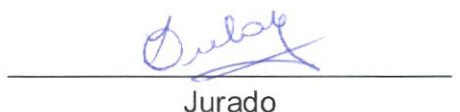
Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M.Sc.


Asesor

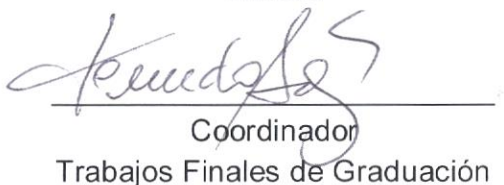
Ing. Agr. Luis Salazar Figueroa, M.Sc.


Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.


Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.


Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.


Director Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi Señor todo poderoso por darme la luz que siempre he necesitado al final del camino y por darme la fuerza necesaria en los momentos en que más he necesitado.

A mis padres, Alfredo Barrantes Méndez y Sara Luz Ramírez Mora porque en este proyecto veo reflejado el esfuerzo que han hecho de toda una vida, muchas gracias por darme la mejor herramienta para un mejor futuro. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos (Alfredo, Marvin, Kathya, Rainier y Roger) y sus familias por brindarme su apoyo y siempre confiar en mí. Gracias por su apoyo.

A todas las personas que de una u otra manera han hecho de mí la persona que soy hoy. Gracias por ser como son y estar donde están.

AGRADECIMIENTO

Hay tantas personas a quienes agradecer!!!

Al Ing. Joaquín Durán Mora, por sus valiosos aportes y gran ayuda para que este proyecto llegara a buen término.

Al Ing. Luis Salazar Figueroa, por brindar su apoyo incondicional para la realización de esta investigación y sus valiosas revisiones.

A la Ing. Zulay Castro Jiménez, por su dirección, importantes consejos y revisiones de este documento.

Al Ing. Carlos Arce Calderón, por su ayuda en el proceso de revisión de la parte estadística de este documento.

A todos mis profesores por sus valiosas enseñanzas y por su ayuda en el proceso de formación como profesional.

A la Fundación PROAGROIN y su equipo de trabajadores especialmente a la encargada de investigaciones Jessica Linares Orozco, por su dedicación en la elaboración de este proyecto.

A los productores de piña de la zona de Guatuso que facilitaron sus proyectos piñeros para los muestreos necesarios en la elaboración de esta investigación.

A todos mis compañeros del Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos los cuales forman parte de una gran familia a la que pertenezco, gracias por estar hay siempre cuando los necesite. Muchas gracias.

A mi novia Magaly Aguilar Solís y su familia por hacerme sentir parte de su maravillosa familia y por su apoyo sincero.

“Gracias a todos por ser como son y estar donde están”

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis descriptiva.....	2
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del cultivo de piña.....	4
2.1.1 Taxonomía.....	4
2.1.2 Origen y dispersión	4
2.1.3 Características del híbrido MD-2	4
2.1.4 Ciclo cultivo de piña MD-2	5
2.1.5 Descripción botánica.....	5
2.1.5.1 Raíces	6
2.1.5.1.1 Raíz primaria.....	6
2.1.5.1.2 Raíces adventicias	7
2.1.5.2 Tallo.....	7
2.1.5.3 Hojas	8
2.1.5.4 Pedúnculo	8
2.1.5.5 Flor.....	8
2.1.5.6 Fruto	9
2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos.....	9
2.1.6.1 Altitud.....	9

2.1.6.2	Temperatura.....	9
2.1.6.3	Radiación solar	10
2.1.6.4	Precipitación.....	10
2.1.6.5	Suelos.....	11
2.1.7	Manejo agronómico del cultivo de piña	11
2.1.7.1	Manejo convencional	11
2.1.7.2	Manejo orgánico.....	13
2.2	Nematodos fitoparásitos	15
2.2.1	Características de los nematodos fitoparásitos	15
2.2.2	Anatomía de los nematodos fitoparásitos	15
2.2.3	Ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos	17
2.2.4	Alimentación de los nematodos fitoparásitos	18
2.2.5	Ecología y diseminación de los fitonematodos	19
2.2.6	Clasificación de los fitonematodos	19
2.2.7	Algunos factores que afectan a los nematodos fitoparásitos	20
2.2.7.1	Humedad.....	21
2.2.7.2	Temperatura.....	21
2.2.7.3	Suelo	21
2.2.7.4	Condición fisiológica del huésped	22
2.2.8	Síntomas causados por algunos nematodos en piña.....	22
2.2.9	Géneros de nematodos que afectan el cultivo de piña.....	23
2.2.9.1	Género <i>Meloidogyne</i>	24
2.2.9.2	Género <i>Pratylenchus</i>	25
2.2.9.3	Género <i>Rotylenchulus</i>	26
2.2.9.4	Género <i>Helicotylenchus</i>	27
3.	MATERIALES Y METODOS	28
3.1	Ubicación.....	28
3.2	Definición de la población y las muestras.....	29
3.3	Muestreos realizados.....	29

3.4	Variables descritas	30
3.5	Manejo de la investigación	31
3.5.1	Manejo en campo	31
3.5.1.1	Labores en campo al recolectar muestras para análisis nematológico	31
3.5.2	Procedimiento en laboratorio para extracción de nematodos.....	31
3.5.2.1	Centrifugación-flotación en solución azucarada (Suelo)	32
3.5.2.2	Centrifugación-flotación en solución azucarada (raíces)	32
3.6	Análisis estadístico	33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	Identificación de géneros de nematodos fitoparásitos	34
4.1.1	Muestras de raíces en plantaciones convencionales.....	34
4.1.2	Muestras de suelo en plantaciones convencionales.	35
4.1.3	Muestras de raíces en plantaciones orgánicas	37
4.1.4	Muestras de suelo en plantaciones orgánicas	38
4.2	Frecuencia de géneros de nematodos fitoparásitos	39
4.2.1	Frecuencia de nematodos en muestras de raíces, plantaciones convencionales	40
4.2.2	Frecuencia de nematodos en muestras de suelo, plantaciones convencionales	41
4.2.3	Frecuencia de nematodos en muestras de raíces, plantaciones orgánicas.....	42
4.2.4	Frecuencia de nematodos en muestras de suelo, plantaciones orgánicas.....	43
4.3	Densidad de géneros de nematodos fitoparásitos	44
4.3.1	Densidad poblacional de nematodos en muestras de raíces, plantaciones convencionales	44
4.3.2	Densidad poblacional de nematodos en muestras de suelo, plantaciones convencionales	46
4.3.3	Densidad poblacional de nematodos en muestras de raíces, plantaciones orgánicas	48
4.3.4	Densidad poblacional de nematodos en muestras de suelo, plantaciones orgánicas	50

4.4	Correlaciones entre variables de desarrollo y clima vs densidad de nematodos fitoparásitos	52
4.4.1	Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales	53
4.4.2	Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales	54
4.4.3	Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas	55
4.4.4	Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas	56
4.4.5	Química de suelo, Temperatura, Humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales	57
4.4.6	Química de suelo, Temperatura, Humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales	59
4.4.7	Química de suelo, Temperatura, Humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas	61
4.4.8	Química de suelo, Temperatura, Humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas	63
4.5	Comparación entre densidades poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces y suelo en plantaciones de piña bajo manejo orgánico y manejo convencional	64
5.	CONCLUSIONES	66
6.	RECOMENDACIONES	68
7.	LITERATURA CITADA	69
8.	ANEXOS	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Identificación del productor, ubicación y código asignado según tipo de manejo de la finca, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en la zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.	28
2	Identificación de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo convencional en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.	34
3	Identificación de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo convencional en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.	36
4	Identificación de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo orgánico en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.	37
5	Identificación de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo orgánico en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.	38
6	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en raíces de fincas de piña convencional en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	45
7	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en suelo de piña convencional en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	47
8	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en raíces de piña orgánica en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	49
9	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en suelo de piña orgánica en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	51
10	Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en raíces de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	53

11	Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en suelo de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	54
12	Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en raíces de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	55
13	Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en suelo de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	56
14	Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en raíces de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	58
15	Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en suelo de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	60
16	Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en raíces de piña orgánica en plantaciones de Guatuso zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	62
17	Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en suelo de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	63
18	Comparación entre densidades de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo orgánicas y convencionales en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	65
19	Comparación entre densidades de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo orgánicas y convencionales en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	65

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Planta de piña indicando su composición botánica. (Tomado de Bartholomew; Rohrbach y Evans 2002).	6
2	Corte transversal de nematodo indicando su anatomía. (Tomado de Gaugler y Bilgrami 2004).	16
3	Partes de cuerpo de un nematodo adulto: 1) boca; 2) estilete; 3) músculo esófagico; 4) glándula digestiva; 5) ovario; 6) huevo en desarrollo; 7) huevo con un nematodo joven; 8) útero; 9) intestino; 10) cutícula; 11) recto; 12) cola. (Tomado de Carvajal, 2009).	17
4	Representación del ciclo de vida del nematodo y sus diferentes estadios. (Tomado de Broadley, Wassman III y Sinclair 1993).	18
5	Descripción del área y zonas de muestreo, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en la zona de influencia de PROAGROIN Zona Norte, 2009.	29
6	Esquema de muestreo en las camas identificando las plantas a extraer, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN Zona Norte, 2009.	30
7	Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	35
8	Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	36
9	Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	38
10	Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en suelo de plantaciones orgánicas de piña Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	39

11	Frecuencias de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	40
12	Frecuencias de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	41
13	Frecuencias de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	42
14	Frecuencias de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	43
15	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	46
16	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	48
17	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	50
18	Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en suelo de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.	52

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación consistió en estudiar el comportamiento de los nematodos fitoparásitos asociados con el cultivo de la piña (*Ananas comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento, cultivado bajo las modalidades de piña orgánica y convencional, en Guatuso. Se realizaron muestreos en diez plantaciones próximas a ser forzadas de las cuales, cinco corresponden a manejo orgánico y cinco a manejo convencional, las cuales fueron ubicadas y dispersas en Guatuso, Zona de influencia de Proagroin-ZN. En cada una de las fincas se seleccionó bloques cultivados de quince mil plantas (dos mil quinientos metros cuadrados) siguiendo un patrón en zigzag y tomando cinco muestras compuestas de cinco plantas completas y suelo de cada planta. A dichas plantas se les midió la altura y peso radical, y el suelo fue homogenizado y cuarteado para obtener la muestra para análisis nematológico y muestra para análisis químico. Durante el proceso de muestreo se obtuvieron datos de temperatura y humedad a nivel de plantación. De cada finca se envió cinco muestras compuestas de raíces y una muestra de suelo para análisis nematológico al Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica y una muestra de suelo para análisis químico al Laboratorio de Suelos de la Universidad de Costa Rica. Se obtuvo que en raíces de plantaciones convencionales y orgánicas de piña los nematodos identificados fueron *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Tylenchus*. En suelo de plantaciones convencionales y orgánicas se identificaron principalmente los géneros *Helicotylenchus*, *Tylenchus*. *Pratylenchus* presentó la mayor frecuencia relativa (36,92%) en raíces de plantaciones convencionales con una densidad de 1.080 individuos por 100 gramos de raíz y *Helicotylenchus* para plantaciones orgánicas a nivel de raíces presentó la mayor frecuencia relativa (35,19%) con 350 individuos por 100 gramos de raíz. En suelo tanto de plantaciones convencionales como orgánicas el nematodo *Helicotylenchus* presenta las mayores frecuencias relativas y densidades promedio. Las correlaciones realizadas para desarrollo de la planta no fueron significativas en plantaciones convencionales y orgánicas a nivel de

raíces. A nivel de suelo en plantaciones convencionales y orgánicas para el desarrollo de la planta con respecto a los géneros identificados presentan correlaciones significativas. Al correlacionar condiciones edafoclimáticas a nivel de suelo y raíz para piña bajo manejo convencional y manejo orgánico únicamente en plantaciones orgánicas a nivel de raíz las correlaciones fueron no significativas. Presentándose datos importantes tales como la susceptibilidad de los nematodos a condiciones de suelos con altos contenidos de materia orgánica y contenidos de calcio y magnesio donde podrían valorarse como alternativas de control eficaces para esta zona, también se presentan que factores relacionados con la acidez en el suelo favorece las poblaciones de nematodos fitoparásitos. Se comparó las densidades de nematodos para la piña de manejo convencional y orgánico y se logró apreciar que a nivel de raíces existen diferencias significativas para *Pratylenchus*, desde un punto de vista más técnico en los datos se puede observar que bajo las técnicas de manejo orgánico en plantaciones de piña se presenta una menor presencia de los géneros identificados, ya que en su mayoría se encuentran en menores densidades en las plantaciones orgánicas. Ya a nivel de suelo no se presenta ninguna diferencia significativa entre las poblaciones de nematodos fitoparásitos en piña bajo manejo convencional y orgánico.

Palabras claves: piña MD-2, *Ananas comosus*, cultivo orgánico, cultivo convencional, nematodos, forzamiento, frecuencias.

ABSTRACT

The main objective of this research was to study the behavior of plant parasitic nematodes associated with the cultivation of pineapple (*Ananas comosus*) hybrid MD-2 at the time of the forcing, produced in two types of management, conventional and organic, grown in Guatuso. Samples were taken in ten plantations close to being forced on these plantations, five were organic and five conventional, which were located and dispersed in specific zones provided by Guatuso Proagroin-ZN. In each of the farms was selected cultivated blocks of fifteen thousand feet (two thousand five hundred square meters) following a zigzag pattern and taking five samples consisting of five complete plants and soil for each. The variables taken for these plants were root height and root weight, and the soil was homogenized and quartered to obtain a sample for chemical and nematode analysis during the sampling process, temperature and humidity data was obtained during planting. From each farm five samples composed of roots and a soil sample are sent for nematode analysis to the Nematology Laboratory at the University of Costa Rica and a soil sample to the laboratory for chemical analysis of soils at the University of Costa Rica. It was found that in conventional and organic pineapple planting roots identified nematodes were *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Tylenchus*. In conventional and organic plantations soil mainly identified gender *Helicotylenchus*, *Tylenchus*. *Pratylenchus* had the highest relative frequency (36.92%) in conventional plantation root with a population density of 1,080 individuals per 100 grams of root and *Helicotylenchus* for organic plantations root had the highest relative frequency (35.19%) with 350 individuals per 100 grams of root. In both soils, for conventional and organic plantations, *Helicotylenchus* nematode had the highest average for relative frequencies and densities. The correlations made for plant development were not significant in conventional and organic planting root level. At ground level in conventional and organic plantations for plant development in relation to the genera identified had significant correlations. By correlating soil and climate conditions above ground and underground for pineapple under conventional and organic management, only

organic plantations root level presented no significant correlations. Presenting important data such as susceptibility of nematodes to soil conditions with high contents of organic matter and calcium and magnesium content could be evaluated as effective control alternatives for this area, also are presented that factors related to soil acidity supports populations of plant parasitic nematodes. We compared the densities of nematodes for organic and conventional managements and noticed that for underground level there were significant differences for *Pratylenchus*, from a technical point of view on the data we can see that under organic management techniques in pineapple plantations show a lower presence of the genera identified, since most are found in lower densities in organic plantations. Already at the ground level there were no significant differences between the populations of plant parasitic nematodes in pineapple under conventional and organic management.

Keys words: pineapple MD-2, *Ananas comosus*, organic crop, conventional crop, nematodes, forcing, frequency.

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el cultivo de la piña (*Ananas comosus*) desde la década de los noventas ha presentado un incremento significativo tanto en área sembrada como un aumento de su tecnología, constituyendo una alternativa de diversificación agrícola y una importante fuente de divisas para muchos sectores productivos del país (Castro 1994).

Esta gran expansión de la piña ha provocado que para el 2007 este cultivo haya superado las 40 000 hectáreas de siembra, las cuales en su mayoría se han establecido en los últimos seis años, especialmente en la Zona Norte del país y en algunos cantones del Caribe, como Pococí, Siquirres y Guácimo. Aunque no hay un censo de la actividad, se estima que existen unos 1.050 productores pequeños, de los cuales un 98% se ubica en la región Huetar Norte del país (Barquero 2007).

Debido a que esta actividad se desarrolla como un monocultivo muy rentable e intensivo, los agricultores no permiten el descanso de los suelos y la rotación con otros cultivos, generando que el control de plagas y enfermedades sea cada vez más costoso y se incurra en mayores daños a nivel ambiental.

Román (1978), menciona algunos nematicidas utilizados en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) para el control de nematodos fitoparásitos tales como: dicloropropeno-dicloropropano, bromuro de metilo, dibromuro de etileno, cloropicrina y una combinación de tetracloruro de carbono y dibromuro de etileno.

Una plaga identificada como grave son los nematodos fitoparásitos, de hecho son el segundo problema parasitológico más importante de la piña en el mundo, los cuales pueden causar pérdidas del 15 al 45% de la producción. Especialistas consideran que una densidad de un individuo por gramo de suelo dependiente de las especies, es suficiente para provocar daños de consideración (Rebolledo *et al.* 1998).

Según Rebolledo *et al.* (1998), generalmente en plantaciones de piña los géneros más predominantes son: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Meloidogyne*, *Criconemoides*, *Aphelenchus*, *Radopholus*, *Tylenchus*, *Psilenchus* y *Hoplolaimus*.

Linares (2008)¹ indica que aún cuando se cuenta con alguna información relacionada con los nematodos fitoparásitos más importantes asociados a la piña híbrido MD-2, el Programa de Desarrollo Agroindustrial de la Zona Norte (PROAGROIN-ZN), la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica han unido esfuerzos de investigación para dar a conocer una situación más detallada de algunas fincas que pertenecen al Programa, de tal forma que tanto agricultores como los supervisores de producción dispongan de información acerca de los nematodos fitoparásitos que afectan la piña.

Es por lo anterior y como parte de un proyecto general e interno de Proagroin denominado **“Alternativas para la sustitución de nematicidas químicos”**, que se desprende este trabajo el cual tiene como propósito dar a conocer una situación más clara de los nematodos fitoparásitos que se encuentran asociados a las plantaciones de piña en el cantón de Guatuso.

1.1 Hipótesis descriptiva

Esta investigación permitirá identificar, cuantificar, relacionar con variables de interés y comparar los géneros de nematodos fitoparásitos al momento de forzamiento en plantaciones de piña del híbrido MD-2 bajo técnicas de producción convencionales y orgánicas en el cantón de Guatuso.

1.2 Objetivo general

Estudiar cuales son los nematodos fitoparásitos asociados con el cultivo de la piña (*Ananas comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento, cultivado bajo las modalidades de piña orgánica y convencional, en fincas productoras de Guatuso.

¹ Linares O, J. 2008. Protocolo de nematodos (correo electrónico). Alajuela, CR, Fundación Proagroin. (Correspondencia personal).

1.3 Objetivos específicos

- a) Identificar en raíz y suelo la presencia de géneros de nematodos fitoparásitos en plantaciones orgánicas y convencionales de piña (*Ananas comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento.
- b) Determinar en raíz y suelo la frecuencia por género de nematodos fitoparásitos existentes en plantaciones orgánicas y convencionales de piña (*A. comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento.
- c) Determinar en raíz y suelo la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en piña (*A. comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento manejadas orgánica y convencionalmente.
- d) Correlacionar en raíz y suelo la densidad de nematodos fitoparásitos con condiciones edafoclimáticas (humedad, temperatura y química de suelos) en plantaciones de piña (*A. comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento bajo manejo orgánico y convencional.
- e) Correlacionar en raíz y suelo la densidad de nematodos fitoparásitos con la altura de la planta y peso radical en plantaciones de piña (*A. comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento bajo manejo orgánico y convencional.
- f) Comparar las densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos en plantaciones de piña (*A. comosus*) híbrido MD-2 al momento del forzamiento bajo manejo orgánico y convencional en raíces y suelo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de piña

La piña es una planta monocotiledónea, distribuidas en alrededor de 50 géneros y cerca de 2.000 especies, pocas viven directamente sobre el suelo dado que tienen la capacidad de desarrollar sus raíces y sobrevivir sobre las rocas, arena e incluso postes y cables de electricidad y teléfono (Rebolledo *et al.* 1998).

2.1.1 Taxonomía

Taxonómicamente, Jiménez (1999) indica que pertenece al Reino Vegetal, dentro de la División Monocotiledónea, Clase Liliopsidas, Orden Bromeliales, Familia Bromeliaceae, género *Ananas* y especie *comosus*, e identificada por Linneo. Científicamente la piña es conocida como *Ananas comosus* (L) Merr, perteneciente a la familia Bromeliaceae, al género *Ananas*, las cuales en su totalidad son originarias de América y exactamente de América del Sur (Guido 1983).

2.1.2 Origen y dispersión

Según Rebolledo *et al.* (1998), la piña se originó en la región que comprende el centro y sur de Brasil y el norte de Argentina y Paraguay, de las tribus Tupi-Guaraníes los cuales la nombraron como *anana* del término **ua** que significa fruto y **nana** que significa sabroso. De aquí se distribuyó por toda América y en poco tiempo se empezó con su mejoramiento genético y producción masiva.

2.1.3 Características del híbrido MD-2

El híbrido comercial de piña MD-2, fue introducido y desarrollado en Costa Rica por la compañía Pineapple Development Corporation (PINDECO), subsidiaria de Del Monte Corporation y fue lanzado al mercado de fruta fresca en mayo de

1996, en mercados de Europa y Estados Unidos donde ha superado el nivel de ventas de las demás variedades y ha logrado un espacio importante bajo el nombre comercial de “Del Monte Gold” (Castro 2000). El ciclo del cultivo es más corto, la fruta es de forma cilíndrica y de pulpa amarilla con alto contenido de vitamina C. La fruta de MD-2 es susceptible a la degradación postcosecha, presenta vulnerabilidad a plagas y enfermedades, siendo afectada por la pudrición del tallo y raíces (afección fungosa por *Phytophthora parasitica* y *P. cinnamomi*).

2.1.4 Ciclo del cultivo de piña híbrido MD-2

Castro (2000), describe el ciclo vegetativo de la piña como muy variable, el cual inicia con el desarrollo del hijuelo mediante la emisión de raíces adventicias, por su sección basal y hojas nuevas por la sección apical.

La planta se desarrolla a una velocidad relativa en respuesta a las condiciones de manejo y sanidad a la que es sometida. Por lo general y bajo las condiciones de desarrollo del cultivo en Costa Rica, la planta logra alcanzar el tamaño y peso necesarios para iniciar la etapa de floración y producción en un periodo de ocho a nueve meses, por lo que la planta es “obligada” mediante la aplicación de técnicas de inducción floral, a iniciar la etapa de producción. Desde el momento de la inducción floral hasta la cosecha transcurren alrededor de 22 semanas (cinco meses y medio) necesarios para la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto (Castro 2000).

2.1.5 Descripción botánica

En la Figura 1 se logra apreciar la morfología de la planta de piña en orden descendente observándose la corona, el fruto, hijo basal, hijo guía, tallo de planta hijo, pedúnculo cosechado, tallo de planta madre y las raíces.

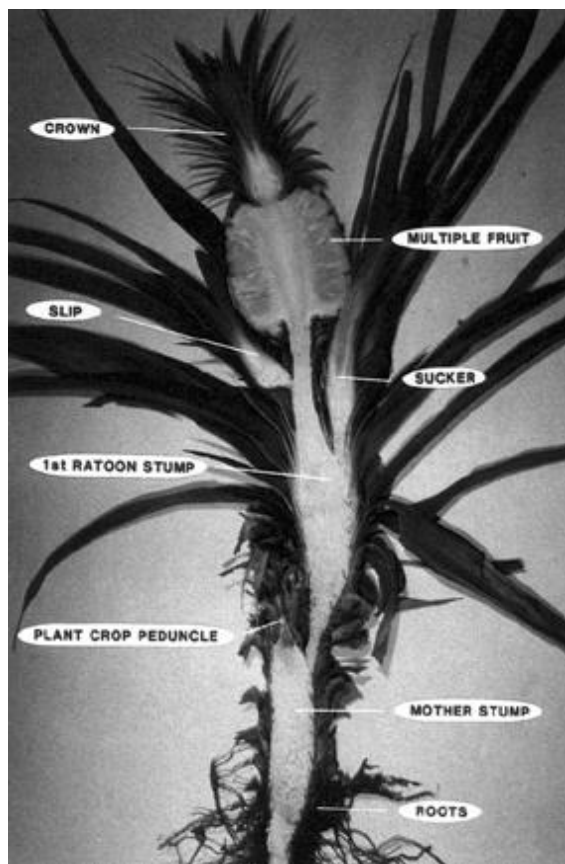


Figura 1. Planta de piña indicando su composición botánica (Tomado de Bartholomew; Rohrbach y Evans 2002).

2.1.5.1 Raíces

La piña posee un sistema radical superficial, cuya extensión varía de acuerdo con el suelo y el estado nutricional de la planta. Las raíces no se extienden mucho lateralmente y la planta extrae los nutrientes dentro de una distancia de 30 cm de su base. La penetración de las raíces no es muy profunda y su vida es corta. Bajo condiciones ideales, las raíces pueden extenderse hasta 1,5 metros y penetrar a una profundidad de 0,3-0,5 metros (FDA 1988). La piña según FDA (1988), tiene dos tipos de raíces: primarias y secundarias.

2.1.5.1.1 Raíz primaria

Se encuentran en plantas de piña originadas de semillas asexuales, son de vida corta, cesando de funcionar y desprendiéndose a los dos meses de edad.

Según Bartholomew y Paull (2003), las raíces primarias se encuentran solamente en los hijos (semilla asexual) muy joven, estas mueren poco después de la germinación y son reemplazadas por las raíces adventicias.

2.1.5.1.2 Raíces adventicias

Raíz de suelo: En la planta de piña hay dos sistemas radicales, uno ocurre alrededor de la base del tallo, formando una masa esférica de raíces activas y gruesas que utilizan el agua capturada por las hojas y que escurre a lo largo del tallo. El otro sistema consiste en raíces finas y alargadas que emergen de la planta y penetran alrededor de un metro. Estas raíces ramifican y desarrollan una cofia activa que utilizan para obtener el agua disponible a mayor profundidad del suelo (Bartholomew y Paull 2003).

Raíz axilar: Estas emergen de los entrenudos en las axilas de las hojas inferiores, son distorsionadas y achatadas. Las hojas capturan y conducen el agua a su base, donde las raíces aéreas pueden usarla. Probablemente estas raíces absorben el fertilizante cuando es asperjado. Según Bartholomew y Paull (2003), la anatomía interna de las raíces de piña son típicas de una monocotiledónea, de afuera hacia el centro la epidermis está compuesta de pelos radicales, la corteza compuesta de exodermis la cual es la parte más externa con esclerénquima y canales aéreos, y la parte interna contiene el parénquima lagunar, la endodermis, periciclo, conductos y médula (Bartholomew y Paull 2003).

2.1.5.2 Tallo

Es relativamente corto y grueso con forma de mazo, longitudinalmente mide de 20 a 40 centímetros, y la base en su ancho es de aproximadamente dos a cuatro centímetros, sus entrenudos son cortos y presentan sus meristemos que producen de 70 a 80 hojas, es la mayor fuente de reservas de la planta (Rebolledo *et al.* 1998). Según Jiménez (1999), posee yemas para el desarrollo de los retoños y raíces.

2.1.5.3 Hojas

Las hojas se encuentran ubicadas en la planta en forma de espiral, existen de 60 a 80 hojas en una planta madura, están cubiertas por un polvo blanco llamado tricomas que protegen la hoja de la pérdida de agua, también presentan estomas en el envés, los cuales controlan la transpiración. La hoja más importante para manejo agronómico es la hoja “D” la cual es la más madura y más larga; se utiliza para análisis foliares y se divide en tres secciones: la base blanca, el medio y la punta. La base blanca se utiliza para determinar niveles de potasio, calcio, magnesio y fosforo; y el medio para determinar nitrógeno, hierro y azufre (Jiménez 1999).

2.1.5.4 Pedúnculo

Es la prolongación del tallo que se desarrolla cuando la planta completa su crecimiento vegetativo, se manifiesta como el engrosamiento del tallo en su ápice terminal cuando se da la diferenciación del meristemo y da paso al desarrollo de la inflorescencia, la cual se convertirá en fruto y estará unida a la planta por medio del pedúnculo (Rebolledo *et al.* 1998).

2.1.5.5 Flor

La inflorescencia consiste de 100 a 200 flores en un arreglo compacto y en forma de espiral. Las flores son perfectas, con brácteas florales, tres cortos y carnosos sépalos y tres pétalos, seis estambres, y un ovario ínfero (Bartholomew *et al.* 2002).

La flor, indica Rebolledo *et al.* (1998), da origen a un fruto individual llamado baya, los cuales en ocasiones pueden presentar semillas por polinización cruzada ya que la flor es autoestéril, además se dice que la materia seca acumulada en el tallo determinará un número potencial de frutillos y a su vez el rendimiento.

2.1.5.6 Fruto

La formación del fruto se presenta de forma partenocárpica o sea que no se requiere de fecundación del óvulo para la formación del fruto. Botánicamente el fruto es una sorosis, constituido por un eje carnososo o corazón, del cual parten las flores las cuales se fusionan entre si durante el desarrollo del fruto. De esta manera cada “ojo” es la parte superior del frutículo originado de una sola flor; cuando la fruta está desarrollada, madura de la base hacia arriba, razón por la cual es la parte más dulce (Rebolledo *et al.* 1998; Jiménez 1999).

2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos

La piña es cultivada desde los 4,5° Latitud Norte hasta los 26°30' Latitud Sur y pocas veces requiere menos de doce meses para completar su ciclo (siembra-cosecha), más comúnmente la duración del ciclo es de 18-24 meses e incluso hasta 36 meses en ambiente fríos subtropicales (Malézieux *et al.* 2003, citado por Vásquez 2009).

2.1.6.1 Altitud

La altitud sobre la cual la piña se más favorecida es de 0 a 800 metros sobre el nivel del mar, aunque también puede crecer de manera normal a una altura de 1.500 metros en algunas regiones de América Central. A mayor altura las hojas de la piña se acortan y se hacen más angostas, el pedúnculo es más largo en relación con el tamaño de la planta, los frutos son más pequeños con los ojos salientes y puntiagudos, la pulpa es de color amarillo pálido y el sabor es pobre y altamente ácido; a alturas superiores a los mil metros el ciclo se retrasa por lo menos un mes (Rebolledo *et al.* 1998).

2.1.6.2 Temperatura

Según Rebolledo *et al.* (1998), las temperaturas para el desarrollo del cultivo durante el día y la noche son de 30° y 20°C, respectivamente. Las hojas y las raíces crecen mejor a 29°C y 32°C, respectivamente y su crecimiento cesa prácticamente por debajo de los 20°C y por arriba de 36°C, debe existir una

diferencia de por lo menos 4°C entre el día y la noche. También Bartholomew *et al.* (2003) indican que, bajo temperaturas de 30°C para el día y 26°C en la noche la planta de piña muestra una mejor respuesta en términos de ganancia de peso seco de la planta.

2.1.6.3 Radiación solar

Py (1969), reporta que la radiación solar tiene un efecto directo en las reacciones fotosintéticas y sobre la temperatura de las hojas. Adicionalmente comenta que una cantidad mínima de radiación solar es necesaria para causar la descarboxilación total de los ácidos y que la completa descarboxilación es indispensable para la absorción durante la subsiguiente fase nocturna; donde la cantidad de absorción es directamente proporcional a la cantidad de energía solar previamente absorbida.

Cuando la luminosidad es escasa las hojas se alargan, pierden anchura, permanecen erguidas y presentan un color verde oscuro; el cultivo requiere una luminosidad de 1.200 a 1.500 horas por año (Rebolledo *et al.* 1998).

2.1.6.4 Precipitación

La piña puede desarrollarse en áreas con lluvias que varían desde 600 mm al año, con una estación seca de varios meses, hasta 3.500 mm o 4.000 mm al año. La adaptabilidad de la piña a diferentes regímenes es muy notable y ésta capacidad de sobrevivir a pronunciados y prolongados periodos de estrés hídrico es muy destacada (Py 1969).

Un óptimo para la piña es de 1.500 a 1.800 mm bien distribuidos durante todo el año, los efectos negativos de la sequía son variables, retrasan el crecimiento, el peso y la calidad del fruto disminuye, por otra parte el exceso de agua provoca asfixia en las raíces, lo cual se traduce como un retraso en el crecimiento y si el exceso es prolongado la planta se torna de una coloración amarillenta (Rebolledo *et al.* 1998).

2.1.6.5 Suelos

Bartholomew y colaboradores (2003), mencionan que lo más importante a considerar en la selección de suelos es la erosión, en cuanto al cultivo de piña debería seleccionarse los terrenos menos inclinados.

La planta de piña puede crecer en muchos tipos de suelo, sin embargo y por tener un sistema radical poco profundo, los óptimos para su desarrollo son los arenosos, o migajones arenosos (70% arena, 20% limo y 10% arcilla), ricos en materia orgánica con pH de 4.5 a 5.5 (Rebolledo *et al.* 1998).

En suelos bien aireados, sin excesos de humedad, las raíces pueden desarrollar hasta más de 60 cm de longitud. Aunque esto no es posible en arenas ferralíticas donde una densidad aparente de 1,4 g/ml reduce considerablemente la elongación de las raíces y también afecta la morfología y la anatomía, incrementando la cantidad de médula y aerénquima y reduciendo el largo de las raíces (Py 1969).

2.1.7 Manejo agronómico del cultivo de piña

El manejo agronómico se basa en una serie de actividades que se realizan para obtener de la mejor forma posible una alta y rentable producción.

2.1.7.1 Manejo convencional

Se deben seleccionar terrenos planos de preferencia, los cuales se deben limpiar o barrer, eliminando troncos y piedras, en algunas ocasiones se debe sacar la humedad de los terrenos confeccionando drenajes profundos para poder realizar el laboreo básico del terreno realizando un pase de arada, dos pases consecutivos de rastra, un pase de subsolador, encamado y labores de drenaje superficial (Castro 2004).

La clasificación de la semilla se realiza en dos líneas: por tipo de hijo (axilar, basal, corona) y por peso, clasificándolo generalmente en tres tamaños según su peso (grande, mediano y pequeño). Además se realiza el tratamiento de semilla utilizando insecticidas, fungicidas y adherentes.

La semilla se siembra en hileras dobles sobre las camas, construyendo bloques de un número variable de camas los cuales generalmente ajustados a la distancia que tenga el equipo de aplicación y las condiciones topográficas del terreno (Castro 2004). Normalmente se establecen 60.000 plantas por hectárea.

La fertilización de las plantaciones de piña se realiza generalmente por medio de un programa de nutrición basado en análisis químico de suelos y complementado con análisis foliares. Según Bartholomew *et al.* (2002), la piña tiene altos requerimientos de nitrógeno, potasio, hierro y relativamente bajos de fósforo y calcio. Durante los primeros cinco meses después de siembra tiene baja demanda y se incrementa de dos a cuatro meses antes de la inducción floral. El fósforo y calcio usualmente se aplican durante la preparación del suelo a la línea de siembra. El potasio es aplicado al suelo después de sembrado mientras que otros nutrimentos son aplicados vía foliar. Además se realizan aplicaciones de plaguicidas programados, las cuales pueden variar según la incidencia y severidad de las plagas.

Para el control de malezas en las zonas de altas precipitaciones debe realizarse un adecuado programa de control de malezas tanto en forma pre y pos-emergente (antes y después de la salida de las malezas). Este control se debe realizar mediante una adecuada preparación del suelo y una aplicación oportuna de herbicidas generalmente pre-emergentes (Ametrina, Diurón y Fluazifop P-Butil) (Villegas *et al.* 2007, citado por Carvajal, 2009).

Con respecto a la inducción floral, Carvajal (2009) cita a Castro (2004), y menciona que ésta se realiza aproximadamente a los ocho meses de edad, cuando el peso de la planta es superior a 2,0 kg, y se realiza con el fin de obligar a las plantas a producir fruta en forma simultánea en la plantación o en secciones. Indican Bartholomew *et al.* (2002), que el regulador de crecimiento comúnmente utilizado para inducir es el Ethephon el cual está compuesto de etileno que se libera en las aplicaciones al campo. Las plantas son inducidas con una mezcla que contiene Ethephon y Urea la cual es más efectiva durante periodos frescos, mientras que en periodos calurosos no es igual de efectiva. Durante las estaciones calurosas las temperaturas nocturnas superan los 25°C, por lo cual se

debería detener la fertilización nitrogenada entre 4-6 semanas antes de inducir debido a que se puede provocar la inducción por un incremento de carbohidratos en la planta debido al nitrógeno.

La maduración de la fruta de piña tiene el objetivo de homogenizar la madurez externa e interna. La maduración interna ocurre antes que la externa, aplicándose la maduración artificial cuando se acerca el momento de la maduración fisiológica, esto sucede alrededor de los 154 días (cinco meses) después de la inducción floral. Se utiliza como agente madurante el Ethephon (Jiménez 1999). Actualmente se utilizan dosis para maduración de un mililitro de Ethephon por litro de agua y se regula el pH del agua con ácido fosfórico hasta llevarlo entre dos y tres, realizando un único pase, si se desea repasar se debe fraccionar la dosis de Ethephon a la mitad.

2.1.7.2 Manejo orgánico

En la fase de selección y preparación, el terreno debe presentar evidencia de no haber sido tratado con ningún agroquímico no permitido por la norma orgánica por un periodo no menor de tres años y si es necesario se debe realizar un análisis químico. Es importante exponer el suelo y rastrojos del cultivo anterior al efecto del sol la máxima cantidad de días que sea posible; generalmente la incorporación de la materia orgánica se realiza mediante dos pases distanciados de rastra, entre un pase y otro puede transcurrir 1,5 meses, luego se realiza un pase de subsolador, un pase superficial de rastra, encamado, construcción de canales de drenaje superficial y colocación de la cobertura de polietileno o cobertura verde. En producción orgánica está prohibido el uso de productos químicos y quema de la plantación (Augstburger *et al.* 2000, citado por Carvajal 2009).

La clasificación de los hijos de piña (semilla asexual) se da por tamaño, en grandes, medianos, y pequeños. El peso ideal por hijo es de 350 gramos en adelante. Dado que en el cultivo ecológico de piñas no se permite el tratamiento de las plántulas con insecticidas/fungicidas no permitidos por la norma orgánica, el productor debe prestar mucha atención a la calidad y procedencia de los retoños

(enfermedades contagiosas), sobre todo cuando se compran retoños de otras empresas. Se recomienda efectuar la reproducción en lo posible en la propia empresa y con mucho cuidado. Para el tratamiento de semilla se utilizan algunos extractos botánicos en combinación con otros fitosanitarios permitidos por la norma orgánica (Augstburger *et al.* 2000, citado por Carvajal 2009).

La siembra se realiza en doble fila sobre las camas entre 25-35cm en fila (puesto en forma alternado con la fila opuesta), guardando de fila a fila una distancia de 40-60cm, y 75-90cm entre las filas dobles. Para proteger el suelo de la erosión y controlar la maleza, se puede sembrar una leguminosa no trepadora como el *Arachis pintoj*, esto antes de sembrar los brotes de piña; además se rotan los piñales con otros cultivos debido a que el monocultivo no está permitido en la norma orgánica (Augstburger *et al.* 2000, citado por Carvajal 2009).

Carvajal (2009) cita a Morales (2001) la cual menciona que en la fertilización orgánica se utilizan insumos como: Emulsión de Pescado, Roca Fosfórica, Melaza, Sulfato de Magnesio y Potasio, Quelatos de Zinc, Calcio y Multiminerales.

En el control de plagas, la piña bajo condiciones de crecimiento favorables en muy pocos casos sufre el ataque de plagas y enfermedades. Una de las condiciones para su buen crecimiento es el empleo de plántulas sanas que provengan, en lo posible, de las reservas propias de la empresa (Augstburger *et al.* 2000, citado por Carvajal 2009).

El control de malezas se realiza por medio de la cobertura de polietileno dentro de los piñales ya que el plástico no permite el crecimiento de plantas y en los alrededores se realiza de manera mecánica o manual.

La inducción se realiza con aplicaciones de gas etileno con ayuda de carbón activado usando equipo especial. El uso de Ethephon está prohibido en los cultivos ecológicos al igual que el uso de carburo (CaCO_2) (Augstburger *et al.* 2000, citado por Carvajal 2009). En la producción orgánica no se realiza maduración, la cosecha inicia aproximadamente 154 días después de la inducción floral considerando factores de la fruta o índices de cosecha como la translucidez y su coloración externa.

2.2 Nematodos fitoparásitos

2.2.1 Características de los nematodos fitoparásitos

Es la plaga más seria para el cultivo de piña, particularmente en suelos arenosos, semi-arenosos, planos y deficientes de materia orgánica. Los nematodos fitoparásitos son de tamaño microscópico viven y atacan especialmente a las raíces, insertando una lanceta o estilete bucal que succiona los jugos y a la vez inyecta en los tejidos de las raíces, toxinas y en ciertos casos virus que son dañinos. Se calcula que en un metro cuadrado puede haber hasta un millón de nematodos en suelos muy contaminados (Porres y Rivera 1975).

Los nematodos son organismos generalmente microscópicos, no segmentados, bilateralmente simétricos, incoloros y cilíndricos en su sección transversal. La forma típica del cuerpo es fusiforme. Un grupo de especies presenta un dimorfismo sexual marcado, donde la hembra adulta se transforma pudiendo observarse en forma de limón, pera, riñón entre otras; y se convierte en un parásito sedentario. Los machos sin embargo, mantienen la forma de anguila y una movilidad común en la mayoría de las especies, usualmente son más pequeños que las hembras (Hernández 2005).

2.2.2 Anatomía de los nematodos fitoparásitos

Según Hernández (2005), los nematodos parásitos de plantas o fitonematodos tienen una longitud entre 0,5 y 6,5mm. El cuerpo está cubierto con una cutícula que puede ser lisa o estar marcada (Figura 2). Las marcas pueden ser puntuaciones. También se observan estrías transversales o longitudinales. Debajo de la cutícula se encuentra la hipodermis, una capa epitelial que se forma a partir de la misma cutícula, y una capa muscular que permite el movimiento ondulatorio a los nematodos (Sasser 1989).

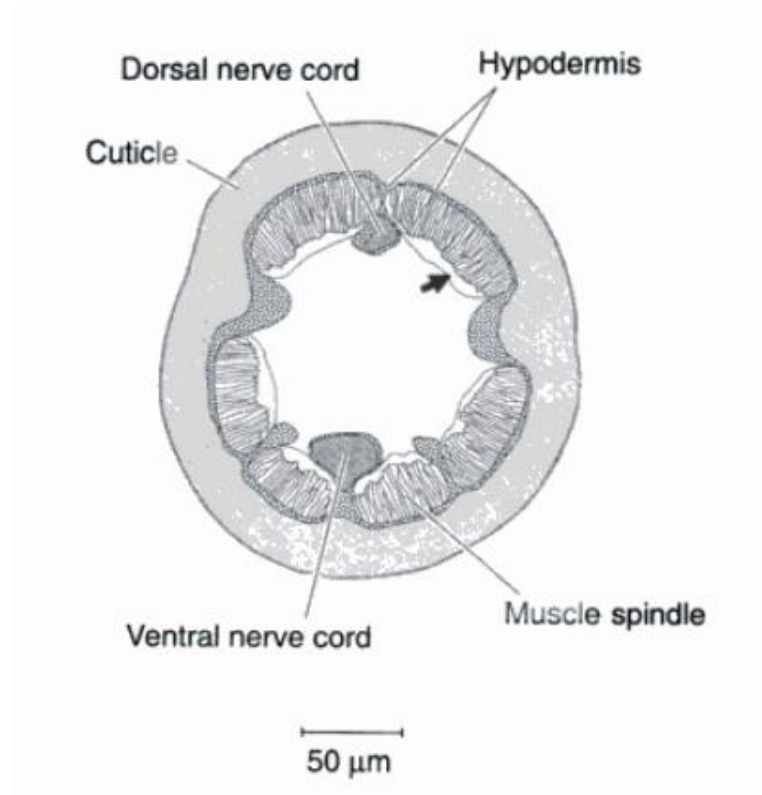


Figura 2. Corte transversal de nematodo indicando su anatomía. (Tomado de Gaugler y Bilgrami 2004).

Los nematodos parásitos de plantas cuentan con un aparato bucal para penetrar las células de las plantas, un rasgo que los distingue entre la mayoría de los otros nematodos del suelo (Luc *et al.* 2005) (Figura 3).

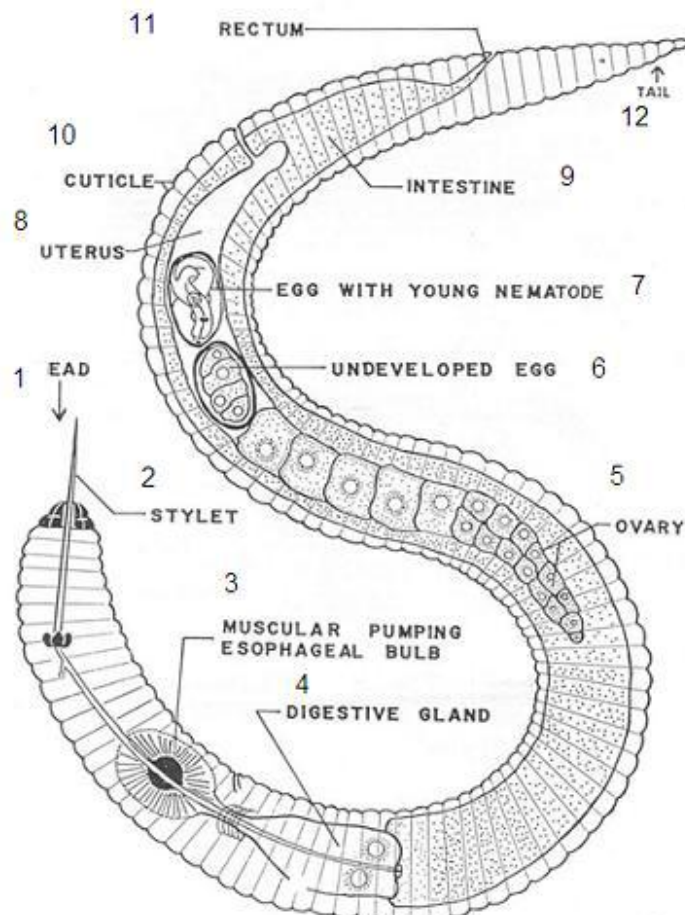


Figura 3. Partes de cuerpo de un nematodo adulto: 1) boca; 2) estilete; 3) músculo esofágico; 4) glándula digestiva; 5) ovario; 6) huevo en desarrollo; 7) huevo con un nematodo joven; 8) útero; 9) intestino; 10) cutícula; 11) recto; 12) cola. (Tomado de Carvajal 2009).

2.2.3 Ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos

Además de adultos y huevos, hay cuatro estadios juveniles y cuatro mudas en el ciclo de todos los nematodos fitoparásitos (Figura 4). La primera etapa juvenil se desarrolla en el huevo, y la primera muda usualmente ocurre dentro del huevo y antes de la eclosión, lo que da paso para el segundo estadio juvenil cuando emergen libres al suelo o tejido de la planta. Una vez los nematodos se han alimentado del tejido de un hospedero favorable, la segunda, tercera y cuarta muda ocurre dando paso a la quinta etapa o etapa adulta, respectivamente. Entre las mudas es que ocurre el mayor crecimiento y desarrollo de los nematodos,

coincidiendo con el desarrollo del sistema reproductivo en ambos sexos. Una vez maduros, la hembra deposita los huevos y el ciclo se repite (Sasser 1989).

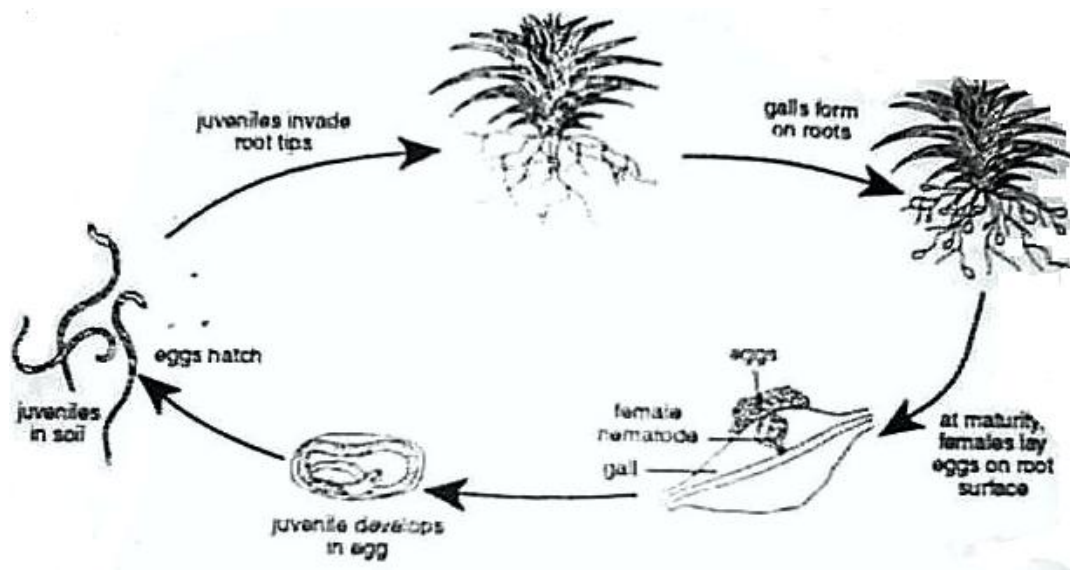


Figura 4. Representación del ciclo de vida del nematodo y sus diferentes estadios. (Tomado de Broadley, Wassman III y Sinclair 1993).

2.2.4 Alimentación de los nematodos fitoparásitos

Según Hernández (2005) los fitonematodos o nematodos fitoparásitos pueden encontrarse atacando raíces, tallos, troncos, yemas, hojas, flores y semillas, en dependencia de la especie y de la planta hospedera. Sin embargo, la mayor parte de las especies se alimentan de raíces y pasan la mayoría de su vida en el suelo, las raíces u otras partes subterráneas de las plantas.

Los nematodos que se alimentan de las plantas son portadores de estilete, son parásitos obligados a obtener nutrientes de células vivas de raíces, tallos u hojas. Variaciones en los hábitos alimenticios ocurre por sus necesidades de adaptarse, como resultado evolucionaron para alimentarse de plantas lo que inició el desarrollo de un estilete morfológica y fisiológicamente modificados del esófago. Los nutrientes son succionados de células vivas y tejidos, pasando el contenido al esófago, a través del lumen del estilete, con excepciones ya que en algunos casos el estilete funciona simplemente como un diente y su función es perforar las células de las plantas (Gaugler y Bilgrami 2004).

2.2.5 Ecología y diseminación de los fitonematodos

Casi todos los nematodos parásitos de plantas viven parte de su vida en el suelo. Muchos de ellos viven libremente en el suelo, alimentándose superficialmente sobre raíces y tallos subterráneos. Tanto la temperatura del suelo, como la humedad y la aireación afectan la sobrevivencia y movimiento de los nematodos del suelo. Los nematodos se encuentran en mayor abundancia en los primeros quince centímetros de la capa arable del suelo. La mayor concentración de nematodos en la región de las raíces de la planta hospedante se debe primordialmente a que la reproducción es más rápida cuando se hallan sobre la fuente de alimento y también a la atracción de nematodos por sustancias liberadas dentro de la rizosfera (Castaño 1994).

El material en descomposición puede brindar, de momento, un ambiente húmedo favorable para la sobrevivencia de nematodos adultos y juveniles en el suelo. Algunos *Helicotylenchus* son altamente resistentes inclusive a la inundación (Quesada y Barboza 1999).

La variación espacial es una propiedad de las poblaciones naturales y es frecuentemente dinámica, cambia conforme los individuos de la población aumentan o disminuyen en número, o migran (Quesada y Barboza 1999).

2.2.6 Clasificación de los fitonematodos

Gaugler y Bilgrami (2004) cita a (Yeates *et al.* 1993; Grundler 1998) quienes dividen a los fitonematodos en:

- Ectoparásitos (*Helicotylenchus*): este nematodo se alimenta de células de la epidermis radical o de los vellos radicales.
- Ectoparásitos migratorios.
- Endoparásitos migratorios (*Pratylenchus*): estos obtienen los nutrientes desde las células corticales a través de la migración intercelular dentro de la raíz.

- Ectoparásitos sedentarios (*Criconemella*): estos se alimentan en una región única de las células epidérmicas radicales por largos periodos, causando pequeños daños, aunque producen un daño terminal cuando se alimentan de las puntas de las raíces.
- Endoparásitos sedentarios (*Meloidogyne*): los cuales establecen complejas relaciones con su hospedero por modificación de las células del endodermo y estructuras especializadas de alimentación, como lo son células gigantes y células enfermas.
- Semi-endoparásitos, estos se alimentan tanto externamente como internamente de los tejidos de las raíces de las plantas como el caso del *Telotylenchus*.

2.2.7 Algunos factores que afectan a los nematodos fitoparásitos

Christie (1970), menciona que los nematodos se encuentran expuestos a enemigos naturales y enfermedades, entre los organismos biológicos se encuentran los protozoarios parásitos, nematodos depredadores, que incluyen a otros nematodos entre sus presas y, hongos entre los que se incluyen los parásitos y los depredadores.

Julca *et al.* (2004), indican que entre las poblaciones nematológicas y los componentes de producción y calidad de piña, las correlaciones son mayormente negativas, en la cuales los nematodos afectan negativamente o disminuyen estos componentes de producción y de calidad.

Sarah y Hugon (1991), indican que existe una interacción entre los factores climáticos y el estado de desarrollo de la piña, siendo que entre más las plantas se aproximan al final del ciclo de los nematodos son más sensibles a factores climáticos desfavorables y las plantas son menos sensibles a factores favorables.

Jiménez (1991) citado por Dye (2008), considera que las poblaciones de nematodos tienden a aumentar y a disminuir a través del tiempo y son afectados tanto en número como en comportamiento por una serie de factores, algunos de ellos son: humedad, temperatura, suelo y condición fisiológica del huésped.

2.2.7.1 Humedad

Algunos autores citados por Carvajal (2009), indican que las mejores condiciones de humedad para la vida de los nematodos es cuando el contenido de agua en el suelo se limita a una película envolvente de las partículas de éste. La sequía excesiva y el encharcamiento prolongado en donde hay falta de oxígeno, puede frenar la reproducción o incluso matar a los nematodos. El contenido de humedad óptimo de este se puede encontrar entre el 40% y 80% de la capacidad de retención del suelo.

Dye (2008), indica que algunos autores mencionan que en el caso de *Meloidogyne* sp. a una alta humedad, la población se redujo en un 50% en un lapso de tres a diez días.

En estudios realizados sobre *Pratylenchus* en el cultivo de piña se encontró que en las épocas secas y lluviosas provocan una baja en las poblaciones ya establecidas o una disminución en la fase de establecimiento de los nematodos en raíces (Sarah y Hugon 1991)

2.2.7.2 Temperatura

Jiménez (1991) citado por Dye (2008), indica que los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre cinco y quince grados Celsius, la amplitud óptima es de 15-30°C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30-40°C. Las temperaturas fuera de estos límites pueden ser letales, aunque en algunos casos dependientes del género de nematodo la temperatura no juega un papel importante.

2.2.7.3 Suelo

Dye (2008), cita que en investigaciones en el cultivo de cítricos realizadas por Reynolds y Sleet (1955); Van Gundy y Martin (1961); Ortiz (2006); encontraron que las poblaciones de *Meloidogyne javanica* eran extremadamente bajas en suelos de textura fina o arcillosas y más elevada en suelos de textura gruesa. Los niveles altos de CaCO₃, Na y K en el suelo determinaron la aparición de síntomas

de una deficiencia suave en Cu, Zn y, a veces Mn, con su correspondiente contenido bajo de estos cationes en las hojas, más acentuado en los árboles infestados por *Tylenchulus semipenetrans*. Las poblaciones de *T. semipenetrans* Cobb varían con un pH de 4,5 a 7,7 y considera apropiado un pH de 6,0 a 7,5, lo que depende de la temperatura. Julca *et al.* (2004) indican que un aumento del pH del suelo produce una disminución de las poblaciones de *Pratylenchus brachyurus*.

2.2.7.4 Condición fisiológica del huésped

Tarte (1980), citado por Dye (2008) cita que debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional. La condición fisiológica de la planta varía según su estado de desarrollo y de sus influencias ambientales.

2.2.8 Síntomas causados por algunos nematodos en piña

Castaño (1994) indica que el ataque de nematodos fitoparásitos, provoca síntomas en la totalidad de la planta. En raíces afectadas se puede observar agallas, lesiones, excesiva pudrición de raíces, daño al ápice, y pudrición radical cuando el ataque está asociado con bacterias y hongos fitopatógenos o saprofitos. En las partes aéreas de la planta los síntomas consisten en reducción del crecimiento, síntomas de deficiencias nutritivas tales como amarillamiento del follaje, excesivo marchitamiento en tiempo caliente o seco, disminución del rendimiento y mala calidad del producto final.

Esto es respaldado por Agrios (1996) donde se indica que los síntomas a nivel de raíces en forma de nudos, agallas, ramificación excesiva de la raíz, puntas dañadas y pudriciones de la raíz cuando estas lesiones van acompañadas por bacterias y hongos oportunistas, además de estos síntomas ocurre un menor crecimiento, síntomas de deficiencias, como clorosis del follaje, marchitamiento excesivo y una menor producción.

Según López y Salazar (1981) las plantas de piña (*Ananas comosus*) afectadas por altas densidades de nematodos fitoparásitos, están asociadas con plantas cloróticas, achaparradas y que producen frutas de tamaño pequeño, las raíces presentan un color pardo oscuro, los tejidos corticales se pueden separar fácilmente, quedando solo el cilindro del tejido.

2.2.9 Géneros de nematodos que afectan el cultivo de piña

Más de 100 nematodos parásitos de plantas han sido reportados en asociación con el sistema radical de plantas de piña. Los más importantes nematodos fitoparásitos en la producción de piña son el nematodo nodulador, conocido científicamente como *Meloidogyne javanica* o *Meloidogyne incognita*; el nematodo reniforme (forma de riñón) conocido científicamente como *Rotylenchulus reniformis* y el nematodo lesionador de la raíz conocido como *Pratylenchus brachyurus*. Existen otros fitonematodos asociados a la piña pero se desconoce si son patogénicos, tal como *Helicotylenchus* sp. que son encontrados en suelo, en el cual la piña está en crecimiento (Luc *et al.* 2005).

En estudios de realizados por León (2007), encontró la presencia de nematodos fitoparásitos asociados a raíces de piña tales como *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Rotylenchulus* y adicional a estos Carvajal (2009), logró identificar *Tylenchus*, *Criconemella* y *Nacobbus* en las zonas de San Carlos y Sarapiquí de Costa Rica en plantaciones convencionales, siendo el género *Helicotylenchus* el más frecuente durante toda la preinducción seguido del género *Pratylenchus*.

A nivel de suelo en plantaciones de piña convencional en Australia, Stirling y Nikulin (1993) lograron identificar los géneros de nematodos *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* como los dominantes y también fitoparásitos como *Pratylenchus* y *Criconemella*. Adicional a esto León (2007), encontró los géneros *Tylenchus* y *Tylenchorhynchus*, pero Carvajal (2009) incluye además al género *Hoplolaimus* e indica que con mayor frecuencia fueron encontrados los géneros *Helicotylenchus* y nematodos de vida libre.

En piña orgánica según la investigación llevada a cabo por Carvajal (2009) a nivel de raíces se logró identificar hasta diez géneros de nematodos: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Hoplolaimus*, *Tylenchus*, *Criconemella*, *Xiphinema*, *Tylenchorhynchus* y nematodos de vida libre, se alcanzó a definir cuatro de estos géneros como los más de mayor frecuencia entre ellos *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Criconemella* y nematodos de vida libre.

Además Carvajal (2009) identificó en suelo de plantaciones orgánicas los nematodos *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Tylenchus*, *Criconemella* y nematodos de vida libre, siendo los géneros *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* los más frecuentemente observados, con una frecuencia porcentual de 100%, durante los siete meses de investigación en el cultivo

2.2.9.1 Género *Meloidogyne*

El síntoma más obvio del género *Meloidogyne* sobre el cultivo de piña es la formación de un nódulo resultando de la infección de las puntas de la raíz. Síntomas menos obvios son falta de crecimiento de las plantas y estrés hídrico, con las raíces presentando nódulos terminales resulta en un pobre anclaje de la planta. Las etapas juveniles podrían sobrevivir por varias semanas en suelos desecados. Las etapas secundarias juveniles infectan las puntas radicales de la piña y llegan a ser sedentarios después de 2-3 días. Machos vermiformes y hembras sedentarias pueden observarse luego de varias mudas. La sobrevivencia de los nematodos puede darse en un amplio rango de temperaturas y pH de suelos (Bartholomew y Paull 2003).

En un estudio realizado por Julca *et al.* (2004), *Meloidogyne* presentó una correlación negativa (afectan o disminuyen) con peso de hoja D, longitud de hoja D, número de hojas/planta, número de bulbillos/fruto, número de coronas/fruto, peso de fruto con y sin corona, diámetro del corazón, altura de fruto y brix (%). Además este nematodo redujo el crecimiento radical cuando se incrementó el inóculo sobre plantas de piña, causando a su vez una disminución en por lo menos 16.4% del peso de la planta, 15% del peso de las hojas y en por lo menos 47.5% el peso del fruto.

2.2.9.2 Género *Pratylenchus*

Son endoparásitos migratorios capaces de invadir las raíces desde el suelo, ocasionan heridas a la raíz, que sirven de puerta de entrada a hongos y bacterias del suelo. Las raíces afectadas presentan lesiones longitudinales de color pardo o negro, y los síntomas aéreos en la planta son los mismos de plantas con raíces enfermas (FDA 1988).

Las lesiones que generan estos nematodos progresan conforme avanza el movimiento de alimentación y hacia las raíces secundarias y los vellos radicales son destruidos. La inoculación inicial comienza desde la infestación de fragmentos de raíces en el suelo o raíces infectadas que infectan los semilleros. Una vez la planta infectada, el ciclo entero puede ser completado dentro la raíz de la planta de piña. La reproducción es por partenogénesis mitótica, los machos se dan rara vez. La temperatura óptima del suelo para su desarrollo y crecimiento es de 25-30°C y la población puede ser mejor en suelos ácidos (Bartholomew y Paull 2003).

Román (1978), indica que las primeras seis semanas entre la destrucción de los residuos de cosecha anterior y la siembra son de suma importancia para reducir la incidencia de *Pratylenchus brachyurus*.

En investigaciones llevadas a cabo por Julca *et al.* (2004) y otros autores, *Pratylenchus* mostró una correlación negativa con peso de hoja D, número de hojas/planta, número de bulbillos/fruto, número de coronas/fruto, peso de fruto con y sin corona, diámetros del fruto, diámetro del corazón, altura de fruto, y brix (%); corroborando su efecto negativo sobre el cultivo de piña. Los autores mencionan que al inocular *P. brachyurus* en plantas de 'Cayena Lisa' encontraron una disminución del área de la hoja D en un 26%, el peso del material verde en un 35%, el de las raíces en 64% y el del fruto en un 35%; también encontró que en campo, el nematodo redujo el peso y el número de hojas, peso del fruto y la absorción de minerales. También señalan que junto al decrecimiento de la cosecha, debe existir una marcada baja en la producción de hijuelos. En Colombia se han encontrado resultados similares, ahí *P. neglectus* disminuyó en

un 54% el peso fresco de las plantas de piña inoculadas con dicho patógeno, también disminuyó el sistema radical y provocó enanismo y menor grosor y tamaño de las hojas.

Sarah y Hugon (1991), en un estudio realizado en piña sobre *Pratylenchus brachyurus* lograron detectar que el factor hídrico en exceso es preponderante y provoca una baja en las poblaciones e indican que los niveles de poblaciones en la raíces dependen de la capacidad de reacción de la planta a las condiciones del clima y además mientras más las plantaciones se aproximen al final del ciclo, las poblaciones de este parásito se pueden ver afectadas por factores desfavorables y las plantas menos responderán a factores favorables.

2.2.9.3 Género *Rotylenchulus*

El ciclo de vida no sobrepasa los 21 días y depende de la temperatura del suelo. Sin embargo, bajo condiciones de anhidrobiosis, puede sobrevivir en ausencia del hospedero hasta por lo menos dos años en el suelo. La eclosión de los huevos ocurre a las dos o tres semanas de su oviposición. Dentro del huevo ocurre una muda de la cutícula, formándose la fase juvenil que emerge y logra su capacidad infectiva en una o dos semanas posterior a la eclosión. De siete a catorce días después de la penetración de la raíz, las hembras alcanzan su madurez, mientras los machos se mantienen fuera de la misma con capacidad para fecundar y almacenar esperma. Con frecuencia la cantidad de hembras y machos es igual, siendo así la reproducción sexual; aunque puede ocurrir por partenogénesis. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa en un número que oscila entre 60 y 200 (Radewald y Takeshita 1964, citado por Hernández 2005).

Con posterioridad a la infección de las hembras, se induce la formación de una célula sincitio multinucleada, producto de la disolución de la pared celular de varias células vecinas, la cual sirve de sitio de alimentación. Bajo el microscopio estereoscópico se pueden observar hembras adultas parcialmente introducidas en las raíces, algunas de ellas con sus masas de huevos. Los cultivos más severamente afectados por el nematodo reniforme en suelos de elevada altitud

son el algodón, la piña, y vegetales entre los que se incluyen tomate, quimbombó, calabaza y lechuga (Gandoy y Ortega 1980, citado por Hernández, 2005).

Mencionan Julca *et al.* (2004), que *Rotylenchulus* presentó una correlación negativa con número de hojas/planta; peso de fruto con y sin corona, diámetros inferior y superior del fruto, diámetro del corazón y % de madurez. Este comportamiento corroboraría el efecto detrimental que tiene este género en la piña ya que cuando se le combate en campo, se logra aumentar la producción; además que sus poblaciones y el peso de raíces están correlacionados negativamente.

2.2.9.4 Género *Helicotylenchus*

Helicotylenchus spp., es un nematodo ectoparásito, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, el cual completa su ciclo en la raíz. Infecta cormos o tejido remanente del cultivo previo. Los síntomas son parecidos a los causados por otros nematodos fitoparásitos. Se alimentan de las capas más externas de la corteza, causando lesiones necróticas pequeñas que son características. Penetra de cuatro a seis capas de células del parénquima cortical. Su daño está confinado al parénquima más cercano a la epidermis. Los daños celulares son a menudo decoloraciones que posteriormente constituyen áreas necróticas. Su diseminación es principalmente por tejido infectado (Suárez y Rosales 2004).

La correlación negativa de *Helicotylenchus* viéndose efectos adversos con algunos componentes de producción y calidad como peso de hoja D, longitud de hoja D, número de bulbillos/fruto, número de coronas/fruto, peso de fruto con corona, diámetro inferior y mayor del fruto y brix (%), sugiere un efecto negativo de este fitonematodo sobre este cultivo, corroborando así la importancia de este género en piña y que en casos de masiva infestación podría tener un significativo impacto económico. Sin embargo, encontraron que *H. dihystra* se multiplicó en piña var. 'Manzana' pero no afectó los parámetros evaluados durante la prueba de parasitismo (Julca *et al.* 2004).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en fincas pertenecientes al Programa de Desarrollo Agroindustrial de la Zona Norte (PROAGROIN-ZN) dedicadas a la producción y exportación de piña tanto convencional como orgánica en el cantón de Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

Dichas fincas se seleccionaron de las listas de productores convencionales y orgánicos de modo que fueran fincas representativas del total de fincas que pertenecen al programa de PROAGROIN para ambos tipos de manejo. A continuación se presentan la lista de productores de las fincas que participaron en el estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Identificación del productor, ubicación y código asignado según tipo de manejo de la finca, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en la zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.

Fincas orgánicas (FO)		
Productor	Localización	Código
Juan Ramírez	San Luis	FO1
Claudio Jiménez	Maquengal	FO2
Ricardo Rodríguez	Katira	FO3
Felipe Rojas	Las Letras	FO4
Oscar Rodríguez	El Samen	FO5
Fincas convencionales (FC)		
Edgar Martínez	Santa Rosa	FC1
Helder Ortega	Río Celeste	FC2
Álvaro Esquivel	San Luis	FC3
Lino González	Katira	FC4
Vianney Jiménez	El Valle	FC5

3.2 Definición de la población y las muestras

En cada finca se seleccionó el área equivalente a quince mil plantas (dos mil quinientos metros cuadrados aproximadamente) que estaban próximas a ser forzadas (siete meses), esto con el objetivo de lograr la mayor exposición del sistema radical a los nematodos.

Cada muestra estuvo compuesta de cinco plantas, tomadas siguiendo un patrón en zigzag. Para evitar los efectos de bordes, no se utilizaron dos metros desde las cabeceras ni las plantas de la primera cama de la plantación (Figura 5 y 6).

3.3 Muestreos realizados

Se extrajeron cinco muestras compuestas de cinco submuestras cada una (Figura 5), las cuales se tomaron de manera sistemática (en zig-zag). Según la ubicación de las plantas, se ingresó por la segunda cama y dejando dos metros de los cabeceras.

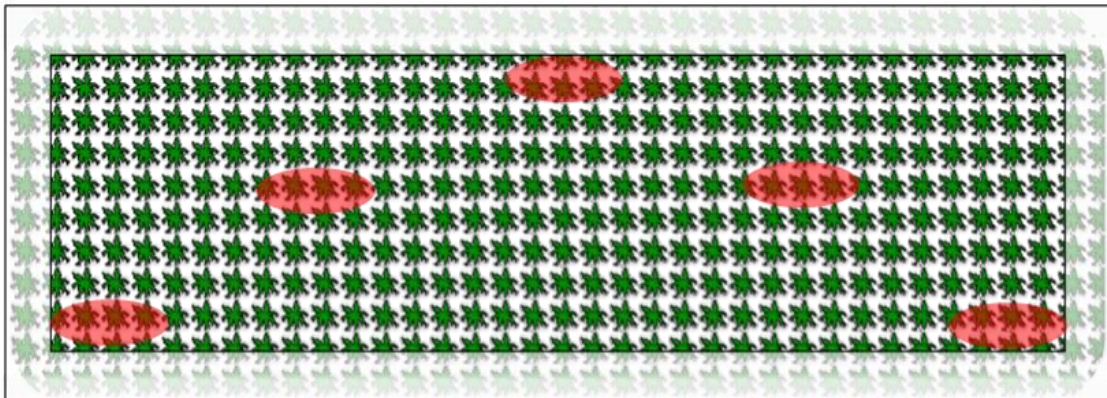


Figura 5. Descripción del área y zonas de muestreo, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en la zona de influencia de PROAGROIN Zona Norte, 2009.

En cada punto de muestreo se obtuvo cinco plantas completas (Figura 6), a las cuales se les extrajo el sistema radical, junto con una submuestra de suelo de aproximadamente 200 gramos. Una vez recolectadas las submuestras de suelo por cada punto de muestreo, se procedió a la homogenización y cuarteo de la misma. Las muestras finales debidamente rotuladas contemplaron el sistema radical de las plantas y aproximadamente 500 gramos de suelo, la cual fue enviada al laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica para su posterior análisis de identificación y cuantificación de géneros de nematodos en muestras de suelo y raíces.



Figura 6. Esquema de muestreo en las camas identificando las plantas a extraer, para el reconocimiento de nematodos fitoparásitos en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN Zona Norte, 2009.

Se recolectó muestras de suelo para realizar análisis químico completo de la misma manera mencionada anteriormente para análisis nematológico de suelo. Se midieron parámetros de temperatura y humedad, utilizando equipo electrónico (Higrotermometro) durante el desarrollo del muestreo, esto se realizó a nivel de suelo dentro de la plantación de piña muestreada (Anexo 9).

3.4 Variables descritas

- Identificación de los géneros de nematodos presentes en suelo y raíces de plantas de piña de fincas convencionales y orgánicas.
- Cuantificación de individuos por género, en muestras de suelo y raíces de plantas de piña en fincas convencionales y orgánicas.
- Determinación de la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en el suelo y raíces.
- Altura de la planta.

- Peso radical de la planta.
- Análisis químicos completos del suelo.
- Variables de temperatura y humedad a nivel de suelo.

3.5 Manejo de la investigación

3.5.1 Manejo en campo

Las fincas seleccionadas para la investigación siguieron el paquete tecnológico de manejo desarrollado por PROAGROIN. Cada grupo de fincas (orgánicas y convencionales) presentan un tipo de manejo específico.

3.5.1.1 Labores en campo al recolectar muestras para análisis nematológico

- a) Limpieza de malezas alrededor de la planta o plantas en el área donde se tomó la muestra y medición de variables de temperatura y humedad.
- b) Se colectó raíces junto con suelo, al tomar la muestra arrancando la planta, se aseguró que suficiente suelo viniera adherido al sistema radical para realizar análisis químico de suelo al momento de forzamiento (7 a 8 meses).
- c) La altura de la planta se realizó en cada planta extraída midiendo desde la base de la planta hasta la hoja de mayor altura (Hoja D).
- d) El peso radical realizado mediante una balanza digital se pesaron las raíces extraídas de cada planta.
- e) Se preparó la etiqueta con los datos completos: planta o cultivo, localidad exacta, fecha, colector, remitente, análisis a elaborar, laboratorio.
- f) Se cerraron bien las bolsas y mantuvieron en un lugar fresco.

3.5.2 Procedimiento en laboratorio para extracción de nematodos

El procedimiento de extracción de nematodos para raíces y suelo es el que emplea el Laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

3.5.2.1 Centrifugación-flotación en solución azucarada (Suelo)

- Homogenización de la muestra de suelo.
- Se toma una muestra de 100 mililitros.
- Se coloca la muestra en el fondo del balde.
- Se agrega agua a presión para facilitar la liberación de los nematodos, esta acción se suspende antes de que el nivel del agua llegue al borde del balde.
- La suspensión se deja reposar por 30 segundos.
- La suspensión es pasada a través de los tamices superpuestos de 100 y 400 mesh.
- Se repite una vez más esta operación.
- Se lava con abundante agua el tamiz de 100 mesh, estando aun superpuesto y posteriormente se descarta su contenido.
- El contenido retenido en el tamiz de 400 mesh es depositado en un tubo de centrifuga de 50ml.
- Se centrifuga a 2.700-2.800 rpm, durante tres minutos.
- Se descarta la suspensión supernadante y se sustituye por una solución azucarada de 1,18 de gravedad específica.
- Se resuspende el material y se centrifuga nuevamente durante tres minutos (2.700-2.800 rpm).
- Posteriormente el supernadante es pasado a través del tamiz de 400 mesh y se lava con suficiente agua para eliminar toda la solución azucarada.
- El residuo es concentrado y vertido en un platillo petri rayado, para su posterior lectura.

3.5.2.2 Centrifugación-flotación en solución azucarada (raíces)

- Este método consistió en lavar bien las raíces, obteniendo una submuestra representativa, la cual se licuó durante un período de 30 segundos.
- El macerado se pasó a través de un juego de cribas superpuestas de 100-400 mesh.
- El material de la criba superior se lavó con abundante agua y se descartó.

- El material retenido por la criba de 400 mesh se pasó a un tubo de 50cc y se centrifugó durante 3 minutos (2.700-2.800 rpm).
- Luego el supernadante se descartó y fue sustituido por una solución azucarada (1,18 de gravedad específica) y se centrifugó nuevamente durante 3 minutos a 2.700-2.800 rpm.
- La suspensión obtenida fue pasada a través de la criba de 400 mesh, fue lavada con agua y depositada en un platillo de petri rayado para su posterior lectura.

3.6 Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos en la presente investigación se realizó mediante la identificación, frecuencia relativa (Norton 1978) y densidades poblacionales de géneros nematodos fitoparásitos, los cuales se compilaron en cuadros y gráficos, además de utilizar la estadística descriptiva.

La relación de nematodos fitoparásitos con condiciones edafoclimáticas (Humedad, Temperatura y Química de suelos) y de desarrollo vegetal (Altura planta y Peso radical), se realizó mediante correlaciones entre las variables, utilizando el programa estadístico INFOSTAT.

La comparación entre densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos bajo modalidades de manejo orgánico y convencional, se realizó mediante una prueba de T para muestras independientes, utilizando el programa estadístico INFOSTAT.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en cinco secciones: la primera parte de identificación, la segunda parte las frecuencias, la tercera parte indica las densidades poblacionales, la cuarta describe correlaciones entre densidades y variables y la quinta parte muestra una comparación entre el manejo orgánico y convencional y las densidades poblacionales de cada uno.

4.1 Identificación de géneros de nematodos fitoparásitos

El proceso de identificación se realizó a través de análisis nematológicos (Anexo 3 y 4), observándose a continuación los géneros de nematodos fitoparásitos hallados en plantaciones orgánicas y convencionales a nivel de raíces y a nivel de suelo.

4.1.1 Muestras de raíces en plantaciones convencionales

En plantaciones convencionales, se lograron identificar cinco géneros de nematodos: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Criconemella* y *Meloidogyne*, los cuales se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Identificación de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo convencional en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.

Tipo de Manejo	Nematodos identificados en raíces	%
Piña Convencional*	<i>Pratylenchus</i>	86,58
	<i>Helicotylenchus</i>	8,85
	<i>Tylenchus</i>	4,35
	<i>Criconemella</i>	0,22
	<i>Meloidogyne</i>	0,01

* N° de muestras analizadas.

León (2007) y Carvajal (2009) en estudios nematológicos en la zona de San Carlos y Sarapiquí confirman la importancia de los géneros detectados en esta investigación a nivel de raíces en plantaciones convencionales, dando mayor importancia a los tres principales géneros encontrados.

En la Figura 7 se puede apreciar como en las muestras de raíz en plantaciones convencionales la suma de individuos del género *Pratylenchus* expresada porcentualmente es de 86,58% siendo este el mayor porcentaje encontrado, seguidamente están los géneros *Helicotylenchus* y *Tylenchus* respectivamente con 8,85% y 4,35% y los otros géneros no superan el 1%.

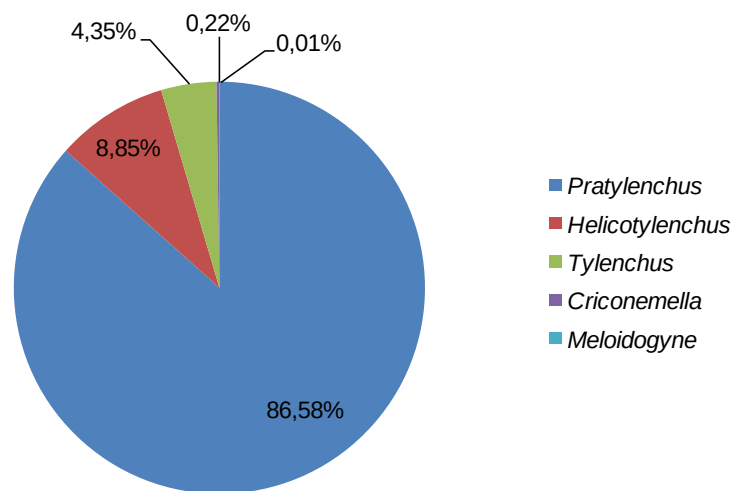


Figura 7. Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.1.2 Muestras de suelo en plantaciones convencionales.

Los nematodos fitoparásitos encontrados en plantaciones convencionales en muestras de suelo, son *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Crictonemella*, *Pratylenchus* y *Hemicyclophora*, siendo los tres primeros géneros los encontrados en mayor cantidad.

Cuadro 3. Identificación de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo convencional en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.

Tipo de Manejo	Nematodos identificados en suelo	%
Piña Convencional*	<i>Helicotylenchus</i>	69
	<i>Tylenchus</i>	19
	<i>Criconemella</i>	7
	<i>Pratylenchus</i>	4
	<i>Hemicycliophora</i>	1

* N° de muestras analizadas.

Stirling y Nikulin (1993) y otros autores indican que generalmente en suelo de piñales convencionales predominan los géneros de nematodos *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Criconemella*, *Pratylenchus*, lográndose identificar además el género *Hemicycliophora*.

Se puede apreciar en la Figura 8, como del total de muestras de suelo tomadas en plantaciones convencionales, el género *Helicotylenchus* expresa un 69%, seguido por *Tylenchus* y *Criconemella* respectivamente con valores de 19% y 7%; y por último los géneros *Pratylenchus* (4%) y *Hemicycliophora* (1%).

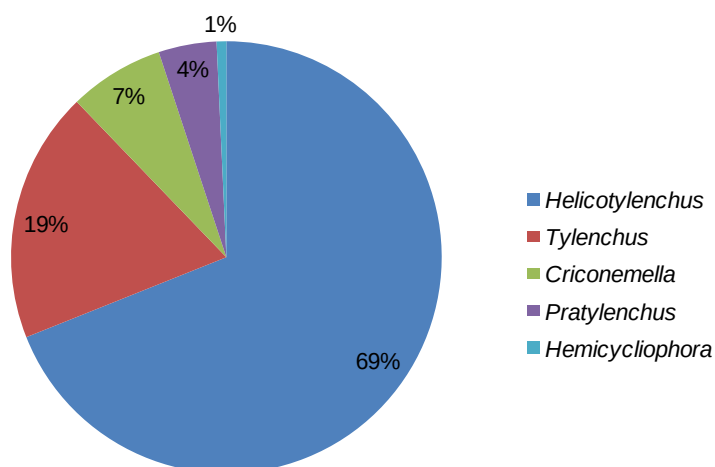


Figura 8. Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.1.3 Muestras de raíces en plantaciones orgánicas

En muestras de raíces de piña bajo manejo orgánico se presentaron únicamente cuatro géneros de nematodos: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Criconemella* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Identificación de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo orgánico en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.

Tipo de Manejo	Nematodos identificados en raíces	%
Piña Orgánica*	<i>Pratylenchus</i>	69,88
	<i>Helicotylenchus</i>	18,78
	<i>Tylenchus</i>	11,24
	<i>Criconemella</i>	0,10

* N° de muestras analizadas.

La presencia porcentual de individuos por género de nematodo en piñales bajo manejo orgánico se distribuyen entre tres primeros géneros (Figura 9) en la cual *Pratylenchus* tiene el mayor valor con un 69,88%, *Helicotylenchus* con 18,78%, *Tylenchus* muestra un 11,24% y el otro género no alcanza el 1%.

Según lo indicado por Carvajal (2009), este grupo de géneros identificados en esta investigación coinciden con algunos de los encontrados en Sarapiquí de Costa Rica, y también existe coincidencia con géneros en plantaciones de Guatuso.

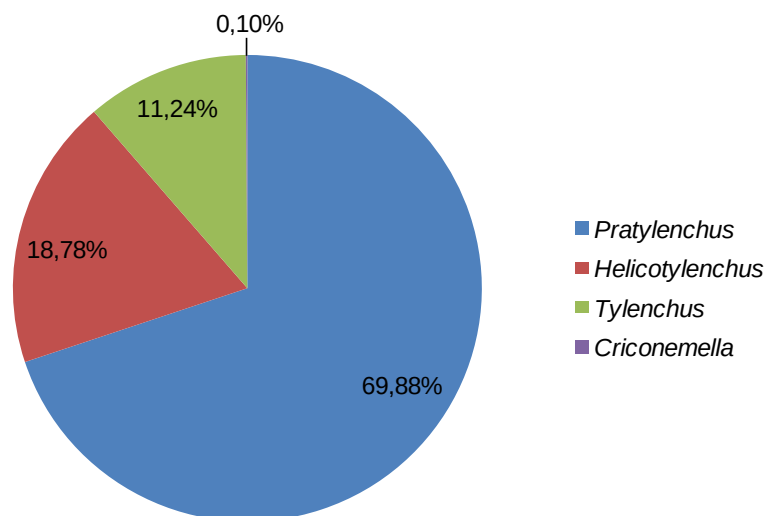


Figura 9. Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.1.4 Muestras de suelo en plantaciones orgánicas

En muestras de suelo de plantaciones orgánicas se lograron identificar cinco géneros de nematodos fitoparásitos de los cuales, el género de nematodo en orden de importancia están *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Psilenchus*, *Criconemella* y *Ditylenchus* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Identificación de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo orgánico en Guatuso, zona de influencia de PROAGROIN-ZN, 2009.

Tipo de Manejo	Nematodos identificados en suelo	%
Piña Orgánica*	<i>Helicotylenchus</i>	87,08
	<i>Tylenchus</i>	6,62
	<i>Psilenchus</i>	4,50
	<i>Criconemella</i>	1,35
	<i>Ditylenchus</i>	0,45

* N° de muestras analizadas.

En la Figura 10, se puede observar gráficamente la presencia porcentual de *Helicotylenchus* (87,08%), *Tylenchus* (6,62%) y *Psilenchus* (4,5%); mientras tanto los géneros restantes *Criconemella* y *Ditylenchus* no superan el 2%.

En la investigación realizada por Carvajal (2009), identificaron *Helicotylenchus* como el segundo nematodo de importancia agrícola en suelos de plantaciones orgánicas de piña. Además, se logró identificar *Tylenchus* y *Criconemella*.

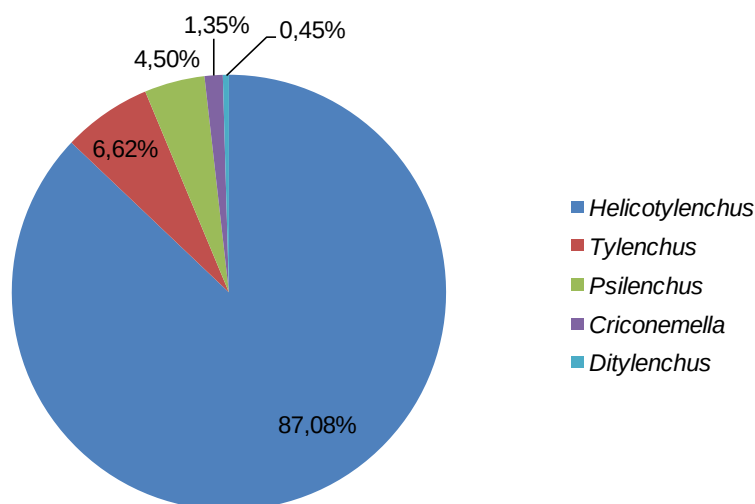


Figura 10. Presencia porcentual de géneros de nematodos identificados en suelo de plantaciones orgánicas de piña Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.2 Frecuencia de géneros de nematodos fitoparásitos

Con base en los géneros de nematodos fitoparásitos identificados se realizaron las frecuencias relativas en plantaciones bajo manejo convencional y orgánico, a nivel de raíces y suelo.

4.2.1 Frecuencia de nematodos en muestras de raíces, plantaciones convencionales

En las plantaciones convencionales de Guatuso se lograron detectar seis géneros de nematodos fitoparásitos a nivel radical al momento del forzamiento. En la Figura 11 se aprecia la frecuencia relativa de estos nematodos fitoparásitos.

El género *Pratylenchus* fue encontrado con mayor frecuencia (36,92%) posiblemente esto se debe a que el comportamiento de este fitonemato como lo indica Bartholomew y Paull (2003), es endoparásito y al infectar una planta puede concluir su ciclo completo en las raíces de la misma.

En orden, el nematodo *Tylenchus* es el segundo con 27,69% de aparición y muy similar *Helicotylenchus* con un 26,15% y con valores menores se presentaron *Criconemella* (7,69%) y *Meloidogyne* (1,54%) (Figura 11).

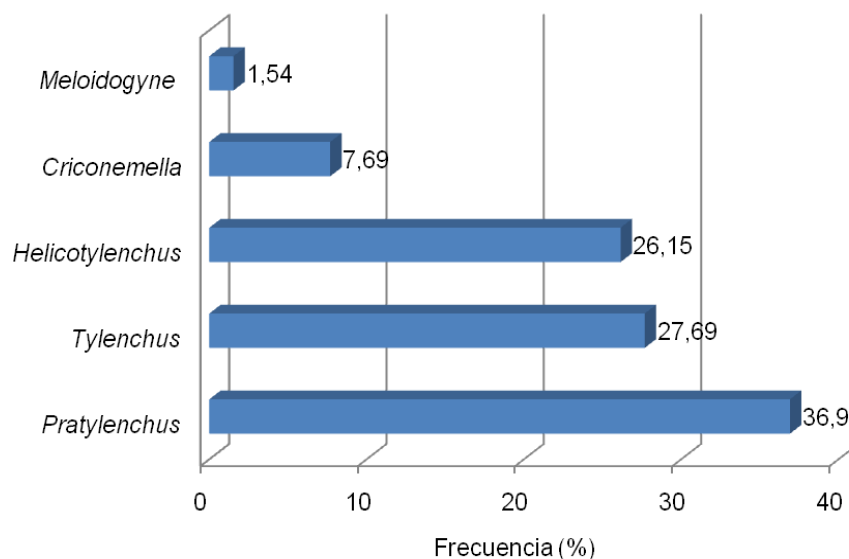


Figura 11. Frecuencias de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Estos resultados difieren con los presentados por Carvajal (2009) en los cuales el género *Helicotylenchus* es el más frecuente en las raíces de plantaciones convencionales próximas a ser forzadas (siete meses).

4.2.2 Frecuencia de nematodos en muestras de suelo, plantaciones convencionales

Las plantaciones convencionales presentan una situación muy similar entre los géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de suelo, en la cual *Helicotylenchus* y *Tylenchus* presentan la mayor frecuencia con un 30,77% (Figura 12), comportamiento similar a los estudios realizados en la zona de Sarapiquí donde el género más frecuente fue *Helicotylenchus* (Carvajal 2009).

Sucede algo muy similar con los géneros *Pratylenchus* y *Criconemella* en cuyo caso las frecuencias menores (15,38%) y en menor periodicidad se encuentra el género *Hemicyclophora* (7,69%) (Figura 12).

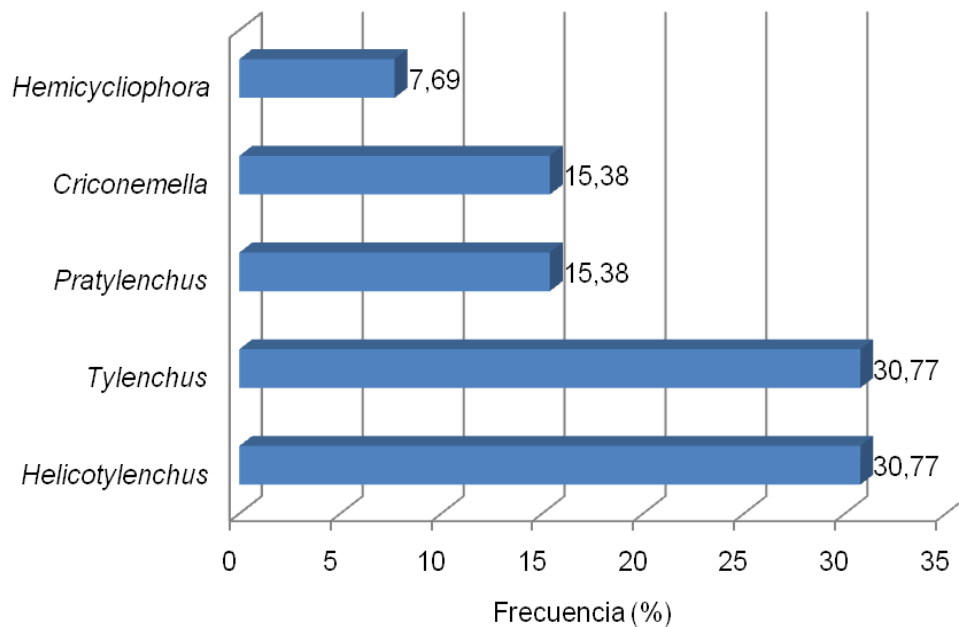


Figura 12. Frecuencias de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Autores como Gaugler y Bilgrami (2004), Suárez y Rosales (2004) indican que el comportamiento de *Helicotylenchus* es de tipo ectoparásito el cual se alimenta de las capas externas de la corteza radical, por lo tanto podría ser más común encontrar este nematodo a nivel de suelo.

4.2.3 Frecuencia de nematodos en muestras de raíces, plantaciones orgánicas

En la Figura 13 se logra apreciar como el género *Helicotylenchus* se encuentra en raíces de piña orgánica en una frecuencia relativa de 35,19% del total de géneros encontrados, así mismo *Pratylenchus* se encuentra segundo en importancia (29,63%) y seguidos de *Tylenchus*, *Ditylenchus* y *Criconemella*, con 24,07%, 9,26% y 1,85%, respectivamente.

De igual forma Carvajal (2009), destaca a los géneros *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* como los de mayor importancia y frecuentemente encontrados en raíces de las plantaciones orgánicas.

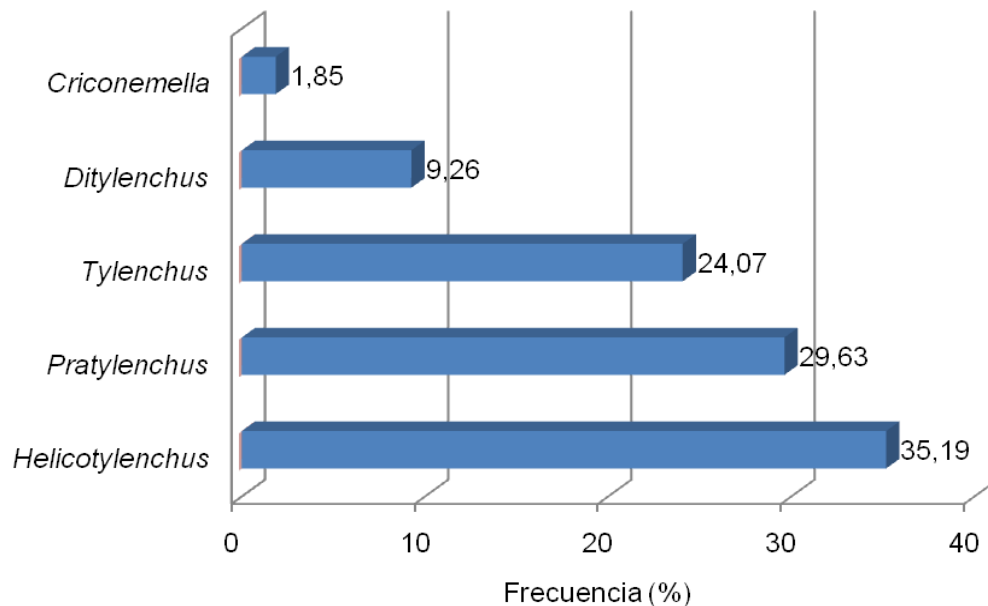


Figura 13. Frecuencias de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Como indica Suárez y Rosales (2004), *Helicotylenchus* es un nematodo ectoparásito el cual puede comportarse como endoparásito migratorio y podría completar su ciclo en la raíz. Este tipo de comportamiento podría explicar su frecuencia en raíces de plantaciones orgánicas.

4.2.4 Frecuencia de nematodos en muestras de suelo, plantaciones orgánicas

A nivel de suelo en los piñales orgánicos abundan normalmente cinco géneros de nematodos fitoparásitos de los cuales se pueden mencionar: *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Criconemella*, *Ditylenchus* y *Psilenchus* (Figura 14). *Helicotylenchus* es el que se encuentra con mayor frecuencia con 41,67%, mientras que los géneros *Ditylenchus* y *Psilenchus* se determinaron en un menor porcentaje (8,33%). Los nematodos *Tylenchus* y *Criconemella* presentaron valores intermedios de 25,00 % y 16,67%, respectivamente.

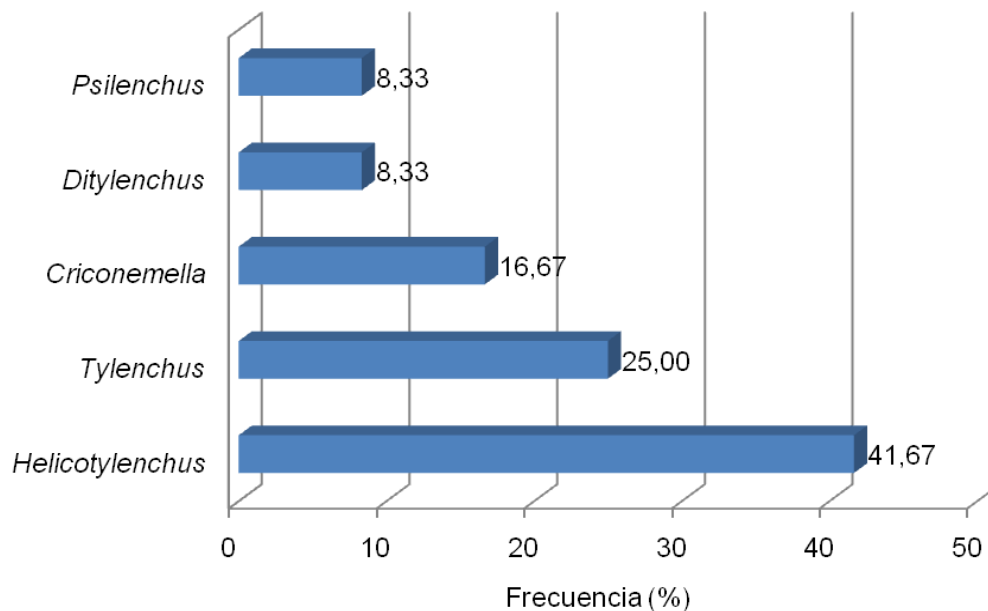


Figura 14. Frecuencias de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Estos resultados difieren con lo expuesto por Carvajal (2009) en piña orgánica a nivel de suelo, donde considera que los nematodos más frecuentemente encontrados fueron *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*, no así el género *Tylenchus* que es el segundo en importancia en este estudio (Figura 14).

4.3 Densidad de géneros de nematodos fitoparásitos

Se promediaron los valores de las densidades de nematodos fitoparásitos tanto en plantaciones orgánicas como convencionales.

Para el caso independiente de cada finca los promedios se realizaron utilizando la media aritmética, debido a que cada una de las fincas tiene condiciones propias que las afectan distintamente.

Para determinar el promedio de las densidades poblacionales de las fincas en conjunto se utilizó la mediana, dado que es un valor más justo para expresar un valor más aproximado de la realidad de las fincas en conjunto, con respecto a la densidad de nematodos.

4.3.1 Densidad poblacional de nematodos en muestras de raíces, plantaciones convencionales

Las densidades de poblacionales de nematodos fitoparásitos, presentan una gran variabilidad (Cuadro 6), debido a que existen valores que oscilan entre cero individuos/100gr de raíces (*Criconemella* y *Meloidogyne*), hasta 26.448 individuos/100gr de raíces para el caso de *Pratylenchus*.

Otros nematodos encontrados fueron *Helicotylenchus* y *Tylenchus* con valores de 4.128 individuos y 1.222 individuos/100gr de raíces) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en raíces de fincas de piña convencional en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Finca*	Nm**	Densidad promedio (Nº individuos/100 gr raíces)				
		<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconemella</i>	<i>Meloidogyne</i>
FC1	5	15.626	288	1.222	0	6
FC2	5	7.942	4.128	764	24	0
FC3	5	26.448	1.028	472	42	0
FC4	5	2.014	0	238	0	0
FC5	5	1.652	42	0	68	0
Mediana	25	7.080	340	330	0	0

* Código de finca muestreadas.

** Número de muestras analizadas.

En la Figura 15, se muestran las densidades poblacionales medias de nematodos fitoparásitos en raíces, en plantaciones convencionales. Se encontró que *Pratylenchus* presenta la mayor densidad media (7.080 individuos/100gr de raíces); mientras que para *Helicotylenchus* y *Tylenchus* los valores medios de las densidades poblacionales fueron de 340 y 330 Individuos/100gr de raíces, respectivamente.

Para *Meloidogyne* y *Criconemella* no se encontraron niveles poblacionales.

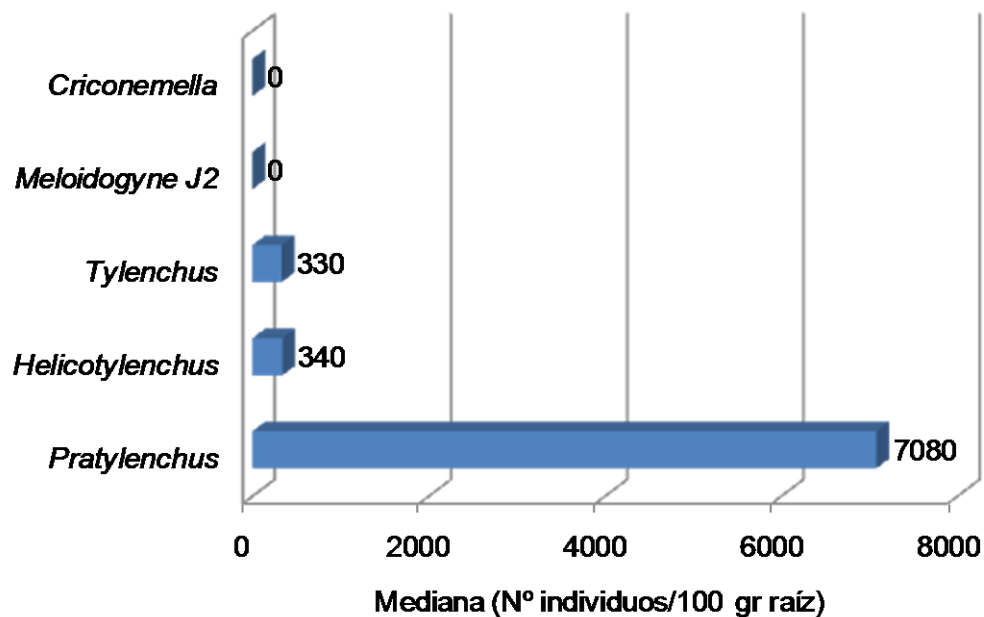


Figura 15. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en raíces de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.3.2 Densidad poblacional de nematodos en muestras de suelo, plantaciones convencionales

A nivel de suelo en fincas convencionales, *Helicotylenchus* presentaron poblaciones máximas de 792 individuos/100ml de suelo, mientras que para *Tylenchus* es de 96 individuos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en suelo de piña convencional en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Finca*	Nm*	Densidad promedio (Nº individuos/100 ml suelo)				
		<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconemella</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Hemicycliophora</i>
FC1	1	168	96	0	60	0
FC2	1	792	47	0	0	12
FC3	1	60	84	96	12	0
FC4	1	120	84	0	0	0
FC5	1	0	0	22	0	0
Mediana	5	120	84	0	0	0

* Código de finca muestreadas.

** Número de muestras analizadas.

Helicotylenchus presenta la densidad promedio más alta de todos los géneros de nematodos fitoparásitos en las áreas de piña convencional (120 individuos/100ml de suelo). Por otro lado, *Tylenchus* presenta un valor 84 individuos/100ml de suelo en plantaciones convencionales de piña a nivel de suelo. Los otros géneros indicados no son relevantes (Figura 16).

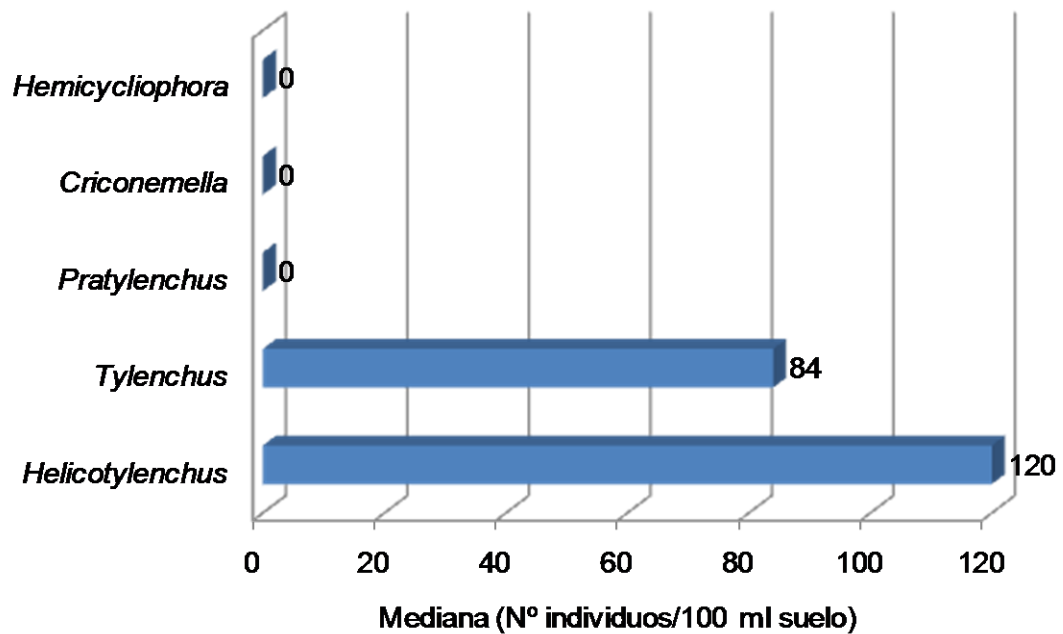


Figura 16. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en suelo de plantaciones convencionales de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.3.3 Densidad poblacional de nematodos en muestras de raíces, plantaciones orgánicas

En el Cuadro 8 se presentan los valores promedio de densidad de nematodos en raíces con base a las medias de las fincas bajo manejo orgánico.

Pratylenchus presentó el promedio máximo de finca en plantaciones orgánicas con 7.520 individuos/100gr. En orden descendente, *Helicotylenchus* y *Tylenchus* obtuvieron un valor máximo de 2.112 y 1.312 individuos/100gr de raíces, respectivamente. Los otros géneros de nematodos no presentan valores relevantes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en raíces de piña orgánica en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Finca*	Nm**	Densidad promedio(Nº individuos/100 gr raíces)				
		<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Ditylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
FO1	5	2.112	7.520	1.312	0	0
FO2	5	24	594	0	0	0
FO3	5	320	96	138	0	0
FO4	5	456	3.888	120	0	0
FO5	5	342	10	378	818	18
Mediana	25	350	240	110	0	0

* Código de finca muestreadas.

** Numero de muestras analizadas.

En la Figura 17 se puede apreciar como *Helicotylenchus* tiene un valor de 350 individuos/100gr de raíces en promedio bajo técnicas de manejo orgánico en muestras de raíces, mientras que para *Pratylenchus* es de 240 individuos/100gr de raíces y de *Tylenchus* es de 110 individuos/100gr de raíces.

Criconemella y *Ditylenchus* no presentaron niveles poblacionales en raíces.

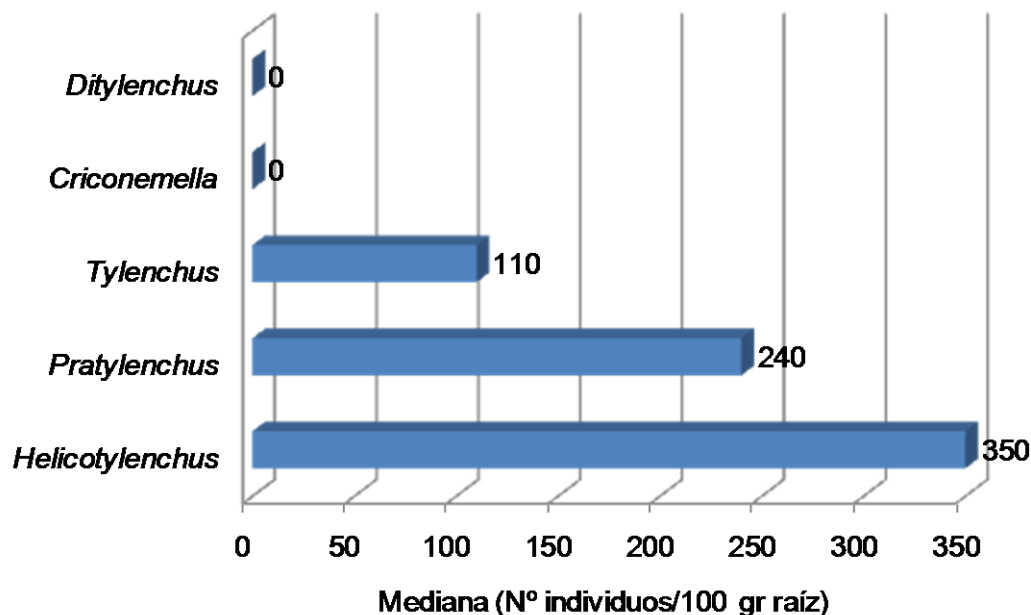


Figura 17. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en raíces de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.3.4 Densidad poblacional de nematodos en muestras de suelo, plantaciones orgánicas

Las densidades poblacionales promedio (media) de las fincas muestreadas a nivel de suelo bajo manejo orgánico se muestran en el Cuadro 9. Se observa que de los cinco géneros identificados únicamente dos de ellos presentan densidades relevantes. *Helicotylenchus* presenta una densidad poblacional máxima de 5.840 individuos/100ml de suelo y *Tylenchus* es de 320 individuos/100ml de suelo. Los otros géneros de nematodos fitoparásitos no presentan datos relevantes.

Cuadro 9. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la media, en suelo de piña orgánica en fincas de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Finca*	Nm**	Densidad promedio (Nº individuos/100 ml suelo)				
		<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconemella</i>	<i>Psilenchus</i>	<i>Ditylenchus</i>
FO1	1	5.840	320	80	320	0
FO2	1	12	0	0	0	0
FO3	1	72	0	0	0	0
FO4	1	71	23	0	0	0
FO5	1	200	128	16	0	32
Mediana	5	72	23	0	0	0

* Código de finca muestreadas.

** Numero de muestras analizadas.

En la Figura 18 se presenta el promedio (mediana) de las densidades poblacionales de nematodos de muestras de suelo de fincas de manejo orgánico. *Helicotylenchus* presentó una mediana de la densidad poblacional de 72 individuos/100ml de suelo, y para *Tylenchus* fue de 23 individuos/100ml de suelo.

Respecto a los géneros *Criconemella*, *Ditylenchus* y *Psilenchus*, no se determinaron poblaciones a nivel de suelo (Figura 18).

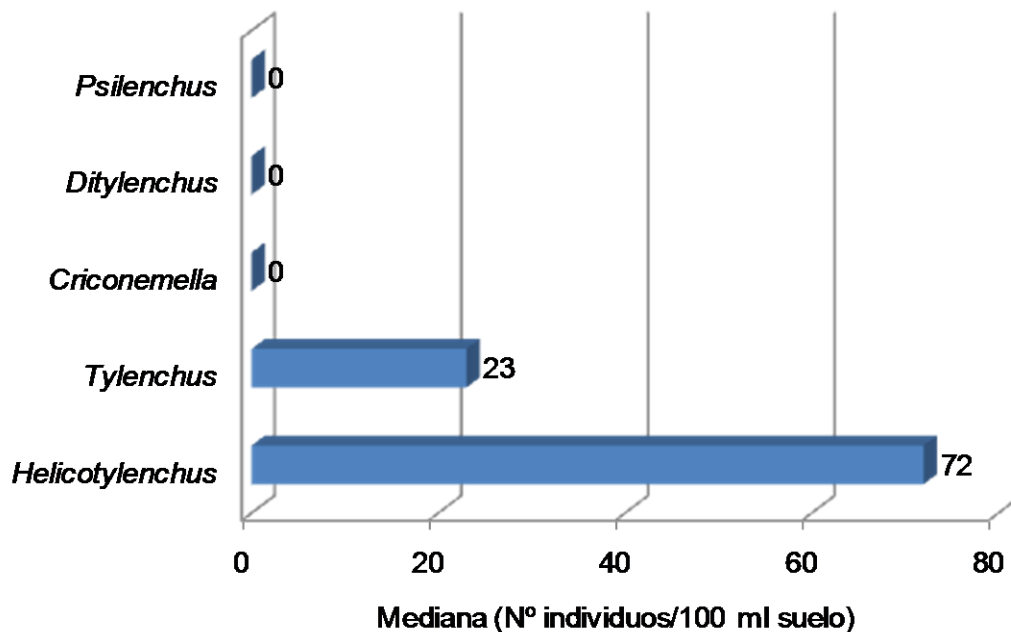


Figura 18. Densidad de nematodos fitoparásitos, según la mediana, en suelo de plantaciones orgánicas de piña en Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

4.4 Correlaciones entre variables de desarrollo y clima vs densidad de nematodos fitoparásitos

Se correlacionaron variables de desarrollo vegetativo (altura de planta y peso radical) y condiciones edafoclimáticas (temperatura, humedad y química de suelo), con las densidades poblacionales de los géneros de nematodos fitoparásitos tanto a nivel de suelo como raíces al momento del forzamiento en plantaciones bajo técnicas de manejo convencional y orgánico.

El coeficiente de correlación expresa el grado de asociación entre dos variables de forma lineal en un rango $[-1,1]$, estos pueden ser bajos (0-0,5), medios (0,5-0,7) y altos (0,7-0,99), un coeficiente de correlación bajo indica poca asociación entre variables y un coeficiente de correlación alto indica un grado de asociación mayor entre variables.

El valor negativo o positivo del coeficiente de correlación indica si dicha relación es inversa (negativo, al aumentar una variable disminuye la otra) o directa (positivo, aumentan las dos variables conjuntamente).

4.4.1 Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales

En el Cuadro 10 se indican las correlaciones dadas a nivel de raíces en plantaciones convencionales entre las variables altura de la planta y peso radical con respecto a las densidades poblacionales de géneros de nematodos. En general no se aprecian valores que indiquen un grado de significancia para estas correlaciones dadas.

Pratylenchus presenta un coeficiente de correlación bajo siendo este valor negativo con respecto a la altura de las plantas (-0,34) y una probabilidad de 0,09, indicando que no hay significancia. Esto podría sugerir que al aumentar las poblaciones de *Pratylenchus* disminuye la altura de las plantas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en raíces de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos	Variables	
	Altura de planta	Peso radical
<i>Criconemella</i>	(-0,14)* (0,51)**	(0,24)* (0,25)**
<i>Helicotylenchus</i>	(-0,26) (0,21)	(-0,19) (0,37)
<i>Meloidogyne</i>	(-0,1) (0,63)	(0,06) (0,79)
<i>Pratylenchus</i>	(-0,34) (0,09)	(-0,18) (0,39)
<i>Tylenchus</i>	(0,06) (0,76)	(-0,39) (0,06)

* Coeficiente de correlación; **bajo** (0-0,5), **medio** (0,5-0,7), **alto** (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

El peso de las raíces de plantas de piña bajo manejo convencional podrían disminuir con respecto a la población de *Tylenchus* el cual muestra una correlación negativa (-0,39) con una probabilidad no significativa (P= 0,06).

4.4.2 Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales

Las correlaciones entre altura de la planta y peso radical con respecto a las densidades poblacionales se presentan en el Cuadro 11. Se observan valores de correlaciones negativas altas, con un valor de probabilidad no significativa.

La altura de la planta y la densidad del género *Criconemella* se encuentran en una relación inversa con un coeficiente correlación alto (-0,83) y una probabilidad no significativa (P=0,08). Esto supone, con un grado alto de asociación, que al aumentar la población de este nematodo se ve afectada la altura de las plantas de piña (Cuadro 11).

Cuadro 11. Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en suelo de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos	Variables	
	Altura de planta	Peso radical
<i>Helicotylenchus</i>	(-0,00072)* (1)**	(-0,42)* (0,48)**
<i>Tylenchus</i>	(0,27) (0,67)	(-0,81) (0,09)
<i>Criconemella</i>	(-0,83) (0,08)	(0,36) (0,55)
<i>Pratylenchus</i>	(0,21) (0,74)	(-0,32) (0,60)
<i>Hemicycliophora</i>	(0,12) (0,84)	(-0,25) (0,68)

* Coeficiente de correlación; **bajo** (0-0,5), **medio** (0,5-0,7), **alto** (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

Tylenchus presenta un correlación negativa (-0,81) con respecto al peso radical a nivel de suelo en plantaciones convencionales con una probabilidad no significativa (P=0,09). O sea, que al aumentar las poblaciones de *Tylenchus* en el suelo, el peso de las raíces de piña bajo manejo convencional se ve afectado en un alto de grado de asociación de estas variables.

4.4.3 Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas

En el Cuadro 12 se logra apreciar las correlaciones en plantaciones orgánicas a nivel radical entre las densidades de fitonematodos identificados respecto a la altura de la planta y peso radical. Estas correlaciones son positivas con coeficientes de correlación bajos y probabilidades poco significativas.

Helicotylenchus presenta un coeficiente de correlación con respecto a la altura de la planta bajo (0,44) esto indica estas variables se asocian poco entre sí, pero siguen una relación directa al aumentar la altura de la planta también aumenta la población de *Helicotylenchus* esto con una probabilidad significativa ($P=0,03$) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en raíces de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos	Variables	
	Altura de planta	Peso radical
<i>Helicotylenchus</i>	(0,44)* (0,03)**	(0,06)* (0,78)**
<i>Tylenchus</i>	(-0,02) (0,92)	(0,36) (0,08)
<i>Criconemella</i>	(-0,09) (0,67)	(0,12) (0,57)
<i>Pratylenchus</i>	(0,36) (0,08)	(-0,06) (0,78)

* Coeficiente de correlación; bajo (0-0,5), medio (0,5-0,7), alto (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa ($P<0,05$).

Las densidades poblacionales de *Pratylenchus* y *Tylenchus* tienen una correlación positiva (0,36) baja con una probabilidad no significativa ($P=0,08$) con respecto al peso radical y altura de planta, respectivamente, pero no demuestra valores significativos de interés (Cuadro 12).

4.4.4 Altura de planta, peso radical vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas

En plantaciones de piña manejadas bajo técnicas orgánicas se logra observar que la variable de altura de la planta es la única que responde al análisis de correlación con respecto a la densidad de géneros de nematodos fitoparásitos a nivel de suelo, presentando coeficientes de correlación positivos y probabilidades significativas. (Cuadro 13)

Helicotylenchus presenta que a mayor densidad de este nematodo, mayor es también la altura de la planta con un coeficiente de correlación alto (0,97) y una probabilidad significativa (P=0,01). Este efecto de que la altura de la planta aumenta conforme aumenta de densidad, también se presenta con *Criconemella* en la cual el coeficiente de correlación es alto (0,93), indicando que hay un alto grado de asociación entre las variables altura de planta y densidad de *Criconemella* y una probabilidad significativa (P=0,02).

Cuadro 13. Correlación entre altura de planta, peso radical y nematodos fitoparásitos en suelo de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos	Variables	
	Altura de planta	Peso radical
<i>Helicotylenchus</i>	(0,97)* (0,01)**	(0,34)* (0,58)**
<i>Tylenchus</i>	(0,84) (0,07)	(0,41) (0,49)
<i>Criconemella</i>	(0,93) (0,02)	(0,39) (0,51)
<i>Psilenchus</i>	(0,97) (0,01)	(0,32) (0,59)
<i>Ditylenchus</i>	(-0,35) (0,56)	(0,29) (0,64)

* Coeficiente de correlación; bajo (0-0,5), medio (0,5-0,7), alto (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

La densidad de *Psilenchus* se correlaciona positivamente con respecto a la altura de la planta con un coeficiente de correlación alto (0,97) por tanto al aumentar la densidad de *Psilenchus* también la altura de la planta aumenta, esto con una probabilidad significativa (P=0,01).

4.4.5 Química de suelo, temperatura, humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones convencionales

En el Cuadro 14 se presentan las correlaciones entre variables edafoclimáticas y densidad de nematodos fitoparásitos a nivel de raíces en plantaciones convencionales.

El género *Pratylenchus* presenta coeficientes de correlación negativos bajos con probabilidades significativas. La correlación con el pH (-0,41) con una probabilidad significativa ($P=0,04$) sugiere que al disminuir el pH se favorecen las poblaciones de este nematodo pero con un grado de asociación bajo. La correlación con el contenido de Potasio (K) en el suelo (-0,46) y la densidad de *Pratylenchus* indica que al disminuir el contenido de potasio en el suelo aumentan la población de este género, con probabilidad significativa (0,02); igual sucede con el contenido de Cobre (Cu) en el suelo (Cuadro 14).

Helicotylenchus presenta relaciones tanto negativas como positivas con muchas de las variables edafoclimáticas, se describen en orden de importancia primero las que tienen una correlación alta y una probabilidad significativa ($P < 0,05$) y por último las que tienen una correlación baja y una probabilidad significativa ($P < 0,05$). La temperatura presenta un coeficiente de correlación alta (-0,75) con probabilidad significativa ($P= 0,000015$) lo que indica que a mayor temperatura menor es la densidad de este género de nematodo (Cuadro 14).

La saturación de acidez (%SA) indica que a mayor saturación de acidez mayor es la densidad poblacional de *Helicotylenchus* presentando un coeficiente de correlación alto (0,84) y una probabilidad significativa ($P= 0,00000015$). El contenido de materia orgánica en el suelo (%MO) muestra que entre mayor es su contenido en el suelo menor es la densidad poblacional de *Helicotylenchus* esto con un grado de asociación alto (-0,72) y una probabilidad significativa ($P= 0,000049$). La densidad del nematodo *Helicotylenchus* disminuye conforme aumenta la capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) según un coeficiente de correlación alto (-0,79) y con probabilidad significativa ($P= 0,0000027$) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en raíces de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Variables	Nematodos				
	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Crictonemella</i>	<i>Meloidogyne</i>
Temperatura (°C)	(0,4)* (0,05)**	(-0,75)* (0,000015)**	(0,03)* (0,89)**	(-0,00012)* (1)**	(0,19)* (0,37)**
Humedad (%)	(-0,3) (0,15)	(0,54) (0,01)	(0,27) (0,2)	(-0,03) (0,9)	(0,12) (0,57)
pH	(-0,41) (0,04)	(-0,45) (0,02)	(-0,37) (0,07)	(0,31) (0,13)	(-0,06) (0,77)
%SA	(0,02) (0,91)	(0,84) (0,00000015)	(0,32) (0,12)	(-0,17) (0,42)	(-0,0042) (0,98)
%MO	(0,15) (0,47)	(-0,72) (0,000049)	(0,19) (0,36)	(-0,14) (0,49)	(0,32) (0,12)
Acidez	(0,26) (0,21)	(0,24) (0,24)	(0,56) (0,0033)	(-0,37) (0,07)	(0,31) (0,14)
CICE	(-0,05) (0,81)	(-0,79) (0,0000027)	(-0,03) (0,9)	(0,05) (0,82)	(0,22) (0,28)
Ca	(-0,15) (0,46)	(-0,81) (0,00000011)	(-0,21) (0,32)	(0,15) (0,48)	(0,11) (0,61)
Mg	(0,04) (0,84)	(-0,74) (0,000023)	(-0,13) (0,52)	(0,19) (0,37)	(0,13) (0,52)
K	(-0,46) (0,02)	(-0,11) (0,6)	(0,22) (0,3)	(-0,34) (0,09)	(0,21) (0,33)
P	(0,35) (0,09)	(0,48) (0,02)	(0,54) (0,01)	(-0,33) (0,11)	(0,22) (0,3)
Zn	(0,26) (0,22)	(0,42) (0,04)	(0,58) (0,0024)	(-0,28) (0,18)	(0,29) (0,15)
Cu	(-0,46) (0,02)	(0,59) (0,0021)	(0,18) (0,39)	(-0,12) (0,58)	(0,03) (0,89)
Fe	(0,42) (0,04)	(-0,05) (0,81)	(0,54) (0,01)	(-0,34) (0,1)	(0,36) (0,08)
Mn	(0,23) (0,27)	(-0,57) (0,0029)	(0,3) (0,14)	(-0,28) (0,17)	(0,33) (0,1)

* Coeficiente de correlación; **bajo** (0-0,5), **medio** (0,5-0,7), **alto** (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

El contenido de Calcio y Magnesio también tiene influencia negativa sobre la densidad poblacional de *Helicotylenchus* presentándose probabilidades significativas (P= 0,0000011 y P= 0,000023, respectivamente) y coeficientes de correlación altos (-0,81 y -0,74, respectivamente) (Cuadro 14).

Seguidamente se describen valores de correlación medios para *Helicotylenchus*. Entre ellos la humedad presenta un coeficiente de correlación medio (0,54) y probabilidad significativa (P=0,01) indicando que existe un grado medio de asociación entre humedad y densidad de *Helicotylenchus* y por tanto

que conforme aumenta la humedad disminuye la población de este nematodo (Cuadro 14).

El contenido de Cobre (Cu) en el suelo presenta una correlación media (0,59) y una probabilidad significativa ($P=0,002$), mostrando que la densidad de *Helicotylenchus* se ve favorecida al aumentar el contenido de Cobre en el suelo. El contenido de Manganeseo (Mn) en el suelo presenta un coeficiente de correlación medio (-0,57) con una probabilidad significativa ($P=0,002$) lo cual indica una relación inversa entre estas variables. Por último se encuentran los valores con coeficientes de correlación bajos entre los cuales están el pH, Fosforo (P) y el Zinc (Zn) (Cuadro 14).

En el caso del género *Tylenchus*, en su mayoría presenta coeficientes de correlación medios con valores positivos, lo cual indica que podría existir una relación que indique que al aumentar uno el otro se ve beneficiado. Como es el caso de la acidez o Aluminio intercambiable el cual presenta un correlación con grado de asociación entre variables media (0,56) con una probabilidad significativa ($P= 0,003$). El contenido de Fosforo (P) en el suelo con respecto a la densidad de *Tylenchus* en raíces presenta un coeficiente de correlación medio (0,54) y una probabilidad significativa ($P= 0,01$). El contenido de Zinc (Zn) en el suelo con respecto a la densidad de *Tylenchus* en raíces de plantaciones convencionales tiene una correlación media (0,58) y una probabilidad significativa ($P= 0,002$). El Hierro (Fe) en el suelo con respecto a la densidad de *Tylenchus* en raíces de plantaciones convencionales tiene una correlación media (0,54) y una probabilidad significativa ($P= 0,01$) (Cuadro 14).

4.4.6 Química de suelo, temperatura, humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones convencionales

Los componentes edafoclimáticos evaluados se correlacionaron con las densidades de nematodos fitoparásitos a nivel de suelo (Cuadro 15), en el cual únicamente se presentan correlaciones altas con sus respectivas probabilidades significativas ($P < 0,05$).

Para el caso del género *Helicotylenchus* se puede asumir con cierto grado de certeza que la densidad poblacional de este nematodo se afectada por la temperatura dándose un coeficiente de correlación alto (-0,88) y una probabilidad significativa (P=0,05). Además la saturación de acidez (%SA) en el suelo presenta un coeficiente de correlación alto (0,98) el cual sugiere que al aumentar el porcentaje de saturación de acidez también aumenta la densidad poblacional de este nematodo (P=0,003). El contenido de Calcio (Ca) en el suelo presenta una correlación alta (-0,87) con la densidad de *Helicotylenchus* la cual muestra que al existir niveles altos de Calcio en el suelo, afectan las densidades poblacionales de este nematodo, con una probabilidad significativa (P=0,05) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en suelo de piña convencional en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Variables	Nematodos				
	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconemella</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Hemicycliophora</i>
Temperatura (°C)	(-0,88)* (0,05)**	(0,39)* (0,51)**	(0,46)* (0,44)**	(0,56)* (0,32)**	(-0,92)* (0,03)**
Humedad (%)	(0,72) (0,17)	(-0,36) (0,55)	(-0,67) (0,21)	(0,16) (0,8)	(0,71) (0,18)
pH	(-0,53) (0,36)	(-0,79) (0,11)	(-0,05) (0,93)	(-0,21) (0,73)	(-0,4) (0,5)
%SA	(0,98) (0,0031)	(0,14) (0,82)	(-0,34) (0,58)	(-0,05) (0,93)	(0,93) (0,02)
%MO	(-0,68) (0,21)	(0,42) (0,48)	(-0,07) (0,91)	(0,8) (0,11)	(-0,79) (0,11)
Acidez	(0,43) (0,47)	(0,72) (0,17)	(-0,38) (0,53)	(0,74) (0,16)	(0,26) (0,68)
CICE	(-0,81) (0,1)	(-0,04) (0,94)	(-0,04) (0,94)	(0,53) (0,35)	(-0,83) (0,08)
Ca	(-0,87) (0,05)	(-0,26) (0,67)	(0,04) (0,94)	(0,25) (0,68)	(-0,84) (0,08)
Mg	(-0,86) (0,06)	(-0,22) (0,72)	(0,23) (0,71)	(0,36) (0,56)	(-0,82) (0,09)
K	(0,2) (0,75)	(0,27) (0,66)	(-0,91) (0,03)	(0,35) (0,57)	(0,06) (0,92)
P	(0,62) (0,26)	(0,69) (0,2)	(-0,22) (0,72)	(0,54) (0,34)	(0,48) (0,42)
Zn	(0,58) (0,3)	(0,49) (0,4)	(-0,37) (0,54)	(0,7) (0,19)	(0,44) (0,45)
Cu	(0,82) (0,09)	(-0,28) (0,65)	(-0,81) (0,1)	(-0,08) (0,89)	(0,8) (0,1)
Fe	(0,07) (0,91)	(0,82) (0,09)	(-0,15) (0,81)	(0,9) (0,04)	(-0,11) (0,86)
Mn	(-0,48) (0,41)	(0,72) (0,17)	(-0,12) (0,84)	(0,84) (0,08)	(-0,64) (0,25)

* Coeficiente de correlación; **bajo** (0-0,5), **medio** (0,5-0,7), **alto** (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

El género *Criconemella* presenta para la variable contenido de Potasio (K) en el suelo un coeficiente de correlación alto (-0,91) con una probabilidad significativa ($P=0,03$), mostrando que un aumento en el contenido de este elemento en el suelo de plantaciones convencionales, disminuye la densidad poblacional del nematodo (Cuadro 15).

Pratylenchus y su relación con el contenido de Hierro (Fe) en el suelo presenta un coeficiente de correlación alto (0,9) del cual se podría deducir que al aumentar los niveles de Hierro en el suelo aumenta la densidad poblacional de *Pratylenchus* con una probabilidad significativa ($P= 0,04$) y un alto grado de asociación entre estas variables (Cuadro 15).

El análisis de correlación para el género *Hemicycliophora* muestra un coeficiente de correlación alto (-0,92) con respecto a la temperatura con significancia ($P=0,03$) lo cual indica que al aumentar la temperatura en el suelo disminuye la densidad de este nematodo. Con respecto a la saturación de acidez (%SA), se nota que como conforme aumenta el porcentaje de saturación de acidez en el suelo en plantaciones convencionales al momento del forzamiento también aumenta la densidad poblacional de este fitonematodo con un coeficiente de correlación alto (0,93) y una probabilidad significativa ($P=0,02$) (Cuadro 15).

4.4.7 Química de suelo, temperatura, humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en raíces de plantaciones orgánicas

El Cuadro 16 muestra las correlaciones encontradas entre condiciones edafoclimáticas y la densidad de fitonematodos identificados en plantaciones orgánicas las cuales sólo presentan coeficientes de correlación medios y bajos.

Pratylenchus y *Helicotylenchus* presentan una correlación media (0,53 y 0,51, respectivamente) con el contenido de Cobre (Cu) en el suelo y una probabilidad significativa igual para ambas ($P= 0,01$), esto sugiere con un grado medio de asociación de las variables que al aumentar el contenido de Cobre (Cu) en suelo aumenta la densidad de *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* (Cuadro 16).

En el caso de *Tylenchus*, se presentan algunas interacciones con condiciones edafoclimáticas, tal es el caso del contenido de Cobre (Cu) en suelo

que presenta un valor de correlación medio (0,46) y una probabilidad significativa (P= 0,02). El contenido de materia orgánica (%MO) revela un coeficiente de correlación bajo (-0,4) y una probabilidad significativa (P= 0,05). El contenido de Potasio (K) en el suelo muestra un coeficiente de correlación bajo (-0,39) con respecto a la densidad poblacional de *Tylenchus* en raíces y una probabilidad significativa (P= 0,05) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en raíces de pinya orgánica en plantaciones de Guatuso zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Variables	Nematodos			
	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
Temperatura (°C)	(0,18)* (0,4)**	(0,01)* (0,96)**	(-0,06)* (0,77)**	(-0,01)* (0,95)**
Humedad (%)	(0,12) (0,56)	(0,24) (0,25)	(0,26) (0,21)	(-0,15) (0,46)
pH	(0,09) (0,66)	(-0,0035) (0,99)	(-0,11) (0,61)	(-0,39) (0,05)
%SA	(-0,23) (0,28)	(-0,07) (0,74)	(0,06) (0,76)	(0,38) (0,06)
%MO	(-0,17) (0,41)	(-0,32) (0,12)	(-0,4) (0,05)	(-0,29) (0,16)
Acidez	(-0,23) (0,27)	(-0,06) (0,78)	(0,07) (0,74)	(0,4) (0,05)
CICE	(0,11) (0,61)	(0,01) (0,98)	(-0,09) (0,68)	(-0,11) (0,6)
Ca	(0,23) (0,28)	(0,08) (0,71)	(-0,04) (0,85)	(-0,23) (0,27)
Mg	(0,03) (0,89)	(-0,04) (0,84)	(-0,13) (0,55)	(-0,09) (0,68)
K	(-0,14) (0,49)	(-0,28) (0,18)	(-0,39) (0,05)	(-0,24) (0,25)
P	(-0,2) (0,33)	(-0,26) (0,21)	(-0,26) (0,22)	(-0,1) (0,63)
Zn	(-0,09) (0,68)	(-0,07) (0,72)	(-0,13) (0,54)	(-0,03) (0,88)
Cu	(0,53) (0,01)	(0,51) (0,01)	(0,46) (0,02)	(-0,16) (0,43)
Fe	(0,03) (0,9)	(0,04) (0,85)	(0,09) (0,66)	(-0,01) (0,98)
Mn	(0,16) (0,45)	(0,3) (0,15)	(0,3) (0,14)	(0,05) (0,8)

* Coeficiente de correlación; **bajo** (0-0,5), **medio** (0,5-0,7), **alto** (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa (P<0,05).

El género *Criconemella* presenta correlaciones bajas entre condiciones edafoclimáticas y densidad poblacional a nivel de raíces, tal es el caso del pH que muestra un valor de coeficiente de correlación bajo (-0,39) con una probabilidad

significativa ($P=0,05$), y referente a la acidez del suelo se muestra un coeficiente de correlación bajo (0,4) y una probabilidad significativa ($P=0,05$).

4.4.8 Química de suelo, temperatura, humedad vs densidad de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones orgánicas

En plantaciones de piña manejadas bajo técnicas orgánicas a nivel de suelo existen pocas correlaciones relevantes (Cuadro 17).

Cuadro 17. Correlación entre química de suelo, temperatura, humedad y nematodos fitoparásitos en suelo de piña orgánica en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Variables	Nematodos				
	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Criconebella</i>	<i>Psilenchus</i>	<i>Ditylenchus</i>
Temperatura (°C)	(-0,15)* (0,81)**	(-0,11)* (0,86)**	(-0,16)* (0,8)**	(-0,17)* (0,79)**	(-0,03)* (0,96)**
Humedad (%)	(0,53) (0,36)	(0,35) (0,56)	(0,54) (0,34)	(0,48) (0,41)	(-0,38) (0,53)
pH	(0,04) (0,95)	(-0,32) (0,6)	(0,07) (0,91)	(-0,13) (0,84)	(-0,95) (0,01)
%SA	(-0,07) (0,91)	(0,26) (0,67)	(-0,09) (0,88)	(0,1) (0,88)	(0,94) (0,02)
%MO	(-0,45) (0,45)	(-0,72) (0,17)	(-0,43) (0,47)	(-0,59) (0,3)	(-0,71) (0,18)
Acidez	(-0,09) (0,88)	(0,26) (0,67)	(-0,12) (0,85)	(0,08) (0,89)	(0,98) (0,0025)
CICE	(-0,16) (0,8)	(-0,22) (0,72)	(-0,16) (0,8)	(-0,22) (0,73)	(-0,27) (0,66)
Ca	(-0,01) (0,99)	(-0,18) (0,77)	(-0,002) (1)	(-0,12) (0,85)	(-0,56) (0,32)
Mg	(-0,23) (0,71)	(-0,29) (0,64)	(-0,23) (0,7)	(-0,29) (0,64)	(-0,21) (0,73)
K	(-0,53) (0,36)	(-0,74) (0,16)	(-0,51) (0,38)	(-0,65) (0,24)	(-0,58) (0,3)
P	(-0,27) (0,66)	(-0,38) (0,52)	(-0,25) (0,69)	(-0,31) (0,61)	(-0,25) (0,69)
Zn	(-0,27) (0,66)	(-0,29) (0,64)	(-0,27) (0,66)	(-0,3) (0,63)	(-0,08) (0,9)
Cu	(0,75) (0,15)	(0,62) (0,26)	(0,75) (0,15)	(0,69) (0,2)	(-0,4) (0,5)
Fe	(0,23) (0,71)	(0,21) (0,74)	(0,24) (0,7)	(0,25) (0,69)	(-0,01) (0,98)
Mn	(0,37) (0,54)	(0,42) (0,48)	(0,36) (0,55)	(0,4) (0,51)	(0,13) (0,83)

* Coeficiente de correlación; bajo (0-0,5), medio (0,5-0,7), alto (0,7-0,99).

** Probabilidad; significativa ($P<0,05$).

Se aprecian coeficientes de correlación altos únicamente para el género *Ditylenchus*, como es el caso del pH que indica que al disminuir este valor aumenta la densidad poblacional de este género con un coeficiente de correlación alto (-0,95) dando un buen grado de asociación entre variables y una probabilidad significativa ($P= 0,01$) (Cuadro 17).

El porcentaje de saturación de acidez (%SA) muestra que al aumentar este valor aumenta la densidad poblacional de *Ditylenchus* con un coeficiente de correlación alto (0,94) y una probabilidad significativa ($P= 0,02$).

La acidez o aluminio intercambiable indica un comportamiento similar al descrito anteriormente con un coeficiente de correlación alto (0,98) y una probabilidad significativa ($P= 0,002$).

4.5 Comparación entre densidades poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces y suelo en plantaciones de piña bajo manejo orgánico y manejo convencional

En el Cuadro 18 se aprecia el análisis a través de la prueba de T para la comparación de las medias de las densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos identificados en plantaciones manejadas bajo técnicas tanto orgánicas como convencionales a nivel de raíces al momento del forzamiento.

En esta prueba se debe cumplir que el valor de la probabilidad sea menor que 0,05 ($P < 0,05$) para que hayan diferencias entre las medias y que la homogeneidad de varianzas sea mayor que 0,05 ($P \text{ Var Hom} > 0,05$) para que las varianzas sean homogéneas.

Se logra apreciar que entre las densidades poblacionales de *Pratylenchus* para los manejos convencionales y orgánicos hay diferencias ($P= 0,0022$) y las medias sugieren que las mayores densidades se encuentran en las plantaciones bajo manejo convencional, rechazando la hipótesis de homogeneidad de varianzas.

Cuadro 18. Comparación entre densidades de nematodos fitoparásitos en raíces de piña bajo técnicas de manejo orgánicas y convencionales en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos en raíces	Tipo de manejo			
	Convencional	Orgánico	Prueba T	
	Media (No./100 gr raíces)	Media (No./100 gr raíces)	P*	P(Var Hom)**
<i>Criconemella</i>	26,8	3,6	0,0705	<0,0001
<i>Helicotylenchus</i>	1097,2	650,8	0,3036	0,09
<i>Pratylenchus</i>	10736,4	2421,6	0,0022	<0,0001
<i>Tylenchus</i>	539,2	389,6	0,4868	0,7652

* Probabilidad (P<0,05).

** Homogeneidad de varianzas (P var hom>0,05).

En el Cuadro 19 se muestra la comparación entre la medias de las densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos identificados tanto en plantaciones orgánicas como en plantaciones convencionales a nivel de suelo de las cuales no se aprecian diferencias significativas en ninguno de los casos.

Por tanto se podría deducir para las condiciones de esta investigación que no existe ninguna diferencia entre el manejo convencional y orgánico, con respecto a las poblaciones de los géneros de nematodos identificados (Cuadro19).

Cuadro 19. Comparación entre densidades de nematodos fitoparásitos en suelo de piña bajo técnicas de manejo orgánicas y convencionales en plantaciones de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Nematodos en suelo	Tipo de manejo			
	Convencional	Orgánico	Prueba T	
	Media (No./100ml suelo)	Media (No./100ml suelo)	P*	P(Var Hom)**
<i>Criconemella</i>	23,6	19,2	0,8603	0,734
<i>Helicotylenchus</i>	228	1239	0,4325	0,0014
<i>Tylenchus</i>	62,2	94,2	0,6418	0,0332

* Probabilidad (P<0,05).

** Homogeneidad de varianzas (P var hom>0,05).

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones específicas en que se realizó esta investigación en plantaciones de piña bajo manejo orgánico y convencional se concluye que:

1. Los principales géneros de nematodos identificados a nivel de raíz en plantaciones orgánicas y convencionales de piña MD-2 fueron *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Tylenchus*.
2. En plantaciones orgánicas de piña MD-2 los principales géneros de nematodos identificados a nivel de suelo fueron *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Psilenchus*.
3. A nivel de suelo en plantaciones convencionales de piña MD-2 los principales géneros de nematodos identificados fueron *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Criconemella*.
4. En raíces de plantaciones orgánicas de piña MD-2 *Helicotylenchus* presentó la mayor frecuencia relativa (35,19%) y la mayor densidad promedio (350 individuos/100gr de raíces).
5. En plantaciones convencionales de piña MD-2 *Pratylenchus* presentó a nivel radical la mayor frecuencia relativa (36,92%) y la mayor densidad promedio (7.080 individuos/100gr de raíces).
6. *Helicotylenchus* a nivel de suelo en plantaciones orgánicas de piña MD-2 presentó la mayor frecuencia relativa (41,67%) y la mayor densidad promedio (72 individuos/100ml de suelo).
7. En suelo de plantaciones convencionales de piña MD-2 los géneros *Helicotylenchus* y *Tylenchus* presentaron la mayor frecuencia relativa (30,77%) y *Helicotylenchus* presentó la mayor densidad promedio (120 individuos/100ml de suelo).
8. A nivel radical tanto en plantaciones orgánicas como convencionales no se presentaron correlaciones significativas de importancia para las variables de desarrollo de la planta.

9. En plantaciones orgánicas y a nivel de suelo se presentaron correlaciones significativas entre altura de planta y géneros de nematodos como *Helicotylenchus* (0,97), *Criconemella* (0,93), *Psilenchus* (0,97).
10. A nivel de suelo en plantaciones convencionales se presentaron correlaciones significativas entre altura de planta y *Criconemella* (-0,83); peso radical y *Tylenchus* (-0,81).
11. En plantaciones orgánicas no se presentaron correlaciones significativas de importancia a nivel radical para las variables edafoclimáticas.
12. A nivel de suelo en plantaciones orgánicas se presentaron correlaciones significativas para el género *Ditylenchus* y variables edafoclimáticas como pH (-0,95), saturación de acidez (0,94), acidez intercambiable (0,98).
13. En plantaciones convencionales a nivel radical se presentaron correlaciones significativas para *Helicotylenchus* y variables edafoclimáticas como temperatura (-0,75), saturación de acidez (0,84), capacidad de intercambio catiónica (-0,72), materia orgánica (-0,79), Calcio (-0,81) y Magnesio (-0,74).
14. A nivel de suelo en plantaciones convencionales se presentaron correlaciones significativas entre variables edafoclimáticas y los géneros *Criconemella* (potasio: -0,91); *Helicotylenchus* (temperatura: -0,88, saturación de acidez: 0,98, y Calcio: -0,87); *Pratylenchus* (hierro: 0,90; *Hemicycliophora* (temperatura: -0,93 y saturación de acidez (0,93).
15. La densidad poblacional de *Pratylenchus* en raíces de plantaciones bajo técnicas orgánicas y convencionales presenta diferencias significativas, siendo mayor para el manejo convencional.
16. La densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en suelo de plantaciones bajo técnicas orgánicas y convencionales no presenta diferencias significativas.

6. RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones dar seguimiento a los géneros de nematodos fitoparásitos *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Tylenchus* y su infestación en el cultivo de piña bajo modalidades orgánicas y convencionales, logrando focalizar los nematodos fitoparásitos más importantes.
2. Realizar este tipo de investigación durante todo el ciclo de desarrollo de las plantaciones, tanto en técnicas de manejo orgánico como en técnicas de manejo convencional, para establecer posibles medidas de control efectivas.
3. Elaborar ensayos bajo condiciones controladas de ambiente e infestación de nematodos durante todo el ciclo del cultivo de piña, para valorar el efecto sobre el crecimiento y rendimiento, logrando establecer umbrales de daño económico.
4. Realizar análisis de microorganismos en el suelo al momento de los muestreos y durante todo el proceso de desarrollo de la investigación.

7. LITERATURA CITADA

- Agrios N, G. 1996. Fitopatología. Editorial Limusa, S.A. Segunda edición. Distrito Federal, México. 741p.
- Bartholomew D. P. y Paull R, E. 2003. The pineapple. botany, production and uses. CAB International. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, USA. pp. 16, 215, 216.
- Bartholomew D. P.; Rohrbach K. G., Evans D. O. 2002. Pineapple Cultivation in Hawaii (en línea). College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR). University of Hawaii at Manoa. Honolulu, USA. 8p.
- Barquero S, M. 2007. Área sembrada piña es similar a la de banano (en línea). San José, CR. La Nación. Consultado 20 abril 2008. Disponible en http://www.nación.com/ln_ee/2007/julio/02/economia1149095.html
- Broadley H. R.; Wassman III C. R., Sinclair E. 1993. Pineapple, pests and disorders. Publishing services. Primera edición. Queensland, Australia. pp. 18-20.
- Carvajal V, D. 2009. Comparación de la dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. Híbrido MD-2 bajo técnicas de producción convencional y orgánica en La Virgen de Sarapiquí, Heredia. Proyecto presentado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. San Carlos, Alajuela. 80p.
- Castaño, J. 1994. Principios básicos de fitopatología. 2 ed. Honduras. Editorial Zamorano. 538p.
- Castro, J. Z. 1994. Cultivo de la piña. In Gonzalo C., E. Atlas Agropecuario de Costa Rica. San José, CR. Editorial Costa Rica. pp. 193–204
- _____. 2000. Estudio de la actividad productora de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr y comportamiento del mercado interno en Costa Rica. San Carlos, CR. 64p.

- _____. 2004. Guía para el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. Escuela de Ingeniería en Agronomía. 123p.
- Christie, J.R. 1970. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. México, Editorial Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. pp. 1–25.
- Dye M, C. 2008. Identificación, cuantificación, caracterización y dinámica poblacional de los nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la región Huetar Atlántica de Costa Rica. Proyecto presentado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. San Carlos, Alajuela. 94p.
- FDA. 1988. Cultivo de piña. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. República Dominicana. 19p.
- Gaugler R., Bilgrami L, A. 2004. Nematode behaviour. CAB International, Departamento de Entomología de la Universidad Rutgers. New Jersey, USA. 419p.
- Guido M, M. 1983. Guía técnica para el cultivo de la piña *Ananas comosus*, (L) Merr. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Nicaragua. 20p.
- Hernández H, R. 2005. Los nematodos parásitos de la piña. Opciones para su manejo. Departamento de ecología y manejo de plagas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad Habana, Cuba. 30p.
- Jiménez D, JA. 1999. Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Cartago. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 224p.
- Julca O, A; Carbonell T, E y Bello A, S. 2004. Correlación entre población de fitonematosos y componentes de producción y calidad de Piña (*Ananas comosus* L. Merr.) “Samba” en Chanchamayo, Perú. Sociedad Interamericana para Horticultura Tropical. 48: 115-118.

- León A, D. 2007. Diagnóstico y dinámica de población de nematodos en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr., finca El Tremedal S.A. San Carlos. Proyecto presentado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. San Carlos, Alajuela. pp. 17-21.
- López, R; Salazar, L. 1981. Evaluación preliminar de algunos nematicidas para el combate químico de nematodos fitoparásitos en piña (*Ananas comosus* L.). *Agronomía Costarricense* 5(1/2): 81-87.
- Luc M; Sikora A, R y Bridge J. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, Segunda edición. Massachusetts, USA. 11p.
- Norton D, C. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. Wiley-Interscience. New York. 268p.
- Porres M., Rivera S. 1975. Cultivo de la piña. Departamento de Divulgación Agrícola-Ministerio de Agricultura. Guatemala. 13p.
- Py, C. 1969. La piña tropical. Editorial Blume. Barcelona, España. 280p.
- Quesada, M; Barboza, R. 1999. Distribución espacial de *Helicotylenchus* spp. en el suelo de una plantación de piña (*Ananas comosus*) en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(1): 97-103.
- Rebolledo M, A; Uriza A, D; Rebolledo M, L. 1998. Tecnología para la producción de piña en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 159p.
- Román, J. 1978. Fitonematología Tropical. Estación experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. 7(43):205–217.
- Sarah L, J., Hugon R. 1991. Dynamique des populations de *Pratylenchus brachyurus* en plantation d'ananas en Côte d'Ivoire. *Fruits* 46(3): 241-250.
- Sasser N, J. 1989. Plant-parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. Departamento de Patología Vegetal, Universidad del Estado de Carolina del Norte. USA. 115p.

- Stirling G, R., Nikulin A. 1993. Population dynamics of plant parasitic nematodes in Queensland pineapple fields and the effects of these nematodes on pineapple production. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33: 197-206.
- Suárez H., Rosales, L. 2004. Problemas nematológicos en musáceas (en línea). *CENIAP HOY*. 6 (set-dic): 81-87. (Consultado abril. 2008).
- Vásquez J, J. 2009. Evaluación de la eficacia *in vitro* de sustancias químicas y microorganismos antagónicos del género *Trichoderma* spp., como herramienta para la toma de decisiones en el control de enfermedades “Caso Muerte Descendente del Cultivo de Piña *Ananas comosus* (L) Merr”. Proyecto presentado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. San Carlos, Alajuela. 87p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Descripción y caracterización de las áreas para el desarrollo de la investigación en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Cód	Productor	Lote	Bloque	Ubicación	Plantas	Fecha siembra	Fecha forzamiento	Edad	Ciclo
FC1	Edgar Martínez	1	7	Santa Rosa	5452	15/04/2008	06/11/2008	7	1
FC2	Helder Ortega	4	4	Río Celeste	22400	15/03/2008	23/12/2008	9	2
FC3	Álvaro Esquivel	4	7	San Luis	12954	28/05/2008	24/02/2009	9	1
FC4	Lino Gonzales	2	1	Katira	12955	17/06/2008	28/10/2008	4	1
FC5	Vianney Jiménez	1	7	El Valle	15835	15/12/2007	24/12/2008	12	1
FO1	Juan Ramírez	3	2	San Luis	15925	10/06/2008	17/03/2009	9	1
FO2	Claudio Jiménez	5	7	Maquengal	5300	22/07/2008	12/05/2009	10	1
FO3	Ricardo Rodríguez	8	2	Katira	27900	15/07/2008	17/03/2009	8	1
FO4	Felipe Rojas	3	3	Las letras	14059	15/07/2008	07/06/2009	11	1
FO5	Oscar Rodríguez	20	6	El Samen	15000	15/11/2008	12/05/2009	6	1

Anexo 2. Instrumento para identificación de las áreas de muestreo para el desarrollo de la investigación en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.



Anexo 3. Conteo e identificación de los nematodos en muestras de raíces y suelo en fincas convencionales de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	Cri*	Hel	Hem	Mel	Prat	Tyl	Dity	Psile
FC1	M1	0	140	0	30	4570	270	0	0
FC1	M2	0	120	0	0	27240	840	0	0
FC1	M3	0	360	0	0	16680	1800	0	0
FC1	M4	0	480	0	0	12120	2880	0	0
FC1	M5	0	340	0	0	17520	320	0	0
FC1	Suelo	0	168	0	0	60	96	0	0
FC2	M1	0	3840	0	0	350	220	0	0
FC2	M2	0	3600	0	0	13800	2040	0	0
FC2	M3	120	6960	0	0	3120	600	0	0
FC2	M4	0	3480	0	0	15360	600	0	0
FC2	M5	0	2760	0	0	7080	360	0	0
FC2	Suelo	0	792	12	0	0	47	0	0
FC3	M1	0	470	0	0	12720	1320	0	0
FC3	M2	0	1320	0	0	42480	0	0	0
FC3	M3	110	600	0	0	32880	360	0	0
FC3	M4	0	470	0	0	24240	350	0	0
FC3	M5	100	2280	0	0	19920	330	0	0
FC3	Suelo	96	60	0	0	12	84	0	0
FC4	M1	0	0	0	0	840	120	0	0
FC4	M2	0	0	0	0	1440	110	0	0
FC4	M3	0	0	0	0	7320	600	0	0
FC4	M4	0	0	0	0	110	360	0	0
FC4	M5	0	0	0	0	360	0	0	0
FC4	Suelo	0	120	0	0	0	84	0	0
FC5	M1	110	0	0	0	6480	0	0	0
FC5	M2	0	0	0	0	360	0	0	0
FC5	M3	0	110	0	0	340	0	0	0
FC5	M4	230	0	0	0	1080	0	0	0
FC5	M5	0	100	0	0	0	0	0	0
FC5	Suelo	22	0	0	0	0	0	0	0

*(Cri= *Crictonemella*, Hel= *Helicotylenchus*, Hem=*Hemicycliophora*, Mel= *Meloidogyne*, Prat= *Pratylenchus*, Tyl= *Tylenchus*, Dity= *Ditylenchus*, Psile= *Psilenchus*)

Anexo 4. Conteo e identificación de los nematodos en muestras de raíces y suelo en fincas orgánicas de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	Cri*	Hel	Hem	Mel	Prat	Tyl	Dity	Psile
FO1	M1	0	5840	0	0	16560	2800	0	0
FO1	M2	0	2880	0	0	1920	0	0	0
FO1	M3	0	880	0	0	15360	0	0	0
FO1	M4	0	0	0	0	1920	2880	0	0
FO1	M5	0	960	0	0	1840	880	0	0
FO1	Suelo	80	5840	0	0	0	320	0	320
FO2	M1	0	0	0	0	2760	0	0	0
FO2	M2	0	120	0	0	0	0	0	0
FO2	M3	0	0	0	0	110	0	0	0
FO2	M4	0	0	0	0	100	0	0	0
FO2	M5	0	0	0	0	0	0	0	0
FO2	Suelo	0	12	0	0	0	0	0	0
FO3	M1	0	300	0	0	240	120	0	0
FO3	M2	0	0	0	0	0	110	0	0
FO3	M3	0	350	0	0	240	0	0	0
FO3	M4	0	480	0	0	0	240	0	0
FO3	M5	0	470	0	0	0	220	0	0
FO3	Suelo	0	72	0	0	0	0	0	0
FO4	M1	0	480	0	0	840	600	0	0
FO4	M2	0	600	0	0	8520	0	0	0
FO4	M3	0	120	0	0	960	0	0	0
FO4	M4	0	360	0	0	4080	0	0	0
FO4	M5	0	720	0	0	5040	0	0	0
FO4	Suelo	0	71	0	0	0	23	0	0
FO5	M1	90	910	0	0	50	530	810	0
FO5	M2	0	480	0	0	0	640	720	0
FO5	M3	0	80	0	0	0	400	1360	0
FO5	M4	0	160	0	0	0	160	480	0
FO5	M5	0	80	0	0	0	160	720	0
FO5	Suelo	16	200	0	0	0	128	32	0

*(Cri= *Criconebella*, Hel= *Helicotylenchus*, Hem=*Hemicyclophora*, Mel= *Meloidogyne*, Prat= *Pratylenchus*, Tyl= *Tylenchus*, Dity= *Ditylenchus*, Psile= *Psilenchus*)

Anexo 5. Variables de crecimiento, temperatura y humedad en las fincas convencionales de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	Altura hoja D (cm)	Peso Radical (gr)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
FC1	M1	90,60	62,788	26,3	81
FC1	M2	108,60	13,944	26,3	81
FC1	M3	112,60	22,092	26,3	81
FC1	M4	112,00	23,334	26,3	81
FC1	M5	108,00	37,292	26,3	81
FC2	M1	94,2	17,628	21,45	88
FC2	M2	76,8	23,344	21,45	88
FC2	M3	92,8	40,842	21,45	88
FC2	M4	109,8	55,88	21,45	88
FC2	M5	100,4	48,726	21,45	88
FC3	M1	77,2	88,528	26,2	65
FC3	M2	75	74,28	26,2	65
FC3	M3	83	33,944	26,2	65
FC3	M4	85	41,428	26,2	65
FC3	M5	76,6	71,136	26,2	65
FC4	M1	122,4	24,386	24,6	69
FC4	M2	119	23,824	24,6	69
FC4	M3	116	22,786	24,6	69
FC4	M4	112,6	32,1	24,6	69
FC4	M5	104,8	17,388	24,6	69
FC5	M1	110	94,646	24,9	78
FC5	M2	91,2	138,852	24,9	78
FC5	M3	91,8	111,138	24,9	78
FC5	M4	98,2	94,05	24,9	78
FC5	M5	77	114,726	24,9	78

Anexo 6. Variables de crecimiento, temperatura y humedad en las fincas orgánicas de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	Altura hoja D (cm)	Peso Radical (gr)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
FO1	M1	121,4	36,64	25,45	87
FO1	M2	108,2	96,12	25,45	87
FO1	M3	119,8	63,12	25,45	87
FO1	M4	131,2	29,5	25,45	87
FO1	M5	124,6	24,48	25,45	87
FO2	M1	104	42,3	24,1	85
FO2	M2	102,8	27,58	24,1	85
FO2	M3	104,4	24,74	24,1	85
FO2	M4	98,8	19,88	24,1	85
FO2	M5	98,2	22,76	24,1	85
FO3	M1	127,8	36,84	25,65	79
FO3	M2	140,6	20,058	25,65	79
FO3	M3	129,8	28,724	25,65	79
FO3	M4	123,2	18,154	25,65	79
FO3	M5	111,6	25,502	25,65	79
FO4	M1	110,8	18,878	28,45	60
FO4	M2	109	27,938	28,45	60
FO4	M3	113,6	21,898	28,45	60
FO4	M4	96,2	18,832	28,45	60
FO4	M5	75,4	16,784	28,45	60
FO5	M1	122	21,878	25,8	68
FO5	M2	118,6	18,544	25,8	68
FO5	M3	115,6	22,776	25,8	68
FO5	M4	121,6	18,972	25,8	68
FO5	M5	123,8	26,002	25,8	68

Anexo 7. Análisis químico de suelo en las fincas convencionales de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	pH	%SA	%MO	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	P	Zn	Cu	Fe	Mn
FC1	M1-M5	4,3	28	8,6	2,55	5,17	1,33	0,15	9,2	26	7,6	12	298	280
FC2	M1-M5	4,1	71	0,0	1,79	0,51	0,11	0,12	2,53	25	6,6	18	158	49
FC3	M1-M5	4,2	19	3,9	1,1	3,57	1,06	0,06	5,79	16	4,2	5	176	144
FC4	M1-M5	4,3	21	4,6	1,31	4,08	0,74	0,15	6,28	14	3,8	11	161	184
FC5	M1-M5	5,2	3	4,4	0,23	6,92	1,66	0,1	8,91	1	2,8	11	76	94

Anexo 8. Análisis químico de suelo en las fincas orgánicas de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.

Código	Muestra	pH	%SA	%MO	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	P	Zn	Cu	Fe	Mn
FO1	M1-M5	4,6	12	4,7	0,82	4,89	1,15	0,15	7,01	1	4	15	127	118
FO2	M1-M5	4,7	13	5,9	0,75	3,85	0,94	0,28	5,82	3	2,6	10	154	35
FO3	M1-M5	4,7	8	5,4	0,7	5,62	1,49	0,45	8,26	1	7	13	90	129
FO4	M1-M5	4,6	7	5,4	0,6	6,33	1,54	0,45	8,92	1	6	13	92	87
FO5	M1-M5	4,3	25	4,4	1,69	3,78	1,16	0,13	6,76	1	4,6	11	115	103

Anexo 9. Equipo utilizado para la toma de muestras y la medición de variables de temperatura y humedad (Higrotermómetro) en plantaciones de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009.



Anexo 10. Imágenes de géneros de nematodos fitoparásitos (1- *Pratylenchus*, 2- *Helicotylenchus*, 3- *Criconemella*, 4- *Tylenchus*, 5- *Psilenchus*) encontrados en plantaciones de piña en el cantón de Guatuso, zona de influencia PROAGROIN Z-N, 2009. (Cortesía de Salazar 2010)

