



**AGROCALIDAD**

AGENCIA DE REGULACIÓN Y  
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES**

**RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TESIS**

**IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS  
ASOCIADOS AL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA  
PROVINCIA DE LOJA**

Tesis previa a la obtención del  
título de INGENIERO AGRÓNOMO

**Erika Tatiana Gómez Guayllas**

**AUTORA**

**Tulio Fernando Solano Castillo, Ph.D**

**DIRECTOR**

**Loja – Ecuador**

**2019**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Tulio Fernando Solano Castillo

**PROFESOR TITULAR DE LA CARRERA DE INGENIERIA  
AGRONOMICA**

**DIRECTOR DE TESIS**

### **CERTIFICO QUE:**

La señorita Erika Tatiana Gómez Guayllas, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, responsable del proyecto de tesis IDENTIFICACIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA PROVINCIA DE LOJA, ha concluido con las fases de ejecución de la investigación y elaboración del documento de tesis dentro del cronograma establecido, sujetándose a la rigurosidad científica y las normas de redacción técnica vigentes en la institución.

Por lo expuesto autorizo a la Autora indicada, la presentación del documento de tesis para que continúe con los trámites legales de graduación.

Loja, 05 de agosto de 2019



---

Dr. Tulio Fernando Solano Castillo  
DIRECTOR DE TESIS

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

### CERTIFICACIÓN

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **"Identificación de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Loja"**, de autoría de la Srta. Erika Tatiana Gómez Guayllas egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, se le propuso realizar algunas correcciones, las mismas que han sido incluidas en el documento final.

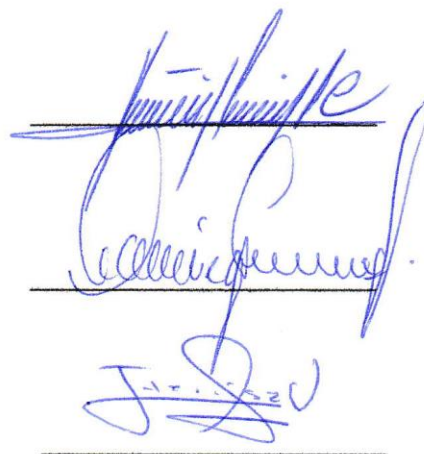
En tal virtud, nos permitimos certificar que el trabajo final consolidado de investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 20 de agosto de 2019

PhD. Max Encalada Córdova  
PRESIDENTE

Ing. Francisco Guayllas Guayllas  
VOCAL

PhD. Narcisa Urgiles Gómez  
VOCAL



## AUTORÍA

Yo, Erika Tatiana Gómez Guayllas, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Autora:** Erika Tatiana Gómez Guayllas

**Firma:** \_\_\_\_\_



**Cédula:** 1105584278

**Fecha:** 21 de agosto de 2019

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN**

### **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y OPUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, Erika Tatiana Gómez Guayllas declaro ser autora de la tesis titulada “IDENTIFICACIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) EN LA PROVINCIA DE LOJA”, como requisito para optar el grado de INGENIERA AGRÓNOMA, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las Redes de Información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiún días del mes de agosto del dos mil diecinueve, firma la autora.

**Firma:** 

**Autora:** Erika Tatiana Gómez Guayllas

**Número de cédula:** 1105584278

**Dirección:** Loja, Miraflores Bajo.

**Correo electrónico:** erikagmz7@gmail.com

**Celular:** 0939928860

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de tesis:** PhD. Tulio Solano Castillo

**Tribunal de grado:**

**PRESIDENTE:** PhD. Max Encalada Córdova

**VOCAL:** Ing. Francisco Guayllas Guayllas Mg. Sc

**VOCAL:** PhD. Narcisa Urgiles Gómez



## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar el presente trabajo investigativo agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la fortaleza para continuar y ser mi ayuda idónea en todo tiempo.

Gracias a mis padres Roberto y Silvia por ser los principales promotores de mis sueños, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida. A mi hermana Yuri por ser mi ayuda y compañía cuando más lo necesité, a mi pequeño Mateo quien ha sido mi motor y alegría desde que llegó a mi vida.

A mis mejores amigos Gustavo y Verónica quienes han sido mi ayuda y apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

Mi más profundo agradecimiento a los directivos y docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja, mismos que durante mis años de estudio aportaron con valiosos conocimientos, en especial al Dr. Tulio Solano, quien con su calidad humana y capacidad intelectual supo orientarme en la planificación, ejecución y supervisión de la presente investigación.

De la misma manera agradecer a AGROCALIDAD, por brindarme la oportunidad de desarrollar la presente investigación de forma conjunta; y de manera especial mi sincero agradecimiento al Ing. José Luis Espinoza quien de forma desinteresada estuvo siempre presto a ayudarme, mil gracias por su respaldo y confianza.

***Erika Tatiana Gómez Guayllas***

## **DEDICATORIA**

Con el corazón lleno de alegría y emoción, dedico este trabajo de tesis primeramente a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. A mis queridos padres, Roberto y Silvia, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, y sobre todo por el sin número de consejos brindados que me han permitido ser una mejor persona.

A mí hermana Yuri y a mi sobrino Mateo quienes han sido mi motivación y apoyo incondicional; a todos mis familiares y amigos por su cariño ¡muchas gracias!.

*Erika Tatiana Gómez Guayllas*

## INDICE GENERAL

PORTADA .....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 El cultivo de café.....	3
2.1.1. Características botánicas .....	3
2.1.2. Distribución geográfica .....	3
2.1.3. Importancia económica .....	4
2.2. Generalidades nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café.....	5
2.2.1. Ciclo biológico .....	5
2.2.2 Sintomatología.....	5
2.2.3. Tipos de alimentación .....	6
2.2.3.1. Nemátodos ectoparásitos .....	6
2.2.3.2. Nemátodos Semiendoparásitos.....	6
2.2.3.3. Nemátodos Endoparásitos migratorios.....	6
2.2.3.4. Nemátodos Endoparásitos sedentarios.....	6
2.2.4. Mecanismos infecciosos .....	7



2.2.5. Rango de hospederos .....	7
2.3. Principales nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café .....	8
2.3.1 Meloidogyne sp.....	8
2.3.1.1 Taxonomía y especies .....	8
2.3.1.2 Importancia económica.....	8
2.3.1.3 Morfometría .....	8
2.3.1.4 Condiciones predisponentes .....	10
2.3.2 Pratylenchus spp.....	10
2.3.2.1 Taxonomía y especies .....	10
2.3.2.2 Importancia económica.....	10
2.3.2.3 Morfometría .....	10
2.3.2.4 Condiciones predisponentes .....	11
2.3.3. Helicotylenchus spp.....	11
2.3.3.1 Taxonomía y especies .....	11
2.3.3.2 Importancia económica.....	12
2.3.3.3 Morfometría .....	12
2.3.3.4 Condiciones predisponentes .....	12
2.3.4. Tylenchus spp.....	12
2.3.4.1 Taxonomía y especies .....	12
2.3.4.2 Importancia económica.....	13
2.3.4.3 Morfometría .....	13
2.3.4.4 Condiciones predisponentes .....	13
2.3.5 Xiphinema sp.....	13
2.3.5.1 Taxonomía y especies .....	13
2.3.5.2 Importancia económica.....	14
2.3.5.3 Morfometría .....	14
2.3.5.4 Condiciones predisponentes .....	14
2.3.6 Criconemoides sp.....	14
2.3.6.1 Taxonomía y especies .....	14

2.3.6.2 Importancia económica.....	15
2.3.6.3 Morfometría .....	15
2.3.6.4 Condiciones predisponentes .....	15
2.3.7 Tylenchulus sp.....	15
2.3.7.1 Taxonomía y especies .....	15
2.3.7.2 Importancia económica.....	15
2.3.7.3 Morfometría .....	16
2.3.7.4 Condiciones predisponentes .....	16
2.3.8 Aphelenchoides sp.....	16
2.3.8.1 Taxonomía y especies .....	16
2.3.8.2 Importancia económica.....	16
2.3.8.3 Morfometría .....	17
2.3.8.4 Condiciones predisponentes .....	17
2.4. Antecedentes a la investigación .....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
3.1 Zona de muestreo .....	19
3.2 Materiales .....	20
3.2.1. Materiales de campo .....	20
3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio .....	20
3.3. MÉTODOS .....	20
3.3.1 Metodología para el primer objetivo.....	20
3.3.2 Metodología para el segundo objetivo.....	20
3.3.2.1. Fase de campo.....	21
3.3.2.2. Fase de laboratorio.....	21
3.3.3. Metodología para el tercer objetivo.....	23
3.3.3.1 Análisis de suelos.....	24
3.3.3.2 Análisis estadístico .....	24
3.3.3.3 Elaboración de mapas de zonificación.....	25
4. RESULTADOS.....	26

4.1. Determinación de niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja .....	26
4.1.1. Incidencia y severidad .....	26
4.1.2. Poblaciones de nemátodos fitoparásitos.....	26
4.1.3 Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces .....	29
4.2. Identificación de nematodos asociados al cultivo de café en diferentes pisos altitudinales y condiciones edafoclimáticas de la provincia de Loja.....	30
4.3. Relación de los géneros de nematodos fitoparásitos con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH) de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.....	36
5. DISCUSIÓN .....	37
5.1. Determinación de niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja .....	37
5.1.1. Índices de incidencia y severidad.....	37
5.1.2 Poblaciones de nemátodos en suelo y raíces.....	37
5.2. Identificación de nematodos asociados al cultivo de café en diferentes pisos altitudinales y condiciones edafoclimáticas de la provincia de Loja.....	38
5.3. Relación de los géneros de nematodos fitoparásitos con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH) de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.....	40
6. CONCLUSIONES .....	42
7. RECOMENDACIONES .....	42
8. BIBLIOGRAFÍA.....	43
9. ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rango de hospederos de los géneros de nemátodos fitoparásitos.....	7
Cuadro 2. Características geográficas y climáticas de las zonas de estudio.....	19
Cuadro 3. Correlación entre las poblaciones totales de nematodos cuantificadas en suelo y raíces y las variables edáficas.....	25
Cuadro 4. Incidencia y severidad de nemátodos fitoparásitos en el cantón Loja.....	26
Cuadro 5. Poblaciones de nemátodos fitoparásitos cuantificadas en las zonas cafetaleras de la provincia de Loja.....	28
Cuadro 6. Frecuencia poblacional de nemátodos fitoparásitos en 100 cc de suelo.....	29
Cuadro 7. Frecuencia poblacional de nemátodos fitoparásitos en 10 g de raíces.....	30
Cuadro 8. Caracterización morfológica y taxonómica de los nematodos asociados al cultivo de café en cinco zonas de la provincia de Loja.....	31
Cuadro 9. Análisis de correlación entre parámetros edáficos y población total de nematodos por 100 cc de suelo.....	36
Cuadro 10. Análisis de correlación entre parámetros edáficos y población total de nematodos por 10 g de raíces.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en la provincia de Loja.....	19
Figura 2. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Loja.....	60
Figura 3. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Puyango.....	60
Figura 4. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Quilanga.....	61
Figura 5. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Chaguarpamba.....	61
Figura 6. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Quilanga.....	62
Figura 7. Muestreo en plantas de café. San Pedro de Vilcabamba, sector Sacapo.....	62
Figura 8. Muestreo en plantas de café. Loja, Sauces Norte.....	62
Figura 9. Muestreo en plantas de café. Olmedo, sector El Balcón.....	63
Figura 10. Muestreo en plantas de café. Chaguarpamba, parroquia Santa Rufina.....	63
Figura 11. Defoliación y secamiento en planta de café.....	63
Figura 12. Clorosis y defoliación en planta de café.....	63
Figura 13. Defoliación y secamiento en planta de café.....	64
Figura 14. Defoliación en planta de café.....	64
Figura 15. Secamiento de raíces.....	64
Figura 16. Lesiones necróticas.....	64
Figura 17. Lesiones necróticas y secamientos Olmedo .....	65
Figura 18. Lesiones necróticas y secamientos. Puyango.....	65
Figura 19. Picado y pesado de raíces.....	65
Figura 20. Tamices empleados luego del licuado de raíces.....	65
Figura 21. Método de embudo de Baerman para procesamiento de suelo.....	66
Figura 22. Tiempo de reposo de muestras de suelo.....	66
Figura 23. Materiales y equipo utilizado para la cuantificación e identificación de nemátodos.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Consolidado de poblaciones de nemátodos fitoparásitos encontrados en suelo y raíces .....	57
Anexo 2. Resultados de análisis de suelos.....	58
Anexo 3. Mapas de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos de los cantones en estudio.....	60
Anexo 4. Muestreo de nemátodos fitoparásitos en zonas cafetaleras de la provincia de Loja.....	62
Anexo 5. Plantas muestreadas con aparente sintomatología de nemátodos fitoparásitos.....	63
Anexo 6. Evaluación de incidencia y severidad en raíces de cafeto.....	64
Anexo 7. Procesamiento de muestras en laboratorio.....	65

## RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos ocasionan pérdidas en la producción agrícola a nivel mundial, pudiendo llegar hasta un 12%. La presencia y ataque imperceptible de los nematodos, junto a otros factores disminuyen considerablemente los rendimientos del cultivo del café, afectando los ingresos económicos de las familias. En tal razón se planteó la presente investigación con el objetivo de evaluar los índices de incidencia y severidad en raíces, identificar, caracterizar y cuantificar los principales géneros de nematodos fitoparásitos que afectan a la producción de café en los cantones Olmedo, Loja, Quilanga, Puyango y Chaguarpamba pertenecientes a la provincia de Loja a tres diferentes pisos altitudinales: alto, medio y bajo. Para evaluar incidencia y severidad se empleó la escala de Taylor y Sasser (1983) aplicada para todo tipo de nematodos; mientras que, para la identificación y caracterización se utilizaron claves taxonómicas y finalmente, la extracción de nematodos se realizó mediante el método de embudo de Baerman para suelo y el método de Stemmerding para raíces. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Nematología de la Dirección Distrital Agrocalidad Loja.

Los índices de incidencia y severidad más altos se observaron en el cantón Olmedo específicamente en el piso altitudinal bajo, con una media de 66 % para el caso de incidencia y 66,4 % para severidad. Con respecto a la identificación en muestras de suelo, se encontraron 10 géneros de nematodos fitoparásitos: *Aphelenchus* sp., *Xiphynema* sp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchulus* sp., *Psilenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Aphelenchoides* sp. y *Criconemoides* sp; cuyas poblaciones representativas son: *Helicotylenchus* sp. (360 individuos/100 cc de suelo), *Pratylenchus* sp. (203 individuos/100 cc de suelo) y *Xiphynema* sp. (156 individuos/100 cc de suelo). Por otra parte, en raíces únicamente se encontraron cuatro géneros: *Xiphynema* pp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchus* sp. y *Pratylenchus* sp.; de los cuales éste último se encuentra en mayor población (127 individuos/100 g de raíces). Finalmente, al correlacionar cada uno de los factores edáficos con las poblaciones de nematodos en suelo, únicamente se encontró correlación entre el porcentaje de arena y las poblaciones de nematodos.

Palabras clave: Nematodos, fitoparásitos, identificación, café.



## ABSTRACT

Parasitic nematoda cause up to 12% loss in the agricultural production worldwide. The unnoticeable presence and attack of nematoda, together with other factors, considerably reduce the coffee farming degree of success, affecting the money income of families. This is the reason why this research was set out with the objective to assess the rate of impact and severity on roots, identify, characterize, and quantify the main genres of parasitic nematoda which affect the coffee production in Chaguarpamba, Quilanga, Olmedo, Loja, and Puyango cantons, that belong to Loja province at three different altitudinal grounds: high, medium, and low. In order to evaluate incidence and severity Taylor and Sasser scale was applied to all kind of nematoda. With relation to the identification and characterization, taxonomic keys were used. Finally, the extraction of nematoda was done through the Baerman tunnel method on floor, and the Stemerding method on roots. The samples were processed at the Loja Nematology Laboratory of the District Direction of Agroquality.

The highest rates of impact and severity were observed at Olmedo canton, specifically on the low altitudinal ground, with a 66 % average in the case of incidence, and 66.4 % of severity. In relation with the identification of floor samples, ten genres of parasitic nematoda were found: *Aphelenchus* sp., *Xiphynema* sp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchulus* sp., *Psilenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Aphelenchoides* sp., and *Criconemoides* sp; whose representative populations are: *Helicotylenchus* sp. (360 individuals/100 cc of ground), *Pratylenchus* sp. (203 individuals/100 cc of ground), and *Xiphynema* sp. (156 individuals/100 cc of ground). On the other hand, only four genres were found in roots: *Xiphynema* pp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchus* sp., and *Pratylenchus* sp.; from these the last one has more population (127 individuals/100 g of roots). Finally, after establishing the correlation of each edaphic factor with the population of nematoda on ground, a relationship was found only between the sand and the nematoda population.

Key words: Nematoda, parasitic, identification, coffee.

## 1. INTRODUCCIÓN

El café es un arbusto originario de Etiopía, pertenece a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea*; alcanza entre 2 y 12 metros de altura y puede llegar a vivir alrededor de 50 años (Echeverri, 2005). De acuerdo a la región y clima de origen se desarrollan diferentes tipos de cafetos con constituciones genéticas diversas; comprende aproximadamente 70 especies, de las cuales las dos más importantes y cultivadas con fines comerciales son *C. arábica* y *C. canephora* (ANACAFE, 2013).

El café es uno de los principales productos de exportación en el ámbito mundial; más del 80 % de su producción se destina al comercio internacional. En efecto, es uno de los pilares fundamentales de los países tropicales de América Latina, debido a que su producción y comercio constituyen la base económica de la mayoría de los países subdesarrollados, principalmente en términos de empleo e ingresos por exportación (Quintero y Rosales, 2014).

En Ecuador, el cultivo de café es una de las principales actividades agrícolas que se desarrollan, pues se encuentra entre los diez cultivos con mayor superficie. Además, este producto es considerado primordial para el sector agropecuario por la generación de divisas e ingresos que implica su exportación (5 283 toneladas de café en grano al 2016). Además, durante los últimos 15 años se ha ubicado entre los primeros nueve cultivos con mayor superficie cosechada y es producido en 19 provincias del país (Guerrero, 2017).

Aunque el cultivo de café representa uno de los principales productos agrícolas de Ecuador, su producción (203 kg/ha) es bastante inferior al de otros países sudamericanos como Brasil (1513 kg/ha) y Colombia (860 kg/ha) (FAOSTAT, 2017).

La baja productividad que caracteriza a los sistemas productivos de café en Ecuador y particularmente a la Zona Sur, se debe principalmente a la falta de conocimiento del germoplasma cultivado, incipiente tecnificación, manejo inadecuado de las densidades poblacionales, plagas y enfermedades (COFENAC, 2012).

Dentro de las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo (Broca y Roya), los nematodos fitoparásitos constituyen también un factor muy importante a considerar, ya que son causa de importantes pérdidas para la caficultura, debido que provocan una disminución del 10 % de la producción (Heredia *et al.*, 2015). Su presencia junto a otros factores reducen considerablemente los rendimientos del cultivo, afectando los ingresos económicos de las familias (Quispe *et al.*, 2017).

Según Agrios (2011) los nematodos producen síntomas tanto en las raíces como en los órganos aéreos; los síntomas en la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones, ramificación excesiva, puntas dañadas de raicillas y pudriciones cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias, hongos saprófitos y fitopatógenos.

Uno de los principales géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café es, *Meloidogyne* sp. representado principalmente por *M. exigua* en cuyos estadios juveniles penetra principalmente por el tejido meristemático provocando hipertrofia e hiperplasia, induciendo la formación de agallas. Por otra parte, el género *Pratylenchus*, cuyo principal representante es *P. coffeae*, se caracteriza por provocar en la raíz lesiones pardas que eventualmente causan pudrición de estas (Chaves, 2014).

En Ecuador y particularmente en la provincia de Loja, no se han encontrado referencias que informen de estudios enfocados a la identificación y caracterización de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café. Por lo antes mencionado se planteó la siguiente investigación en base a los siguientes objetivos:

#### **GENERAL**

- Realizar estudios de identificación taxonómica, cuantificación de poblaciones y niveles de daño asociados a nematodos fitoparásitos del cultivo de café en diferentes zonas productoras de la provincia de Loja.

#### **ESPECIFICOS**

- Determinar niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja.
- Identificar nematodos fitoparásitos asociados a las condiciones edafoclimáticas en zonas productoras de la provincia de Loja.
- Relacionar los géneros de nematodos fitoparásitos de mayor porcentaje poblacional y frecuencia, con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH), de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. El cultivo de café: *Coffea arabica* L. (Alvarado y Rojas, 2007).**

#### **2.1.1. Características botánicas**

Comprende desde arbustos hasta árboles de 5 a 10 metros de altura, todos leñosos. Sus hojas son elípticas, acabadas en punta y aparecen por pares. Presentan peciolo cortos y pequeñas estipulas. Las hojas pueden ser también de distintos colores: verde lima, verde oscuro, bronce o con matices purpúreos. Los frutos son tipo drupa, con epicarpio carnoso y doble semilla. Las flores aparecen en inflorescencias (ICO, 2014; Waller et al., 2007) citado por Rojo (2014).

El sistema radicular se caracteriza por ser de tipo pivotante la raíz principal, penetra verticalmente en el suelo, pudiendo alcanzar una profundidad en una planta adulta de 50 a 60 cm de longitud. A partir de la raíz pivotante se producen raíces laterales de tipo grueso que sirven de soporte a las raíces delgadas o absorbentes denominadas “raicillas”. Generalmente alrededor del 80 % de las raicillas se localizan en los primeros 30cm de profundidad (INIAP, 1993).

#### **2.1.2. Distribución geográfica**

El café se cultiva principalmente en los países tropicales ubicados en América Latina, Asia y África. Los dos tipos de café producidos con fines comerciales son arábica y robusta (CEDRSSA, 2014). El análisis de las estadísticas cafetaleras reportadas por la Organización Internacional del Café (ICO) permitieron identificar tendencias crecientes en los principales países productores, como Brasil, Vietnam e Indonesia y en algunos países hispanoamericanos, como Honduras, Nicaragua y Perú (Ocampo *et al.*, 2017).

La lista de los veinte principales países productores de café a nivel mundial encabeza Brasil, con un 30,16 % de la producción total en el mundo, seguido de Vietnam (19,18 %), Colombia (9,42 %) e Indonesia (7,67 %) (ICO, 2015). Las exportaciones mundiales de café pertenecientes al mes de abril del año 2018 fueron de 10,18 millones de sacos, cifra impulsada por un aumento del 14,1 % en las exportaciones de la variedad Robusta y del 6,8 % en la variedad Suaves Colombianos, esto en comparación con 9,50 millones de sacos producidos en abril de 2017 (ICO, 2018).

A nivel nacional, el café se produce en 20 de las 22 provincias del país lo cual denota la gran importancia socioeconómica del sector. La Asociación Nacional de Exportadores de Café, ANECAFE, estima que en la región costa se siembra 112,000 hectáreas (ha), en la

sierra 62 000 ha, en la región amazónica 55.000 ha y en Galápagos 1.000 ha de cafetales. Esta amplia distribución se presenta porque el Ecuador es uno de los 14 países, entre cerca de 70, que tiene producción mixta es decir, cultiva las especies comerciales arábica (*Coffea arábica*) y robusta (*Coffea canephora*) (González, 2016).

### **2.1.3. Importancia económica**

El café es un producto de gran importancia en el mercado mundial, y su cultivo se realiza por generalmente en las regiones tropicales. Hoy más de 80 países lo cultivan variando por sus diferentes tipos de calidad y poco más de 50 países lo exportan. Por su valor comercial es uno de los principales productos agrícolas, con una participación importante en el comercio mundial, produciendo ingresos anuales superiores a los 15 mil millones de dólares para los países exportadores y dando empleos directos e indirectos a poco más de 20 millones de personas dedicadas al cultivo, transformación, procesamiento y comercialización del producto en todo el mundo (Canet *et al.*, 2016).

En Ecuador, el café tiene relevante importancia en los órdenes: económico, social y ambiental. En lo económico, es una fuente de divisas para el país e ingresos para productores y otros actores de la cadena que en el 2018 representó ingresos por exportación de 81,693 miles de dólares según estadísticas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, del Ecuador. En lo social, la caficultura involucra a casi todas las etnias como Kichwas, Shuaras y Tsáchilas, que se arraigan en un amplio tejido social (PROECUADOR, 2013). En lo ambiental, el café se cultiva básicamente en sistemas agroforestales y contribuye a la conservación de los recursos naturales y biodiversidad (Venegas *et al.*, 2018).

Loja es la segunda provincia con mayor superficie de café en el país, atrás de Manabí. El café se cultiva en 20 de los 21 cantones de la provincia (la excepción es Zapotillo). Se cultivan 21.018 hectáreas de café, las cuales aportan con un 16% a la producción cafetalera del país. Además, el café representa el segundo cultivo más importante de la provincia: el 44, 03% del área sembrada le corresponde al cultivo de maíz duro, seguido por el 12,75% dedicado al café, cuya producción para el año 2018 fue de 4,42 t. Finalmente, un último dato de relevancia, señala que el 75% de los cafetales están en los cantones Loja, Olmedo, Sozoranga, Quilanga y Chaguarpamba (PDOTPL, 2005; MAG, 2018).

## **2.2. Generalidades de los nematodos fitoparásitos del café**

### **2.2.1. Ciclo Biológico**

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fitopatógenos es, por lo general, bastante semejante. Los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los nematodos adultos. Las larvas aumentan de tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda. Todos los nematodos tienen cuatro etapas larvarias y la primera muda a menudo se produce en el huevecillo. Después de la última muda, los nematodos se diferencian en hembras y machos adultos. La hembra puede entonces producir huevecillos fértiles una vez que se ha apareado con un macho o, en ausencia de machos, partenogenéticamente, o bien produce esperma por sí misma (hermafroditismo) (Talavera, 2003).

El ciclo de vida comprendido desde la etapa de huevecillo a otra igual puede concluir al cabo de tres o cuatro semanas bajo condiciones ambientales óptimas, en especial la temperatura, pero tardará más tiempo en concluir en temperaturas frías. En algunas especies de nematodos la primera o segunda etapa larvaria no puede infectar a las plantas y sus funciones metabólicas se realizan a expensas de la energía almacenada en el huevecillo (Agrios, 2005).

### **2.2.2. Sintomatología y tipos de daños ocasionados por nematodos fitoparásitos**

Los nematodos que infectan a las plantas producen síntomas tanto en las raíces como en los órganos aéreos de las plantas. Los síntomas de la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones, ramificación excesiva de la raíz, puntas dañadas de esta última y pudriciones de la raíz cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias y hongos saprofitos o fitopatógenos. Estos síntomas con frecuencia van acompañados por síntomas no característicos en los órganos aéreos de las plantas y que aparecen principalmente en forma de un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como el amarillamiento del follaje el marchitamiento excesivo en tiempo cálido o seco, una menor producción de las plantas y una baja calidad de sus productos (Agrios, 2005).

Según Guzmán *et al*, (2010), manifiesta que los síntomas secundarios en la parte aérea de las plantas son ocasionados por nematodos que atacan el sistema radical. Los daños ocasionados por las especies de nematodos fitopatógenos que infectan semillas, tallos, troncos y hojas son más específicos, ya que cada una de las enfermedades en la parte aérea es causada solamente por una especie de nematodo fitopatógeno, por lo tanto, solamente una especie de nematodo se concentra en las partes afectadas.

Otros síntomas son causados por alargamiento anormal de la célula (hipertrofia), por supresión de la división celular, o por la estimulación de proceso de división celular de una manera controlada y que resulta en la formación de agallas (hiperplasia) o de un gran número de raíces laterales en o cerca de los sitios de infección (Peña y Páez, 2014).

### **2.2.3. Tipos de alimentación en nematodos fitopatógenos**

Aunque los nematodos fitoparásitos pueden atacar raíces, tallos, troncos, yemas, hojas, flores y semillas, el tejido atacado varía de acuerdo con la especie de fitonemato y el hospedante (Sasser, 1989). Generalmente se clasifican en dos grandes grupos con relación a su ubicación en el tejido vegetal, o sea, al tipo de relación biotrófica establecida con la planta hospedera (Bello *et al.*, 1994).

**2.2.3.1. Nematodos ectoparásitos:** Son los nematodos que se alimentan sin penetrar a las raíces. En general, los ectoparásitos son de mayor tamaño y con estiletes más largos que los endoparásitos con el fin de penetrar el tejido de las raíces (Guzmán *et al.*, 2011). Algunos de estos nematodos inducen la planta para formar una célula o células ampliadas que el nematodo se alimenta durante un período prolongado de tiempo. Como ejemplos representativos de ectoparásitos con estilete corto están: *Tylenchorinthus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus* y algunas especies de *Helicotylenchus*; mientras que como representantes de este grupo que presentan estilete largo son: *Belonolaimus*, *Criconemoides*, *Hemicycliophora*, *Longidorus*, *Paratylenchus* y *Xiphinema* (Peña y Páez, 2014).

**2.2.3.2. Nematodos Semi-endoparásitos:** En este caso, solamente la parte anterior del nematodo penetra las raíces y la parte posterior permanece en contacto con el suelo (Guzmán *et al.*, 2011). Por lo general, la cabeza del nematodo penetra en la raíz y le permite formar una célula de alimentación permanente. Estos nematodos se hinchan y no se mueven una vez que han entrado en la fase de endoparásitos de su ciclo de vida. Ejemplos representativos son: *Tylenchulus*, *Rotylenchus* y *Sphaeronema* (Peña y Páez, 2014).

**2.2.3.2. Nematodos Endoparásitos migratorios:** retienen su movilidad y no están fijos en un sitio de alimentación dentro de los tejidos de la planta. Se alojan y migran través de los tejidos, no forman células modificadas de alimentación, ni saco de huevos, y todos sus estados de desarrollo son parasíticos (Guzmán *et al.*, 2011). Existen endoparásitos migratorios de partes aéreas y migratorios de partes subterráneas; ejemplos representativos de este grupo son: *Hirschmanniella*, *Radopholus* y *Pratylenchus* (Gómez y Montes, 2003).

**2.2.3.2. Nematodos Endoparásitos sedentarios:** se caracterizan por tener un estilete pequeño y delicado; las hembras inmaduras y juveniles entran al tejido de la planta



donde desarrollan un sitio de alimentación fijo e inducen la formación de un sofisticado sistema trófico de células de abrigo (cuidar, criar) llamado sincitia (células gigantes), se tornan inmóviles, adquieren una forma abultada para formar y depositar los huevos (Guzmán *et al.*, 2011). Los juveniles se alimentan, agrandan y mudan tres veces hasta la etapa adulta. Las células grandes o de alimentación formadas por estos nematodos en el tejido vascular de la planta la hacen susceptible al estrés hídrico. Como ejemplos representativos de este grupo están: *Globodera*, *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Nacobbus*, *Punctodera* y *Cactodera* (Peña y Páez, 2014).

#### 2.2.4. Mecanismos infecciosos

Los nematodos dañan a las plantas sólo ligeramente mediante los daños mecánicos directos que producen en ellas en el momento de alimentarse. Parece ser que la mayoría de los daños son ocasionados por una secreción de saliva que el nematodo inyecta en la planta mientras se alimenta de ella. Algunas especies de nematodos se alimentan con gran rapidez; perforan la pared celular, inyectan saliva en la célula, succionan parte de los contenidos de esta última y se mueven en el interior de ella al cabo de unos cuantos segundos: Sin embargo, otras especies se alimentan con menos rapidez y pueden permanecer en el mismo punto de entrada a la célula durante varias horas o días. Estos nematodos así como las hembras de las especies que se establecen permanentemente en o sobre las raíces, inyectan saliva en forma intermitente mientras se están alimentando (Agrios, 2005).

El proceso de alimentación puede realizarse desde fuera de la planta (ectoparásitos) o desde dentro de la planta (endoparásitos). Dentro de los endoparásitos, hay géneros móviles en los que juveniles y adultos pueden migrar a través de las raíces y salir y entrar de ellas y sedentarios en los que los J2 se fijan a un sitio a la raíz y ahí se desarrollan hasta completar su ciclo de vida (Talavera *et al.*, 2014).

#### 2.2.5. Rango de hospederos de los géneros fitoparásitos asociados a cultivos hortícolas.

**Cuadro 1. Rango de hospederos de los géneros de nematodos fitoparásitos**

<i>Género</i>	<i>Rango de hospedero</i>	<i>Autor</i>
<i>Meloidogyne</i> sp.	Tiene cerca de 2.000 hospederos, entre ellos: hortalizas, frutales, ornamentales, forestales y cereales.	(Talavera, 2003; INIA, 2017)

<i>Pratylenchus</i> sp.	Azúcar, arroz, maíz, piña, plátano, cebolla, banano, cítricos, guanábana, ñame, papa, algodón, camote, cacao, fresa, tomate, uva y varias malezas	(Sandoval, 2015; Crozzoli, 2014)
<i>Helicotylenchus</i> sp.	Banano, plátano, arroz, sorgo, cacao, papa, caña de azúcar, piña, maíz, té, maní, olivo, pitahaya amarilla y especies forestales.	(Zem <i>et al.</i> , 1981; Moens <i>et al.</i> , 2006; Goodey <i>et al.</i> , 1965; Guzmán-Piedrabitha, 2010)
<i>Tylenchus</i> sp.	Cítricos, vides, piña, olivo y kaki	(Aballay y Navarro, 2005)
<i>Xiphynema</i> sp.	Rosáceas, solanáceas, cucurbitáceas, poáceas, vitáceas, tales como vid, higuera y rosas.	(Cepeda, 1996; Merrifield, 2003; INIA, 2017)
<i>Criconemoides</i> sp.	Cultivos perennes, ciclo corto, plantas leñosas y el césped.	(Crozzoli, 2014)
<i>Tylenchulus</i> sp.	Cítricos y vid.	(Talavera, 2003)
<i>Aphelenchoides</i> sp.	Crisantemo, fresa, lirios y otras plantas ornamentales.	(Sernaque, 2018)

## 2.3. Principales nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café

### 2.3.1. *Meloidogyne* spp.

#### 2.3.1.1 Taxonomía y especies

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Secernentea

Orden: Tylenchida

Familia: Heteroderidae

Género: *Meloidogyne*

Especies: 133 especies (Hunt y Handoo 2009) citado por Solano (2014).

Hunt y Handoo (2009) relacionaron más de 130 especies del género *Meloidogyne*, distribuidas en todo el mundo. De ellas, 10 son importantes por los daños económicos

que provocan, pero sobresalen cuatro especies por su amplia distribución y daños. Estas especies son: *M. incognita*, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood y *Meloidogyne hapla* Chitwood, las dos primeras son comunes en climas tropicales, *M. arenaria* es frecuente en climas subtropicales y *M. hapla* en regiones templadas, aunque también puede encontrarse en las regiones tropicales altas (Sikora y Fernández, 2005; Gandarilla, 2005; Karssen y Moens, 2006).

En los últimos años, varios estudios han advertido que la especie *Meloidogyne enterolobii* Yang y Eisenback (syn. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschman) ha tenido una dispersión relativamente rápida, de gran importancia económica por los daños que ocasiona debido a la habilidad para vencer la resistencia de los cultivos, entre ellos las hortalizas y frutales que llevan el gen Mi-1 que confiere resistencia a *M. javanivca*, *M. arenaria* y *M. incognita* (Tigano *et al.*, 2010; Karssen *et al.*, 2012; Arévalo, 2012) citados por Solano (2014).

#### **2.3.1.2. Importancia económica de los nematodos agalladores *Meloidogyne* spp**

Las pérdidas de cultivo estimadas mundialmente, debidas a *Meloidogyne* y a otros nematodos, es de más o menos 5 %. Esta cifra no significaría mucho si estuviese distribuida equitativamente. Pero no es así, la mayor parte de la pérdida afecta a quienes menos pueden soportarla, es decir, a los pequeños agricultores de los países en desarrollo. Sus pérdidas pueden ser de 25 % a 50 % sobre grandes áreas de tierras de cultivo (Taylor y Sasser, 1983).

Las pérdidas en rendimientos en el cultivo de café por causa de *Meloidogyne* spp. son en promedio 10 – 15%; pero, en determinadas condiciones, principalmente climáticas y edáficas, puede ser hasta de 100% (Souza y Bressan, 2008).

#### **2.3.1.3. Morfometría de los nematodos agalladores *Meloidogyne* spp.**

Según Agrios (2005) los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 1.2 a 1.5 mm de largo por 30 a 36 mm de diámetro. Las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm. Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce. Kenneth (2008) señala que las hembras son de color blanco, con cuellos alargados y delgados, estiletes bien desarrollados, perillas basales y los machos son delgados, semejantes a gusanos.

#### **2.3.1.4. Condiciones predisponentes para nematodos agalladores *Meloidogyne* spp**

En regiones tropicales, donde la temperatura no varía grandemente entre estaciones, *Meloidogyne* spp., puede reproducirse constantemente en la presencia de un hospedero y humedad favorable en el suelo. Con suficiente aireación en el suelo y una adecuada humedad necesarios para el movimiento y la infección, suelos arenosos o bien estructurados y drenados, combinados con un régimen apropiado de irrigación o suficiente lluvia, favorece la reproducción del nematodo. *Meloidogyne* spp., es encontrado en suelos arenosos o franco arenosos (Taylor y Sasser, 1983).

#### **2.3.2. *Pratylenchus* spp.**

##### **2.3.2.1 Taxonomía y especies**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Chromadorea

Orden: Tylenchida

Familia: Haplaimidae

Género: *Pratylenchus*

Especies: *P. brachyurus*, *P. zae*, *P. coffeae*, *P. penetrans*, *P. thornei* y *P. neglectus*; mismos que se encuentran distribuidos en diferentes cultivos de importancia agrícola (Integrated Taxonomic Information System, 2013).

##### **2.3.2.2 Importancia económica de los nematodos *Pratylenchus* spp**

La importancia en pérdidas económicas provocadas por *Pratylenchus* está relacionada directamente con el hospedante y la especie (Castillo y Vovlas, 2007). En Brasil, en caña de azúcar se determinó a *P. brachyurus* más agresivo que *P. zae*, dado que el daño provocado por poblaciones iniciales de 10 individuos de *P. brachyurus* fue parecido al daño causado por 10 000 de *P. zae* (Figueiredo *et al.*, 2013).

##### **2.3.2.3 Morfometría de los nematodos *Pratylenchus* spp**

*Pratylenchus* posee características morfológicas que permiten diferenciarlo de otros géneros. La estructura cefálica se caracteriza por ser plana. El estilete es corto y oscuro. El esófago traslapa ventralmente con el intestino (Davis y Mac Guidwin, 2000).

Los estadios juveniles de *Pratylenchus* normalmente poseen los mismos caracteres que los adultos, pero no cuentan con órganos reproductivos desarrollados. Según Crozzoli (2014) las hembras y machos presentan la siguiente anatomía:

Hembra: región cefálica ligeramente contrastada, redondeada y conformada por dos anillos. Estilete robusto con protuberancias basales anchas y redondas (17-22  $\mu$ ). Margen externo de la estructura cefálica ligeramente esclerotizado extendiéndose lateralmente en el cuerpo por el alto de un anillo. Campos laterales marcados por cuatro líneas longitudinales. Fasmidios ubicados cerca de la mitad de la cola, la cual se va estrechando hacia el extremo, terminando de forma redondeada y lisa. La longitud total del cuerpo es aproximadamente de 390-750 mm (Guerrero, 2017).

Macho: similar a la hembra. Espículas delgadas y ventralmente cóncavas. Fasmidios apenas posteriores a la mitad de la cola. Estilete más débil que el de la hembra (19 $\mu$ ).

#### **2.3.2.4 Condiciones predisponentes de los nematodos *Pratylenchus* spp**

El género *Pratylenchus* puede encontrarse en cualquier continente. Algunas especies habitan en climas templados, otras en tropicales y algunas se adaptan a ambas condiciones. La distribución es independiente de la presencia de plantas hospederas y factores abióticos como la temperatura (Castillo y Vovlas, 2007).

Según Chávez *et al* (2014) en trabajos desarrollados en Costa Rica, encontró que la mayor densidad poblacional de *Pratylenchus* está asociada con mayor cantidad de lluvia (1248 mm), mayor altitud (1175 msnm), mayor porcentaje de arena (40 a 52 %) y menor porcentaje arcilla (10 – 26.6 %).

#### **2.3.3. *Helicotylenchus* spp.**

##### **2.3.3.1 Taxonomía y especies**

Según Fortuner *et al.*, (1987) y Siddiqi (2000) este género de nematodos tienen la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Secernentea

Orden: Tylenchida

Familia: Hoplolaimidae

Género: *Helicotylenchus*

Especie: *H. dihystray* *H. multinctus*, son las que revisten la mayor importancia desde el punto de vista agrícola, y la especie que frecuenta el cultivo de café principalmente es *H. erythrinae* (Crozzoli, 2002).

### **2.3.3.2 Importancia económica de los nematodos *Helicotylenchus* spp**

El género *Helicotylenchus* contiene más de 160 especies, siendo uno de los más abundantes del orden Tylenchida, al cual pertenece la mayoría de nematodos fitoparásitos (Guzmán-Piedrahita, 2010).

De acuerdo con las frecuencias y densidades poblacionales, durante el año y en las zonas productoras de musáceas en cada país, *R. similis* es la especie fitoparásita más abundante, constituyendo entre el 82 y 97% de la población de nematodos en raíces y cormos; sin embargo, ésta puede cambiar según el cultivo, variedad y las condiciones agroecológicas (Araya y Moens, 2003).

### **2.3.3.3 Morfometría de los nematodos *Helicotylenchus* spp**

Las longitud del cuerpo de las hembras es de 0,47-0,53mm (promedio de 0,50 mm), es arqueado con forma de C cuando está relajado; posee anulaciones distintivas, cerca de 1,5µm de ancho en la mitad del cuerpo, campos laterales no areolados, con 4 incisuras, aproximadamente una cuarta parte del ancho del cuerpo. Una región labial hemisférica, ligeramente compensada, con 3-5 (usualmente 4) anulaciones y una depresión oral prominente terminal, marco cefálico fuertemente esclerotizado, con conspicuas márgenes exteriores extendiéndose posteriormente a través de 3 a 4 anulaciones del cuerpo, las cuales son mucho más estrechas en esa región que en las otras.

El cuerpo de los machos tiene una longitud de 0,43-0,55mm, similar a la hembra, excepto el dimorfismo sexual, son abundantes. Poseen un solo testículo, extendido anteriormente, espermatozoides pequeños y redondeados, espermateca pequeña redondeada (Siddiqi, 1973).

### **2.3.3.4 Condiciones predisponentes de los nematodos *Helicotylenchus* spp**

Según Ferris (1960) y Willmontt et al. (1975), *H. dihystra* puede sobrevivir 6 meses en suelo almacenado en sacos de plástico a temperaturas tan altas como 18-24°C en bodegas y tan bajas como 1.1-1.4°C en refrigeradores, pero a una temperatura del suelo de 24 a 35°C no sobrevive 80 días. *H. multicinctus* puede sobrevivir en suelo sin plantas hospedantes por 4 meses en ambiente de laboratorio. Ésta capacidad le permiten al nematodo parasitar e incrementar sus poblaciones en las raíces secundarias ramificadas y superficiales de diferentes especies de plantas (Siddiqi, 1972).

## **2.3.4. *Tylenchus* spp.**

### **2.3.4.1. Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Chromadorea

Orden: Tylenchida

Familia: Tylenchulidae

Género: *Tylenchus*

Especie: *Tylenchus costatus*.

#### **2.3.4.2. Importancia económica de los nematodos *Tylenchus* spp**

El nematodo de los cítricos se encuentra en todas las regiones de producción de cítricos en el mundo. En Chile se ha identificado en más del 90% de las plantaciones de naranjo y limoneros. Altas poblaciones de nematodos pueden afectar la producción (INIA, 2017).

Las pérdidas de cultivos inducidas por este tipo de nematodos en los campos de Florida oscilan entre el 10-20%, mientras que en condiciones áridas y de alta salinidad presentes en los estados occidentales pueden alcanzar el 50% (Duncan 2005).

#### **2.3.4.3. Morfología de los nematodos *Tylenchus* spp**

Tiene presencia de campos laterales, estilete pequeño con nódulos basales, vulva en la mitad del cuerpo en las hembras. Los machos presentan bursa conspicua y cola filiforme (Espinosa *et al.*, 2004).

#### **2.3.4.4. Condiciones predisponentes de los nematodos *Tylenchus* spp**

En general este nematodo se adapta a una amplia gama de condiciones de suelo y humedad desarrollándose también en suelos de texturas arcillosas. En la medida que las plantas se desarrollan en condiciones de algún tipo de deficiencia hídrica o fluctuaciones marcadas, baja fertilidad, o de temperaturas extremas, dichos síntomas aparecen en menor tiempo y son más notorios (Timmer *et al.*, 2003).

### **2.3.5. *Xiphinema* spp.**

#### **2.3.5.1. Taxonomía y especies**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Enoplea

Orden: Dorylaimina

Familia: Longidoridae



Género: *Xiphynema*

Especie: incluyen al menos 87 especies, las que a criterio de Magunacelaya y Dagnino (1999), más de 70 son válidas, la mayoría de ellas con importancia económica no bien estudiada, salvo especies como *Xiphinema index*, importante responsable de la decadencia de huertos de higuera y viñedos. Otras especies de gran importancia son: *Xiphinema americanum*, *Xiphinema elongatum*, *Xiphinema imitator*, *Xiphinema italiae*, *Xiphinema lamberti*, *Xiphinema santos* (Ibrahim *et al.*, 2010).

#### **2.3.5.2. Importancia económica de los nematodos *Xiphinemaspp***

*Xiphinema index* es uno de los nematodos fitoparásitos de mayor importancia para la vid, ya que puede provocar daños directos en las raíces. Además, es vector de virus. Se ha identificado en prácticamente todas las regiones donde la vid es cultivada, incluyendo Chile (INIA, 2017).

#### **2.3.5.3. Morfología de los nematodos *Xiphinema spp***

Su principal característica es el odontoestilete largo, delgado y grueso en la base, con anillo guía a media distancia o cerca de la base, la cola es truncada y redondeada o con proyecciones en la cara ventral en hembras y machos (Espinosa *et al.*, 2004).

Son nematodos de 3 a 5 mm de longitud en su adultez. Internamente, cuentan con un esófago cuya parte anterior es angosta y una posterior ensanchada, con glándulas esofágicas en sus paredes, característica que los distingue de otros nematodos (Dropkin, 1989).

#### **2.3.6. *Criconemoides spp.***

##### **2.3.6.1. Taxonomía y especies**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Secernentea

Orden: Tylenchida

Familia: Criconematidae

Género: *Criconemoides*

Especie: *Criconemoides informis*, *Criconemoides lizarbus*, *Criconemoides amorphus*, *Criconemoides ornata*, *Criconemoides onoensis* y *Criconemoides xenoplax* (Escuer y Bello, 1996).

#### **2.3.6.2. Importancia económica de los nematodos *Criconemoides* spp.**

Algunas especies son responsables de daños restringidos a determinados cultivos en algunos países o continentes, como *C. ornata* en (EE.UU., África) y *C. onoensis* en arroz (India, EE.UU., África), pero *C. xenoplax* es la única que se considera realmente como un problema fitosanitario en Estados Unidos y Brasil, desempeñando un papel importante en la aparición de una enfermedad compleja de la cultura referida como "muerte temprana del melocotón" (Barbosa y Finlay, 2016).

#### **2.3.6.3. Morfometría de los nematodos *Criconemoides* spp.**

Las hembras poseen una cutícula fuertemente estriada, a veces con ornamentaciones, raramente con doble cutícula. La región cefálica es sustituida por un plato labial y, en algunos casos, lóbulos submedianos y/o pseudolabios. Las protuberancias basales del estilete tienen forma de ancla. El largo total del cuerpo es de (63-82  $\mu\text{m}$ ) y la longitud del estilete es de 63-82  $\mu\text{m}$  (Crozzoli, 2014)

El macho es de cuerpo delgado y corto (344  $\mu\text{m}$ ), la parte anterior es redondeada, no presenta estilete, esófago degenerado, espículas cortas (39  $\mu\text{m}$ ), suavemente curvadas. Bursa débilmente desarrollada, excepcionalmente ausente. Cola terminada en punta (OIRSA, 2003).

#### **2.3.7. *Tylenchulus* spp.**

##### **2.3.7.1. Taxonomía y especies**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Secernentea

Orden: Tylenchida

Familia: Tylenchulidae

Género: *Tylenchulus*

Especies: *T. semipenetrans*, *T. furcrus*, *T. graminis* y *T. palustris* (Inserra *et al.*, 1988 citado por Crozzoli, 2014).

#### **2.3.7.2. Importancia económica de los nematodos *Tylenchulus* spp.**

El nematodo de los cítricos se encuentra en todas las regiones de producción de cítricos en el mundo. En Chile se ha identificado en más del 90% de las plantaciones de naranjo y limoneros. Altas poblaciones de nematodos pueden afectar la producción (INIA, 2017).

La disminución del rendimiento está directamente relacionada con las poblaciones de este nematodo en el suelo, representan un efecto económico con un nivel de umbral alrededor de 1000 juveniles / 100 cm<sup>3</sup> de suelo (Bridge y Starr, 2007).

### **2.3.7.3. Morfometría de los nematodos *Tylenchulus* spp**

**Hembra:** Cuerpo irregularmente engrosado (349-406  $\mu$ ) posteriormente a la base de la faringe, ligeramente curvado ventralmente y de forma digitada después de la vulva. Vulva ubicada en la parte posterior del cuerpo, presencia de un ovario enrollado, espermateca con espermatozoides. Recto y ano no visibles. Poro excretor apenas anterior a la vulva. Estilete de 12-15  $\mu$ .

**Macho:** Cuerpo alargado (330-410  $\mu$ ), ligeramente curvado ventralmente en la cola. Región cefálica lisa, conoide, ligeramente esclerotizada. Faringe degenerada, estilete muy débil (10-12  $\mu$ ). Líneas longitudinales inconspicuas. Bursa ausente. Cola elongada, conoide y con terminación redondeada (Crozzoli, 2014).

### **2.3.8. *Aphelenchoides* spp.**

#### **2.3.8.1. Taxonomía y especies**

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Rhabditida

Orden: Aphelenchida

Familia: Aphelenchoididae

Género: *Aphelenchoides*

Especie: 141 especies validas, las principales especies de interés fitopatológico son: *A. ritzemabosi*, *A. fragariae*, *A. besseyi*, *A. arachidis*, *A. composticola*, *A. blastophthorus* (Shahina, 1996) citado por Escuer y Bello (2000).

#### **2.3.8.2. Importancia económica de los nematodos *Aphelenchoides* spp.**

Por lo general son saprófagos que viven en el suelo y se alimentan de hongos, aunque algunas especies pueden vivir como ecto y endoparásitos sobre hojas, bulbos y yemas. Las especies fitoparásitas raramente se encuentra en el suelo, donde son incapaces de completar el ciclo biológico o sobrevivir al invierno, solo se encuentran sobre restos de hojas, bulbos, estolones y semillas de las plantas hospedadora (Shahina, 1996) citado por Escuer y Bello (2000).

### 2.3.8.3. Morfometría de los nematodos *Aphelenchoides* spp

**Hembra:** Cuerpo delgado, recto y ligeramente arqueado ventralmente cuando está relajado. Región cefálica redondeada, no estriado, ligeramente desplazado y más ancho que el cuerpo en la base del labio. Poro excretor generalmente cerca del borde anterior del anillo nervioso. Al final de la cola presenta mucro de forma diversa, con tres a cuatro puntas. La longitud total del cuerpo va de 0,77-1,20 mm y la longitud del estilete de 12  $\mu$  (Allen, 1952) citado por Guerrero (2017).

**Masculino:** Extremo posterior del cuerpo curvado alrededor de 180 grados, cola de forma conoide, con mucro terminal con procesos de dos a cuatro puntas. Las espículas de las extremidades dorsales miden 18–21  $\mu$  (media 19.2  $\mu$ ) (IPPC, 2016).

### 2.4. Antecedentes de la investigación

Ramírez *et al.*, (2000) realizaron estudios sobre la identificación y cuantificación de nematodos asociados al cafeto en las principales zonas productoras de la cuenca del Alto Huallaga (Perú), encontraron a *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Xiphinema*, *Tylenchus*, *Aphelencoide*, *Tylenchurynchus*, *Pratylenchus*, *Criconemoides*, *Rotylenchus* y *Dolichodorus* en muestras de suelo y *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Aphelenchus* y *Pratylenchus* en muestra de raíces.

García (2004) realizó estudios sobre distribución horizontal de los nematodos fitoparásitos en áreas cultivadas con café de la cabecera municipal de San Vicente Pacaya, Escuintla, Guatemala; donde concluyó que, los géneros de nematodos fitoparásitos presentes en el área fueron: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus* y *Criconemella*.

Castillo y Hernández (2005) realizaron estudios en cinco fincas de café en Managua, Nicaragua, con el objetivo de evaluar el efecto de alternativas de manejo no sintéticas sobre la población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, donde tomaron mensualmente muestras de suelo y raíces, y sus resultados indicaron que tanto en muestras de suelo y de raíces, los géneros predominantes en las cinco fincas fueron *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp.

Escobar (2008) realizó estudios sobre poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Mayasa, Nicaragua; los géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en suelo y raíces fueron: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemoides* y nematodos de vida libre. El género más abundante en raíces y suelo fue *Meloidogyne*, los

géneros con menor abundancia fueron *Xiphinema* y *Criconemoides*.

García (2012) en un estudio desarrollado en Jinoteca, Nicaragua, encontró en las raíces de café a los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne*; adicionalmente en este estudio se encontró la presencia de *Helicotylenchus* y *Radopholus*.

Esquivel (1996) realizó estudios acerca de la influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos; menciona que la textura y la estructura del suelo tienen un efecto importante sobre los nematodos fitoparásitos y aparentemente el tamaño de poro afecta la facilidad con la que los nematodos pueden desplazarse a través del suelo.

Según Stirling (1991) mencionado por Esquivel (1996) indica que el movimiento de los nematodos en el suelo está relacionado con el diámetro de los poros, el diámetro del nematodo y la cantidad de agua en el espacio poroso. Un nematodo no puede moverse entre las partículas de suelo cuando el diámetro de los poros es menor que el ancho del cuerpo de nematodo.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en dos fases, una de campo y una de laboratorio. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nematología de la Dirección Distrital Agrocalidad Loja, donde se efectuó la evaluación de los índices de incidencia y severidad, caracterización e identificación.

#### 3.1 Zona de muestreo

La fase de recolección de muestras para la caracterización de nematodos fitoparásitos se realizó en cinco zonas productoras de café de la provincia de Loja; donde se dividió a cada zona en tres pisos altitudinales: bajo, medio y alto. Las zonas seleccionadas para el desarrollo de esta fase fueron: Quilanga, Puyango, Chaguarpamba, Olmedo y Loja; en las cuales se localizaron cafetales de edad avanzada y con aparente sintomatología de nematodos fitoparásitos.

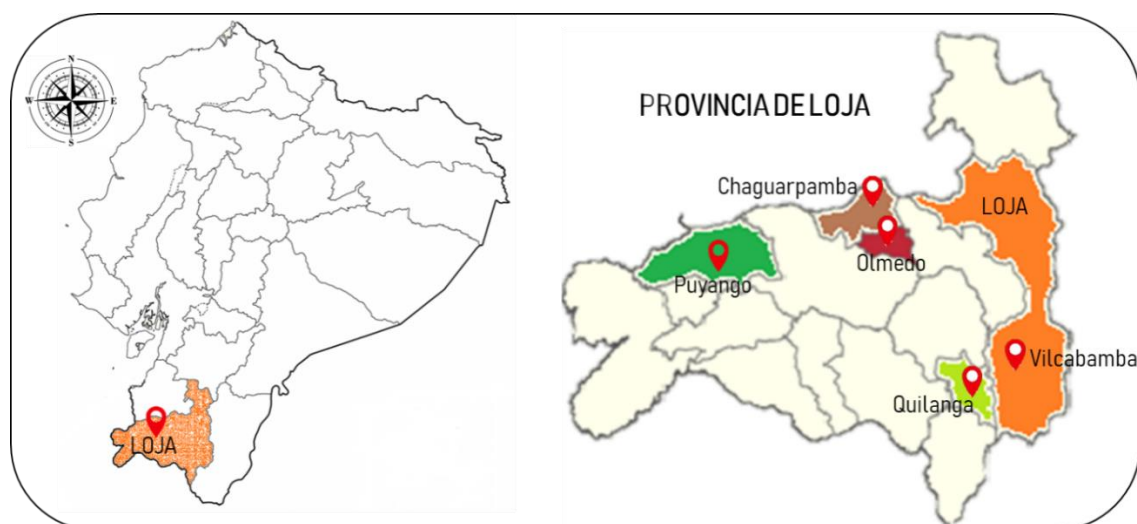


Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en la provincia de Loja.

#### Características de las zonas de estudio

Cuadro 2. Características geográficas y climáticas de las zonas de estudio

Zona de muestreo	Coordenadas	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/anual)
Olmedo	3° 55' 55.45" S 79° 38' 47.44" O	1200 - 2000	16 - 22	700 - 1200
Chaguarpamba	3° 52' 23" S 79° 38' 27" O	440 - 1910	16 – 28,9	700 - 1200
Puyango	4° 00' 53,05" S 80° 01' 07,99" O	400 - 2400	15 – 24	700 – 1500

Quilanga	4° 17' 49,44'' S 79° 24' 02,73'' O	1160 - 3560	12 - 21	251.2
Loja- Vilcabamba	4° 15' 39'' S 79° 13' 21'' O	1700	11 - 22	500 - 1500

Fuente: (PDOTPL, 2005)

### **3.2. MATERIALES**

#### **3.2.1. Materiales de campo**

GPS, cooler, barreta, palas planas, barreno, bolsas de plástico con capacidad para 1 o 2 kg, etiquetas, tijeras de podar, libreta de campo, marcadores de tinta indeleble, lupa.

#### **3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio**

**Materiales y reactivos:** Cajas de Petri, tubos Falcon de 50ml, alcohol potable, porta y cubre objetos, licuadora, vaso de precipitación de 280 ml, lunas de reloj, embudo, soporte universal, mallas circulares de metal, micropipeta 1-5ml contadores, puntas para micropipeta, bandejas de plástico, bisturí, rotuladores, lactofenol, manguera de hule, pinzas de plástico, pizeta de plástico; estereoscopio, microscopio, balanza granataria, cámara digital.

### **3.3 MÉTODOS**

#### **3.3.1 Metodología para el primer objetivo**

Determinar niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja.

Para determinar los niveles de daño radicular en relación con las poblaciones de nematodos, se usó la escala de incidencia y severidad de Taylor y Sasser (1983) la cual posee cinco grados y es aplicada para todo tipo de nematodos, cuyos grados son los siguientes: 0 = planta sana, 1 – 25 %; 2 = 26 – 50%; 3= 51 – 75% de daños; 4 = mayor a 75% de daños.

#### **3.3.2. Metodología para el segundo objetivo**

Identificar nematodos fitoparásitos asociados a las diferentes condiciones edafoclimáticas de las zonas productoras de la provincia de Loja.



### 3.3.2.1 Fase de campo

- **Muestreo**

El muestreo que se empleó fué de tipo dirigido, en plantas con aparente sintomatología de nematodos, para lo cual se seleccionaron 10 plantas por cada piso altitudinal; de cada una de estas, se recolectó una muestra de suelo rizosférico (100cm<sup>3</sup>) en dirección de las raíces descubiertas y una muestra de raíces de los cuatro puntos cardinales de la planta. Las muestras de suelo fueron homogenizadas en una sola muestra por cada piso de muestreo. Las muestras de raíces y suelo se recolectaron por separado, y fueron colocadas dentro de fundas plásticas para luego ser etiquetadas.

**Cuadro 3. Características de los pisos altitudinales seleccionados en cada una de las zonas de muestreo.**

Zonas	Piso altitudinal	Altitud (msnm)	Coordenadas	
			X	Y
Loja	Alto	2008	697413	9565238
	Bajo	1737	699879	9531664
Quilanga	Alto	1906	678653	9525447
	Medio	1598	677309	9519427
	Bajo	1384	677288	9518955
Olmedo	Alto	1800	651167	9563444
	Medio	1506	652154	9565799
	Bajo	1208	650414	9565246
Chaguarpamba	Alto	1363	655171	9570617
	Medio	1108	648871	9573580
	Bajo	813	637160	9574222
Puyango	Alto	1428	616924	9556153
	Medio	1100	606553	9558999
	Bajo	897	616645	9563950

Fuente: Autora

### 3.3.2.2 Fase de laboratorio

- **Extracción de nematodos**

El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio de Nematología de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoo Sanitaria – Agrocalidad de la Dirección Distrital Loja, donde la extracción de nematodos de las muestras de suelo y raíz previamente colectadas, se desarrollaron en base a procedimientos establecidos en la institución, método de embudo de Baerman (Baermann, 1917) para suelo y método de Stemerding (1964) para raíces.

El método de embudo de Baermann (Baermann, 1917) determina el siguiente protocolo:

1. Inicialmente en una bandeja de plástico se homogeniza la muestra y se toma una submuestra de 270 g de suelo, la misma que es vertida en una bandeja mediana de acero inoxidable con 2 litros de agua. Esta solución se agita por un minuto aproximadamente y se la deja reposar por 5 minutos.
2. Posteriormente se vierte la solución en los tamices nematológicos en el orden que sigue: 40  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 325  $\mu\text{m}$  y 400  $\mu\text{m}$  y se recoge en un vaso plástico el sedimento de suelo que resulta del último tamiz.
3. Para el montaje se utiliza un embudo de vidrio de 10cm de diámetro, al cual se encuentra unido la manguera de hule. En la parte abierta del embudo se coloca una malla metálica y sobre esta se coloca una servilleta de poro fino.
4. Seguidamente, la solución colectada del último tamiz, se vierte sobre la servilleta con cuidado de que esta pueda romperse. Una vez filtrado toda el agua, se cierra la manguera colocando una piza plástica en la parte final.
5. Con ayuda de la pizeta se coloca agua hasta cubrir toda la superficie del embudo (175 ml). Se deja reposar por 48 horas.
6. Transcurrido el tiempo de reposo, abrir la pinza y recolectar 15 ml de la suspensión agua-nematodos en un tubo Falcon.

Por otra parte, para el procesamiento de raíces se utilizó el método de STEMERDING (1964), el cual establece el siguiente proceso:

1. Lavar con agua potable todas las raíces
2. Cortar las raíces en segmentos de 0,5cm de longitud, homogenizar y pesar 10 gramos de muestra.
3. Licuar los 10 gramos de raíces con una cantidad de solución de hipoclorito al 0,5 % que cubra la muestra durante 15 segundos a la velocidad 2 de la licuadora, en dos tiempos con 5 segundos de descanso.
4. Vaciar el contenido de la licuadora a un recipiente plástico y agitar por 3 minutos.
5. Filtrar el contenido de la licuadora sobre los tamices con una ducha y pizeta hasta eliminar todo el cloro existente en la muestra.
6. Colectar el sedimento contenido en el último tamiz en un matraz erlmeyer de 250 ml y aforar la suspensión agua – nematodos presentes en la muestra en base al procedimiento específico de ensayo.

- **Cuantificación e Identificación**

#### **Cuantificación de nematodos en suelo rizosférico**

De la suspensión agua-nematodos obtenida del embudo de Baerman, se cuantificó bajo el estereomicroscopio la población de juveniles J2 en 3 alícuotas de 5 ml cada una. La cuantificación se relacionó a 100 cc mediante regla de tres simple para luego obtener el promedio poblacional por cada muestra de 100 cc suelo procesado.

#### **Cuantificación de nematodos en raíces**

De la suspensión agua-nematodos se tomaron 3 alícuotas de 5 ml cada una en las que se cuantificó el número de individuos, luego cada cuantificación se relacionó mediante regla de tres simple al volumen total obtenido para determinar la población por cada 10 g de raíces.

- **Montaje de especímenes para identificación**

El montaje de las muestras para la identificación se desarrollará en base al protocolo de Coyne *et al.* (2007), el cual consiste en lo siguiente:

1. Utilizar una pipeta para verter o colocar una parte de la suspensión de los nematodos en una placa Petri. El volumen de la suspensión añadido debe cubrir el fondo del recipiente superficialmente para facilitar la pesca de los nematodos.
2. Colocar la caja Petri bajo una lupa de disección utilizando el aumento más bajo según convenga al observador.
3. Agitar suavemente la suspensión con un movimiento circular para desplazar los nematodos hacia el centro de la placa.
4. Localizar un nematodo y levantarlo con suavidad hasta la superficie del agua con la aguja nematológica y ajustar el objetivo del microscopio para mantener el nematodo siempre enfocado mientras se le está pescando de la suspensión acuosa.
5. Manteniendo la aguja nematológica por debajo del nematodo levantarlo con suavidad para sacar el nematodo fuera del agua. Poner la punta del instrumento de pesca suavemente en una gota de agua sobre un porta-objeto que contenga una mínima cantidad de agua.
6. Colocar el porta-objeto brevemente sobre una placa caliente, colocar astillas de un cubre-objetos en los bordes de la gotita de agua y colocar un cubre-objeto sobre la misma para no “aplastar” al nematodo.
7. Observar la preparación al microscopio.

- **Identificación taxonómica**

La identificación taxonómica se realizó mediante caracterización morfológica que consiste en la observación y medición de las estructuras anatómicas de hembras, machos y juveniles (10 especímenes/piso altitudinal), en microscopio con el objetivo 100x, para luego compararlas con claves taxonómicas de Mai y Lyon (1960); Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes (Esquivel, 2015) y Nematología Agrícola (Crozzoli, 2014).

### **3.3.3. Metodología para el tercer objetivo**

Relacionar los géneros de nematodos fitoparásitos de mayor porcentaje poblacional y frecuencia, con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH), de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.

#### **3.3.3.1. Análisis de suelo**

El análisis de suelo de las distintas zonas productoras en estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja; la muestra analizada se constituyó de 10 submuestras de suelo rizosférico, por cada piso altitudinal muestreado. Los factores determinados en el análisis de suelos son: pH, textura y materia orgánica.

#### **3.3.3.2. Análisis estadísticos de los índices de incidencia y severidad, frecuencia poblacional de nematodos de acuerdo al correlación entre las poblaciones con los parámetros edáficos**

Los análisis estadísticos realizados para los índices de incidencia y severidad se determinaron a través de un análisis de varianza simple, utilizando el programa estadístico INFOSTAT (2017). Para la determinación de la frecuencia poblacional por cada género de nematodos encontrados en suelo y raíces, se realizó la suma de la población total de todos los géneros que constituyen el 100%, la frecuencia poblacional se determinó dividiendo la población de cada género para la población total del piso.

Luego se realizó un análisis de correlaciones entre las poblaciones totales cuantificadas por cada género en cada piso altitudinal y las variables del suelo (pH, materia orgánica, textura, altitud), utilizando el programa de cálculo y análisis Excel (2016), a través del cual se obtuvo para cada correlación establecida un p-valor, el coeficiente de determinación  $R^2$  y el coeficiente de correlación de Pearson.

**Cuadro 4. Correlación entre las poblaciones totales de nematodos cuantificadas en suelo y raíces y las variables edáficas.**

<i>Variables</i>	<i>Población de nematodos fitoparásitos (100 cc de suelo y 10 g de raíces)</i>		
	<i>Coeficiente de Pearson <math>r</math></i>	<i>P-valor</i>	<i>Coeficiente de determinación <math>R^2</math></i>
Materia Orgánica			
pH			
Altitud			
% arena			
% limo			
% arcilla			

### 3.3.3.3. Elaboración de mapas de zonificación de la distribución

Los mapas de zonificación fueron elaborados en el programa ArcMap versión 10.4, donde se evidencia la distribución de las poblaciones significativas de los principales géneros de nematodos fitoparásitos de acuerdo a los pisos altitudinales encontrados en los diferentes cantones en estudio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja.

#### 4.1.1. Índices de incidencia y severidad

En la cuadro 4 se muestran los resultados de los índices de incidencia y de severidad, evaluados en tres pisos altitudinales de cinco zonas productoras de café ubicadas en cinco cantones de la provincia de Loja. De manera general, los análisis estadísticos realizados para la incidencia muestran diferencias entre zonas de los tres pisos altitudinales de los cantones Loja y Quilanga; mientras que en los cantones Olmedo, Chaguarpamba y Puyango no existen diferencias significativas con un nivel de significancia del 0.05 %; destacándose los valores más altos en el piso alto y bajo la zona de Olmedo (66 y 61,5 % de plantas afectadas) y en el piso medio la zona de Puyango (57,5 % de plantas afectadas). Por otro lado, los valores más altos para el índice de severidad se evidencian en los tres pisos altitudinales del cantón Olmedo (62,8; 57,8 y 66,4 % de área radicular afectada), mientras que en los demás pisos, se observan valores inferiores sin diferencias estadísticas entre ellos.

**Cuadro 5. Índices de incidencia y severidad de nematodos fitoparásitos en las zonas de muestreo**

Cantón	Piso altitudinal (msnm)	INCIDENCIA			SEVERIDAD		
		Media (%)	P-valor	Discriminación de medias (Tukey)	Media (%)	P-valor	Discriminación de medias (Tukey)
Loja	Alto	53,5	0,0006	a	44,69	0,0009	a
	Bajo	26,2		b	26,16		b
Quilanga	Bajo	47,5	0,002	a	44,8	<0,0001	a
	Alto	38,0		b	29,1		ab
	Medio	28,5		c	12,2		b
Olmedo	Bajo	<b>66,0</b>	0,29	a	<b>66,4</b>	0,56	a
	Alto	<b>61,5</b>		a	<b>62,8</b>		a
	Medio	53,5		a	<b>57,8</b>		a
Chaguarpamba	Alto	40,0	0,13	a	26,6	0,008	a
	Medio	34,5		a	25,9		a
	Bajo	25,5		a	15,8		a
Puyango	Alto	59,0	0,96	a	62,0	0,41	a
	Medio	57,5		a	56,4		a
	Bajo	57,0		a	51,2		a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### **4.1.2. Población de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces**

En el cuadro 5 se muestran las poblaciones de nematodos fitoparásitos cuantificadas para cada piso altitudinal de las cinco zonas cafetaleras de la provincia de Loja, las mismas que se presentan en mayor proporción en cuatro géneros *Pratylenchus* sp., (4433 individuos/10 g de raíces), *Helicotylenchus* sp., (1867 individuos/10 g de raíces) *Tylenchus* sp., (693 individuos/10 g de raíces) y *Xiphynema* sp., (233 individuos/10 g de raíces). Las poblaciones más altas cuantificadas en suelos rizosféricos se encontraron en tres géneros *Helicotylenchus* sp. (360 individuos/100 cc de suelo), *Pratylenchus* sp. (203 individuos/100 cc de suelo) y *Xiphynema* sp. (156 individuos/100 cc de suelo),

Finalmente, a manera de conclusión, en la suma total de poblaciones, se destacan con las mayores poblaciones los géneros *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Xiphinema*.

**Cuadro 6. Poblaciones de nematodos fitoparásitos cuantificadas en las zonas cafetaleras de la provincia de Loja.**

Cantón	Piso altitudinal	Géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en suelo y raíces																			
		Aphelenchus spp.		Xiphynema spp.		Helicotylenchus spp.		Tylenchus spp.		Pratylenchus spp.		Tylenchulus spp.		Psilenchus spp.		Meloidogyne spp.		Aphelenchoides spp.		Criconemoides spp.	
		suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz
Loja	Piso bajo	13		17		13	467	4		9		9									
	Piso alto	9		43		9		22		9		52		4							
Quilanga	Piso alto					30				35		30									
	Piso medio			22		35	233				700										
	Piso bajo	4				56		13	233		233			13		9					
Olmedo	Piso alto			22						30								17			
	Piso medio					30			460	22	940							13			
	Piso bajo	4		4		65	700			13	460			4						4	
Chaguarpamba	Piso alto			9		17				13	700										
	Piso medio	9		9		17		4				4									
	Piso bajo			17	233	9				9	467										
Puyango	Piso alto					13	233	9		22	233							4			
	Piso medio			13		13	233			22	233	13									
	Piso bajo					53				22	467										
TOTAL		39		156	233	360	1867	52	693	203	4433	108		22		9		39		4	
Total por género en suelo y raíces		39		389		2227		745		4636		108		22		9		39		4	

\*Los valores están relacionados por 100 cc de suelo y 10 g de raíces. Las casillas en blanco indican ausencia de individuos.



#### 4.1.3. Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces

En el cuadro 6 se muestran las frecuencias poblacionales de los 10 géneros de nematodos fitoparásitos identificados en suelo en diferentes pisos altitudinales en las zonas cafetaleras de la provincia de Loja. La mayor frecuencia poblacional está representada por el género *Helicotylenchus sp.*, en todas las zonas (Puyango 71%, Olmedo 68%, Quilanga 61%), los demás géneros se ubican con valores inferiores. Al observar la columna promedio de frecuencias, de igual forma destaca el género *Helicotylenchus sp* (37 %) seguido de los géneros *Pratylenchus sp* (23 %) y *Xiphinema sp* (17%); mientras que el menor porcentaje está representado por el género *Psilenchus spp.* (2%).

**Cuadro 7. Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos en 100 cc de suelo**

	Frecuencia poblacional (%) por piso altitudinal														Promedio de frecuencia (%)
Cantón:	Loja		Quilanga			Olmedo			Chaguarpamba			Puyango			
Piso:	pa	pb	pa	pm	pb	pa	pm	pb	pa	pm	pb	pa	pm	pb	
Género															
<i>Aphelenchus</i>	20	6			4			5		20					4
<i>Xiphynema</i>	26	29		39		31		5	22	20	50		21		17
<i>Helicotylenchus</i>	20	6	32	61	57		47	68	44	40	25	27	21	71	37
<i>Tylenchus</i>	6	15			13					10		18			4
<i>Pratylenchus</i>	14	6	37			44	33	14	33		25	45	36	29	23
<i>Tylenchulus</i>	14	35	32							10			21		8
<i>Psilenchus</i>		3			13			5							2
<i>Meloidogyne</i>					9										1
<i>Aphelenchoides</i>					4	25	20					9			4
<i>Criconemoides</i>								5							0
pa: piso alto, pm: piso medio y pb: piso bajo.															

pa: piso alto, pm: piso medio y pb: piso bajo.

Las casillas en blanco indican la usencia de individuos.

En el cuadro 7 se muestran las frecuencias poblacionales de los cuatro géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en 10 g de raíces por cada piso altitudinal de las cinco zonas cafetaleras de la provincia de Loja. La mayor frecuencia poblacional está representada por el género *Pratylenchus sp.*, (60%) ya que se encuentra presente en la mayoría de pisos altitudinales de los cantones en estudio; mientras que el género menos frecuente es *Xiphinema spp* (3%) debido que únicamente se evidencia en el piso bajo del cantón Chaguarpamba.

**Cuadro 8. Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos en 10 g de raíces**

	Frecuencia poblacional (%)														Promedio de frecuencia (%)
Cantón:	Loja		Quilanga			Olmedo			Chaguarpamba			Puyango			
Piso:	pa	pb	pa	pm	pb	Pa	pm	pb	pa	pm	pb	pa	pm	pb	
Género															
<i>Xiphynema</i>											33				3
<i>Helicotylenchus</i>	100			25				60				50	50		29
<i>Tylenchus</i>					50		33								8
<i>Pratylenchus</i>				75	50		67	40	100		67	50	50	100	60
pa: piso alto, pm: piso medio y pb: piso bajo.															

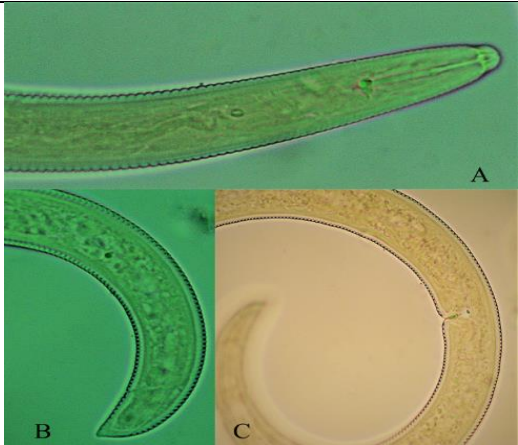
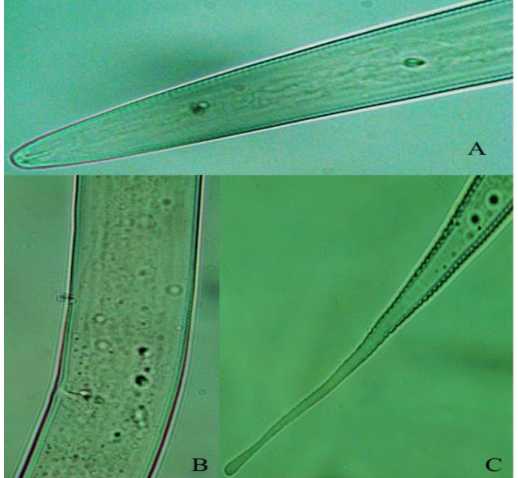
pa: piso alto, pm: piso medio y pb: piso bajo.

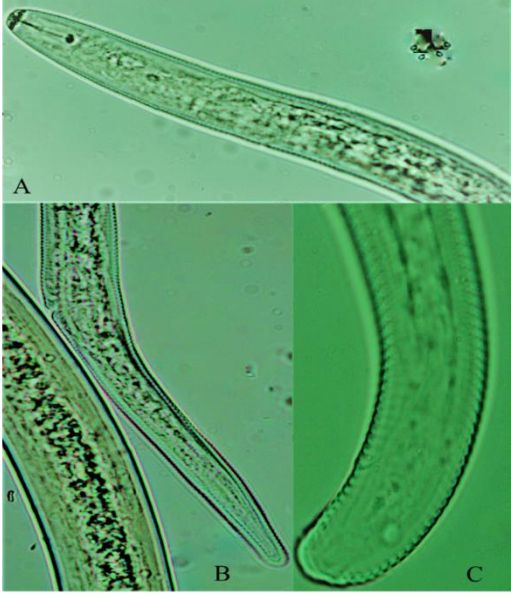
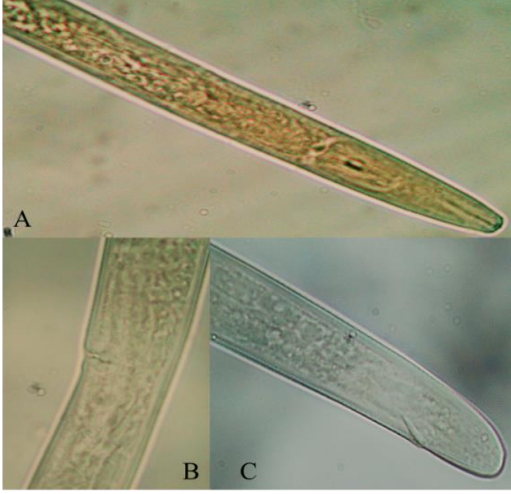
*Las casillas en blanco indican la usencia de individuos.*

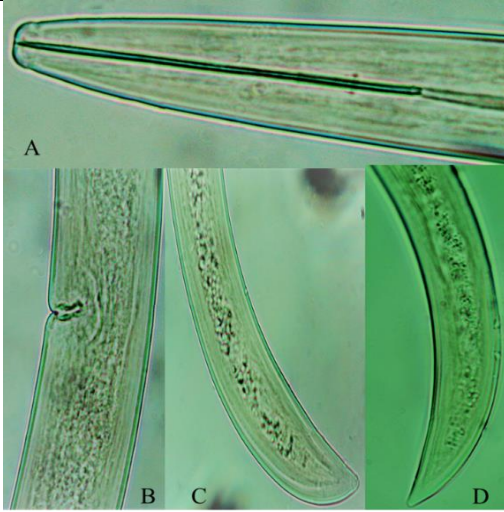
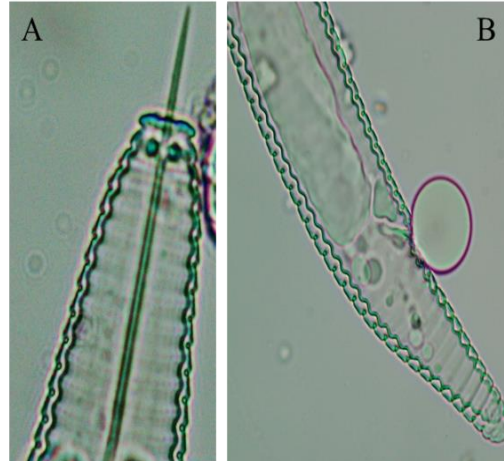
#### 4.2. Identificación de nematodos asociados al cultivo de café en diferentes pisos altitudinales y condiciones edafoclimáticas de la provincia de Loja.

En la cuadro 6 se presentan la principales características morfométricas de los géneros identificados en las cinco zonas cafetaleras en tres diferentes pisos altitudinales. Las características morfológicas observadas en los diferentes especímenes, permitieron la determinación de 10 géneros de nematodos fitoparásitos asociados a los sistemas radicales que son los siguientes: *Aphelenchus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Criconemoides* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp., *Psilenchus* sp., *Tylenchulus* sp., *Tylenchus* sp., y *Xiphynema* sp.

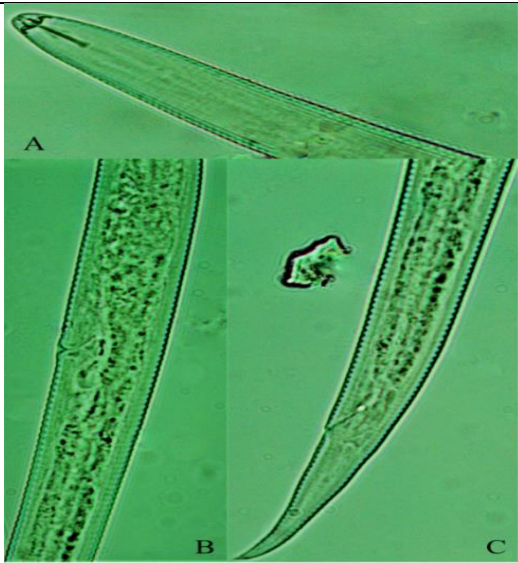
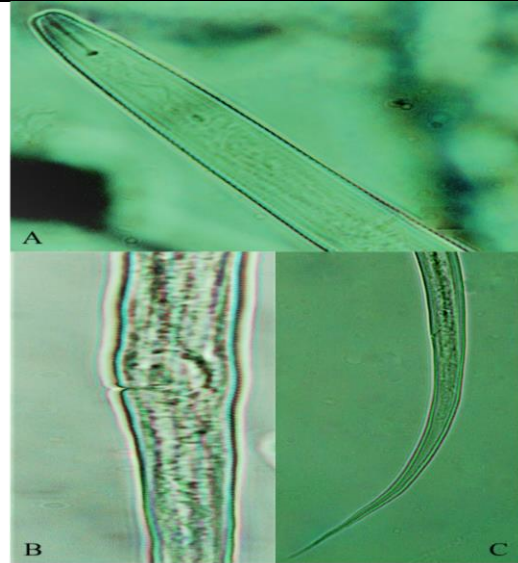
**Cuadro 9. Caracterización morfológica y taxonómica de los nematodos asociados al cultivo de café en cinco zonas de la provincia de Loja**



<i>Características morfológicas</i>		<i>Características micrométricas</i>		<i>Posible género</i>	<i>Evidencia fotográfica</i>
<i>Hembra</i>	<i>Macho</i>	<i>Hembra (mm)</i>	<i>Macho (mm)</i>		
<b>Cuerpo:</b> arqueado o en espiral. <b>Región cefálica:</b> poco diferenciada del cuerpo. <b>Estilete:</b> corto, fuerte, con ensanchamientos gruesos. <b>Ovarios:</b> dos. <b>Vulva:</b> en el cuarto posterior del cuerpo. <b>Cola:</b> de casi redondeada a puntiaguda.	**	<b>Cuerpo:</b> 0,6- 0,8 <b>Región cefálica:</b> ancho: 0,005 - 0,007 largo: 0,03 – 0,05 <b>Estilete:</b> 0,015 – 0,018.	**	<i>Helicotylenchus sp.</i> (Taylor, 1971)	 <p>A. Región cefálica. B. Vulva. C. Cola.</p>
<b>Cuerpo:</b> forma filiforme. <b>Región cefálica:</b> no esclerotizada. <b>Estilete:</b> corto, poco pronunciado, sin nódulos basales. <b>Ovarios:</b> dos. <b>Vulva:</b> poco diferenciada. <b>Cola:</b> largas, filiformes, terminada en forma de gota.	**	<b>Cuerpo:</b> 1,15 <b>Región cefálica:</b> ancho: 0,005 largo: 0,03 – 0,05 <b>Estilete:</b> 0,003	**	<i>Psilenchus sp.</i> (Main y Lyon, 1960)	 <p>A. Región cefálica. B. Vulva. C. Cola.</p>

**	<p><b>Cuerpo:</b> Campos laterales marcados por 4 líneas longitudinales.</p> <p><b>Región cefálica:</b> ligeramente contrastada, redondeada y conformada por dos anillos.</p> <p><b>Estilete:</b> robusto con protuberancias basales anchas y redondas</p> <p><b>Cola:</b> redondeada a puntiaguda, con aleta. <b>Espículas:</b> delgadas y ventralmente cóncavas.</p>	**	<p><b>Cuerpo:</b> 0,61</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,007 largo: 0,03</p> <p><b>Estilete:</b> 0,008</p>	<p><i>Pratylenchus sp.</i> (Crozzoli, 2014)</p>	 <p>A. Región cefálica. B. Vulva y cola en hembra. C. Cola macho.</p>
**	<p><b>Cuerpo:</b> cilíndrico, sección anterior con el metacarpus abultado.</p> <p><b>Región cefálica:</b> bien diferenciada.</p> <p><b>Estilete:</b> delgado, carece de nódulos.</p> <p><b>Cola:</b> cilíndrica en la parte final</p>	**	<p><b>Cuerpo:</b> 0,34</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,008 largo: 0,002</p> <p><b>Estilete:</b> 0,008</p>	<p><i>Aphelenchus sp.</i> (Main y Lyon, 1960)</p>	 <p>A. Región cefálica. B. Vulva. C. Cola.</p>

<p><b>Cuerpo:</b> largo y esbelto que adopta postura en forma de c abierta.</p> <p><b>Región cefálica:</b> desde baja hasta alta; aberturas de los anfidios longitudinales.</p> <p><b>Estilete:</b> recto, muy adelgazado, provisto de largas extensiones. El anillo guía se ubica aproximadamente a la mitad del estilete. Esófago sin bulbo medio.</p> <p><b>Ovarios:</b> uno solo.</p> <p><b>Vulva:</b> típicamente anfidélfico-didélfico</p> <p><b>Cola:</b> varía desde filiforme elongada hasta corta y claramente redondeada.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> similar al de la hembra, pero más pequeño en tamaño y más curvado en el tercio posterior.</p> <p><b>Región cefálica:</b> hemisférica y bien contrastada.</p> <p><b>Estilete:</b> idéntico a la hembra.</p> <p><b>Cola:</b> idéntico a la hembra.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 1,9</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,01 largo: 0,004</p> <p><b>Estilete:</b> 0,14</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 1,5</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,009 largo: 0,004</p> <p><b>Estilete:</b> 0,12</p>	<p><i>Xiphinema sp.</i> (Taylor, 1971; Crozzoli, 2014)</p>	 <p>A. Región anterior. B. Vulva. C. Cola de hembra. D. Cola de juvenil</p>
<p><b>Cuerpo:</b> corto, ancho, con grandes anillos y casi siempre con una arista posterior.</p> <p><b>Región cefálica:</b> poco diferenciada, con presencia de anillos más delgados.</p> <p><b>Estilete:</b> de tamaño mediano.</p> <p><b>Ovarios:</b> solo uno.</p> <p><b>Vulva:</b> cerca de la parte posterior del cuerpo (anillos modificados donde se abre)</p> <p><b>Cola:</b> muy redondeada.</p>	<p>**</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,6</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,008 largo: 0,004</p> <p><b>Estilete:</b> 0,064</p>	<p>**</p>	<p><i>Criconemoides sp.</i> (Crozzoli, 2014)</p>	 <p>A. Región anterior. B. Cola.</p>



<p><b>Cuerpo:</b> corto en todas sus fases, en hembras más turgentes.</p> <p><b>Región cefálica:</b> poco diferenciada, no esclerotizada.</p> <p><b>Estilete:</b> bien desarrollado</p> <p><b>Ovarios:</b> dos</p> <p><b>Vulva:</b> prominente en la extremidad posterior.</p> <p><b>Cola:</b> de forma aguzada.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> corto en todas sus fases.</p> <p><b>Región cefálica:</b> poco diferenciada, no esclerotizada.</p> <p><b>Estilete:</b> pequeño.</p> <p><b>Cola:</b> no poseen aleta.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,52 – 0,55</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,002 – 0,005 largo: 0,001 – 0,003</p> <p><b>Estilete:</b> 0,008 – 0,011</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,61</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,003 largo: 0,002</p> <p><b>Estilete:</b> 0,012</p>	<p><i>Tylenchus sp.</i> (Taylor, 1971)</p>	 <p>A. Región anterior. B. Vulva. C. Cola.</p>
<p><b>Cuerpo:</b> irregularmente engrosado posteriormente a la base de la faringe, ligeramente curvado ventralmente y de forma digitada después de la vulva.</p> <p><b>Región cefálica:</b> sin marco cefálico esclerotizado.</p> <p><b>Estilete:</b> pequeño con nódulos basales</p> <p><b>Ovarios:</b> dos.</p> <p><b>Vulva:</b> en la mitad del cuerpo en las hembras.</p> <p><b>Cola:</b> filiforme.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> similar al de las hembras.</p> <p><b>Región cefálica:</b> sin marco cefálico esclerotizado.</p> <p><b>Estilete:</b> pequeño con nódulos basales.</p> <p><b>Cola:</b> presentan bursa conspicua y cola filiforme</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,53 – 0,74</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,005-0,007 largo: 0,003-0,004</p> <p><b>Estilete:</b> 0,011-0,014</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,56</p> <p><b>Región cefálica:</b> ancho: 0,007 largo: 0,002</p> <p><b>Estilete:</b> 0,013</p>	<p><i>Tylenchulus sp</i> (Crozzoli, 2014).</p>	 <p>A. Región anterior. B. Vulva. C. Cola de hembra</p>

<p align="center">**</p>	<p><b>Cuerpo:</b> casi recto  <b>Región cefálica:</b> con un disco labial ligeramente elevado hemiesferoidal, no contrastada.  <b>Estilete:</b> con protuberancias basales redondas y bien diferenciadas  <b>Cola:</b> con terminación redondeada.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,38  <b>Región cefálica:</b> ancho: 0,005 largo: 0,003  <b>Estilete:</b> 0,004</p>	<p align="center">**</p>	<p><i>Meloidogyne</i> sp. (Crozzoli, 2014)</p>	 <p>A. Región anterior. B. Cola. C. Cuerpo completo</p>
<p><b>Cuerpo:</b> procorpus delgado, bulbo medio muy desarrollado  <b>Región cefálica:</b> ligeramente contrastada, no anillada  <b>Estilete:</b> con pequeñas protuberancias basales  <b>Ovario:</b> simple, larga y cónica que termina con un mucrón de tres puntas.  <b>Vulva:</b> marcada, ubicado en la parte medial del cuerpo.  <b>Cola:</b> larga y cónica que termina con un mucrón de tres puntas.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> similar a la hembra.  <b>Región cefálica:</b> similar a la hembra.  <b>Estilete:</b> un poco más corto que las hembras.  <b>Cola:</b> terminando en un mucrón con dos o tres puntas. Testículo extendido, espículas curvas.</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,49 – 0,52  <b>Región cefálica:</b> ancho: 0,006 largo: 0,003  <b>Estilete:</b> 0,010 – 0,012</p>	<p><b>Cuerpo:</b> 0,6  <b>Región cefálica:</b> ancho: 0,005 largo: 0,004  <b>Estilete:</b> 0,13</p>	<p><i>Aphelenchoides</i> sp. (Taylor, 1971)</p>	 <p>A. Región anterior. B. Vulva y cola en hembra. C. Cola de macho.</p>

### 4.3 Relación de los géneros de nematodos fitoparásitos con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH) de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.

En el cuadro 9 se muestran los resultados del análisis de correlación realizado entre las poblaciones de nematodos cuantificadas en 100 cc de suelo y cada uno de los parámetros edafoclimáticos de las zonas cafetaleras en tres pisos altitudinales; lo cual indica que únicamente existe una relación significativa entre el porcentaje de arena y las poblaciones de nematodos, debido que el p-valor obtenido (0,004) es menor al 0.05 %.

**Cuadro 10. Análisis de correlación entre parámetros edáficos y población total de nematodos por 100 cc de suelo.**

	<i>Población de nematodos fitoparásitos</i>		
	<i>Coefficiente de Pearson r</i>	<i>p-valor</i>	<i>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></i>
Materia Orgánica	-0,45	0,95	0,20
pH	0,23	0,21	0,05
Altitud	0,03	0,46	0,001
% arena	0,67	0,004	0,54
% limo	0,59	0,01	0,34
% arcilla	-0,42	0,93	0,18

En el cuadro 10 se muestran los resultados del análisis de correlación realizado entre las poblaciones de nematodos cuantificadas en 10 g de raíces y cada uno de los parámetros edafoclimáticos de las zonas cafetaleras en tres pisos altitudinales; lo cual indica que no existe una relación significativa entre los parámetros edáficos y las poblaciones de nematodos, debido que el p-valor obtenido para todos los casos es mayor al 0,005 con respecto al 0.05 % de significancia.

**Cuadro 11. Análisis de correlación entre parámetros edáficos y población total de nematodos por 10 g de raíces.**

	<i>Población de nematodos fitoparásitos</i>		
	<i>Coefficiente de Pearson r</i>	<i>P-valor</i>	<i>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></i>
Materia Orgánica	0,31	0,14	0,098
pH	-0,45	0,95	0,20
Altitud	-0,36	0,89	0,13
% arena	-0,32	0,13	0,11
% limo	-0,03	0,54	0,001
% arcilla	0,31	0,14	0,097



## **5. DISCUSION**

### **5.1. Determinación de niveles de daño en relación con poblaciones de nematodos asociados al cultivo de café en la provincia de Loja.**

#### **5.1.1. Índices de incidencia y severidad**

Los análisis estadísticos realizados en base a los índices de incidencia y severidad evaluados en tres pisos altitudinales de diferentes zonas productoras de café ubicadas en cinco cantones de la provincia de Loja, indican diferencias entre los tres pisos altitudinales de los cantones Loja y Quilanga; mientras que en los cantones Olmedo, Chaguarpamba y Puyango, no existen diferencias con un nivel de significancia del 0.05 %; evidenciándose los valores más altos, para los dos índices (Cuadro 5), en el piso bajo del cantón Olmedo (1200msnm), lo que se puede atribuir principalmente a las condiciones climáticas tropicales del lugar, lo que se contrasta con Araya (1994) el cual menciona que las condiciones climáticas encontradas en el trópico, favorecen la reproducción y diseminación de nematodos que se adaptan al cultivo; además al tratarse de cafetales antiguos y perennes, indirectamente se ofrece al nematodo suficiente tiempo para llegar a multiplicarse a densidades perjudiciales para el cultivo. Según Lemus y Valenzuela (1993) las temperaturas favorecen el desarrollo de los nematodos, mientras que las temperaturas bajas prolongan la duración de su ciclo biológico, disminuyendo por lo tanto la multiplicación. Adicionalmente, Ayala (1994) menciona que los nematodos en condiciones tropicales resultan ser mucho más severos por la ausencia de cambios climáticos fuertes que motiven la reducción de las poblaciones. La supervivencia y la reproducción de los nematodos se ven afectadas principal mente por tres factores: la temperatura, la humedad y las propiedades físicas del suelo (Taylor y Sasser 1983). La severidad del daño causado por los nematodos a las plantas puede ser reducida si se crean condiciones favorables para el desarrollo y reproducción de enemigos naturales que se encuentran en el suelo (Paredes 1999).

#### **5.1.2 Poblaciones de nematodos en suelo y raíces**

En suelo se identificaron en total 10 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, de los cuales se evidenció una mayor frecuencia poblacional del género *Helicotylenchus* sp. (71%), mientras que el resto de géneros de nematodos solo fueron encontrados esporádicamente en los sitios de muestreo (Cuadro 7). Con respecto al piso altitudinal, la población más alta se registra en el piso bajo del cantón Olmedo (65

individuos/100 cc de suelo); cabe señalar que en dicho piso altitudinal se evidenciaron los más altos índices de incidencia y severidad evaluados en raíces (60 y 66 % respectivamente), a esto se le puede atribuir debido que estos nematodos afectan al sistema radical de la planta, destruyen los pelos radicales y las raíces secundarias, lo que conduce a la formación de un sistema radical pobremente desarrollado con lo que lleva a un poco anclaje y poca capacidad de absorción de agua y nutrientes (Vera *et al.*, 2017). Además este género es cosmopolita, que se alimenta de un amplio grupo de plantas (Castillo y Hernández, 2005), lo cual explicaría su alta frecuencia en las parcelas evaluadas, tanto en este estudio como en otros anteriores, realizados en diferentes cultivos (Montes-Belmont, 2003; Wing-Ching- Jones *et al.*, 2008). Generalmente ocasionan lesiones a sus hospedantes, y propician la entrada de otros microorganismos, cuando hay alta densidad de población, la planta muestra pérdida de vigor progresiva, manifestándose con una disminución en la producción (Arévalo-Gardín *et al.*, 2016). Este género ha sido reportado en plantaciones de café en Centroamérica, pero, en bajas densidades y sin causar daños económicos (Pinochet y Ventura 1980; Pinochet y Guzman 1987).

En raíces, el género que evidenció la población más alta fue *Pratylenchus spp.* (4433 individuos/10 g de raíces), lo cual se explicaría debido a que este patógeno es un nematodo endoparásito migratorio afectando el sistema radicular de los cultivos (Rodríguez, 1984); esta concuerda con estudios realizados en raíces de café en Guatemala por García (2004), quien mencionó que el género de nematodo fitoparásito que presentó una mayor distribución en el área fue el género *Pratylenchus spp.* Así también, Zimmermann (1898), evidenció la importancia del nematodo en el cultivo del café al detectarlo en raíces dañadas. Fue el primero que demostró la patogenicidad de una especie de *Pratylenchus*, indicando que *P. coffeae* contribuyó con la destrucción de cerca del 95 % de las plantaciones de café. De acuerdo al piso altitudinal, la mayor población de este género (940 individuos/10 g de raíces) se evidenció en el piso medio del cantón Olmedo (Cuadro 6), lo que se le atribuye principalmente a las condiciones edafoclimáticas de la zona aunque según Castillo y Vovlas (2007) algunas especies habitan en climas templados, otras en tropicales y algunas se adaptan a ambas condiciones, la distribución es independiente de la presencia de plantas hospederas y factores abióticos como la temperatura.

## 5.2. Identificación de nematodos asociados al cultivo de café en diferentes pisos altitudinales y condiciones edafoclimáticas de la provincia de Loja.

En la presente investigación se encontró diez géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, los cuales fueron: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Criconemoides* spp., *Psilenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Aphelenchoides* spp. y *Aphelenchus* spp.; siete de estos géneros encontrados coinciden con lo hallado por Ramírez *et al.*, (2000), quien en un estudio realizado en la cuenca del Alto Huallaga en San Martín, Perú; reportó a *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Tylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Criconemoides* spp. como nematodos asociados al cultivo de café; con la diferencia que encontró también a *Tylenchurynchus* spp., *Rotylenchus* spp., *Dolichodorus* spp. George (2006), menciona en un estudio realizado en Turrialba, Costa Rica, que los fitonematodos encontrados tanto en café orgánico y convencional pertenecían a los géneros *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Trichodorus* spp.; lo cual concuerda también con lo hallado en el presente trabajo (Cuadro 9).

En Guatemala, García (2004), encontró cinco géneros de nematodos fitoparásitos presentes en el cultivo de café, los cuales fueron: *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp. y *Criconemella* spp., los tres primeros géneros coinciden con lo encontrado en la presente investigación.

En Nicaragua Escobar (2008), en Nicaragua, reportó a *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Criconemoides* spp. y *Rotylenchulus* spp. como géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en el cultivo de café, asimismo en este trabajo de investigación se encontraron a los cuatro primeros géneros mencionados. García (2012) ha reportado la presencia de *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. en plantaciones de café en Nicaragua.

Por su parte, Rosales (1995) menciona que los géneros de nematodos ectoparásitos en el suelo del cultivo de café son los géneros siguientes: *Aphelenchus*, *Helicotylenchus*, *Criconemella*, *Pratylenchus*, *Psilenchus*, *Rotylenchus* y *Xiphinema*. Entre los nematodos endoparásitos migratorios se encuentra el género: *Pratylenchus* sp., los nematodos endoparásitos sedentarios son del género *Meloidogyne* sp., dentro del cual se reconocen 17 especies parásitas de café (Montes, 2000).

### **5.3 Relación de los géneros de nematodos fitoparásitos con las condiciones edafoclimáticas (altitud, textura de suelo, porcentaje de materia orgánica y pH) de las zonas productoras de café de la provincia de Loja.**

De acuerdo al análisis de correlación realizado entre cada uno de los parámetros edáficos y las poblaciones totales de los géneros de nematodos fitoparásitos previamente cuantificados e identificados en los diferentes pisos altitudinales de los cinco cantones de la provincia de Loja, únicamente se encontró una correlación significativa al 0.05 % entre el % de arena y la población de nematodos en suelo, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,67 y un p-valor de 0,004 (Cuadro 11), lo que concuerda con Vergel *et al.*, (1999) quien menciona que bajo ciertas condiciones como suelo franco y buena sombra los niveles poblacionales de nematodos se presentan en un nivel mayor. Además Esquivel (1996) realizó estudios acerca de la influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos; menciona que la textura y la estructura edáfica tienen un efecto importante sobre los nematodos fitoparásitos y aparentemente el tamaño de poro afecta la facilidad con la que los nematodos pueden desplazarse a través del suelo. Según Stirling (1991) mencionado por Esquivel (1996) indica que el movimiento de los nematodos en el suelo está relacionado con el diámetro de los poros, el diámetro del nematodo y la cantidad de agua en el espacio poroso. Un nematodo no puede moverse entre las partículas de suelo cuando el diámetro de los poros es menor que en el ancho del cuerpo de nematodo. Olabiyi (2009) en el suroeste de Nigeria donde la mayor abundancia de los nematodo fitoparásitos o fitófagos se da más en suelos de textura arenosa. Gallardo (2014) considera a la textura franca arenosa como la más apta para el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos. Chávez *et al.*, (2009) encontró correlación en un 50% del número de nematodos con respecto a las características físicas del suelo, principalmente con la arena. Castilla (2015) en su trabajo de investigación concluye que los suelos arenosos generalmente contienen más poblaciones de nematodos fitófagos que los suelos arcillosos, debido a que la porosidad es mayor, por ende, la aireación es más eficiente en suelo arenoso favoreciendo el metabolismo de estos organismos aerobios y, además, los nematodos se mueven con facilidad a través de la rizosfera.

En el presente estudio no se encontró correlación entre el porcentaje de arcilla, altitud, porcentaje de materia orgánica, pH y la población total de nematodos cuantificados en suelo y raíces; respecto a la materia orgánica, algunos autores aseguran que la descomposición de la misma tiene una acción nematicida; otros afirman que el beneficio

se debe a una acción indirecta, ya que permite una nutrición más adecuada de la planta que compensa el porcentaje de raíces dañadas (Magunacelaya y Dagnino 1999). Castilla (2015) en su investigación obtuvo valores bajos de materia orgánica pero, asegura que el 87% de los géneros encontrados son dependientes de esta fuente nutritiva, tanto para su supervivencia como para contribuir en los ciclos biogeoquímicos, a partir de su metabolismo.

Además con respecto al pH Guzmán *et al.* (2008) mencionan que la variación de 5 hasta 7.6, no tiene efecto sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos. De acuerdo al porcentaje de arcilla Muñoz (2011) considera que las condiciones de los suelos arcillosos hacen que los niveles de oxígeno sean más bajos y, en consecuencia, el metabolismo, movimiento e infectividad de los juveniles se afecte, además del efecto negativo sobre el crecimiento y reproducción de las hembras.

## 6. CONCLUSIONES

- Los índices de incidencia y severidad más altos (66 % de plantas afectadas y 66,4 % de área radicular afectada) se evidencian en el piso bajo del cantón Olmedo; los análisis estadísticos realizados para dichos índices muestran diferencias entre los tres pisos altitudinales de los cantones Loja y Quilanga; mientras que en los cantones Puyango, Chaguarpamba y Olmedo no existen diferencias significativas;
- Los géneros de nematodos encontrados en las plantaciones de café en cinco zonas cafetaleras a tres diferentes pisos altitudinales de la provincia de Loja son: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Criconeimoides* spp., *Psilenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Aphelenchoides* spp. y *Aphelenchus* spp.
- La densidad poblacional más alta determinada en muestras de suelo, está representada por el género *Helicotylenchus* spp. 68% (65 individuos/100 cc de suelo) cuantificada en el piso bajo del cantón Olmedo; mientras que la más alta densidad poblacional en raíces sobresale el género *Pratylenchus* spp. 60% (940 individuos/10 g de raíces) en el piso medio del mismo cantón.
- En el análisis de correlación realizado entre cada uno de los parámetros edáficos y las poblaciones totales de los géneros de nematodos fitoparásitos previamente cuantificados e identificados en los diferentes pisos altitudinales de los cinco cantones de la provincia de Loja, únicamente se encontró una correlación significativa al 0.05 % entre el porcentaje de arena y la población de nematodos en suelo, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,67 y un p-valor de 0,004.

## 7. RECOMENDACIONES

- Ejecutar estudios de caracterización molecular para determinar la identidad taxonómica a nivel de especies de los nematodos fitoparásitos.
- Implementar nuevos trabajos de investigación en el Ecuador sobre identificación y caracterización de nematodos fitoparásitos en los cultivo de importancia económica.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aballay, E. y Navarro, A. (2005). Incidencia en Vides del Nematodo de los Cítricos, *Tylenchulus Semipenetrans* y Evaluación de Algunos Portainjertos Sobre su Control. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Agrios, G. (2005). Plant Pathology. Published Elsevier. 5ta ed. United States of America. 734-749 p.
- Agrios, G. (2011). Fitopatología. 2<sup>da</sup> Edición. Grupo Noriega Editores. México.
- Alvarado, M. y Rojas G. (2007). El cultivo y beneficiado del café. Ed. Univ. Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- ANACAFE. (2013). Asociación Nacional del Café. Variedades de café resistentes. El cafetal
- Araya, M. (2004). Los fitonematodos del banano (*Musa* AAA Subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery y Williams) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional ACORBAT. pp. 84-105.
- Araya, M. y Moens, T. (2003). Parasitic nematodes on *Musa* AAA (Cavendish subgroup cvs 'Grande naine' 'Valery' and 'Williams'). En Turner, D. y Rosales, F. (eds.), Banana Root System: Toward a Better Understanding for Its Productive Management. San José, Costa Rica.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L e Hincapié, Edgar. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Primera edición. Federación Nacional De Cafeteros de Colombia Comité Nacional. Editorial Blanecolor Ltda.
- Arévalo, J. (2012). *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams como potencial agente de control biológico de *Meloidogyne enterolobii* (Yang y Eisenback) en cultivos hortícolas. Rev. Protección Veg., 27
- Arévalo-Gardini E., Canto M., Baligar V., Zúñiga C. y Márquez D. (2016). Población de *Helicotylenchus* sp. y *Aphelenchus* sp. en la rhizosfera de clones de cacao

(*Theobroma cacao* L.) bajo los sistemas de manejo tradicional y de bosque mejorado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Ayala, M. (1994). Distribución y niveles poblacionales de *Meloidogyne spp* y *Pratylenchus spp*. en ocho cantones productores de café en Costa Rica. Agronomía Costarricense.

Barba, J. y Heredia E. (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. Instituto del Café de Costa Rica. Centro De Investigaciones en Café CICAPE. Primera Edición. Costa Rica.

Barbosa, L y Finlay, D. (2016). Nematología de las plantas: fundamentos e importância. Sociedade Brasileira de Nematologia /SBN.

Bello, A., Escuer, M. y Pastrana, M. (1994). Los nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos. Patología vegetal II.

Bridge, J. y Starr, J. (2007). Plant Nematodes of Agricultural Importance. Londres, Manson Publishing.

Calderón, G. (2013). Programa de Protección Vegetal Cedicafé-Anacafé. El Cafetal.

Canet, G., Soto, C., Ocampo, P., Rivera, J., Navarro, A. y Villanueva, S. (2016). La Situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ),

Castillo, P. y Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Leiden, Boston. Estados Unidos de Norteamérica. Brill.

Castilla, E. (2015). Influencia de factores edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre. Universidad de Sucre Facultad de Educación y Ciencia. Programa de Biología y Química. Sincelejo - Sucre.



- Castillo, C. y Hernández M. (2005). Evaluación de opciones alternativas al uso de agroquímicos para el manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo del café (*Coffea arabica*) en fincas de Masaya, Granada y Carozo. Managua Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía.
- Cepeda, M. (1996). Nematología Agrícola. Ed. Trillas S.A. de C.V. México.
- CEDRSSA. (2014). Producción y mercado de café en el Mundo y en México. Reporte del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural. Sustentable y la Soberanía Alimentaria. LXII. Legislatura, Cámara de Diputados.
- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC). (2012). El sector cafetalero ecuatoriano (Diagnóstico). Portoviejo, Ecuador.
- Coyne, D., Nicol, J. y Claudius – Cole, E. (2007). Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin.
- Chaves M. (2014). Tesis: Densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos y de suelo en sistemas orgánicos y convencionales de café en asocio con banano en el Valle Central y Occidental de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica
- Chaves, M., Avenilo, J., Esquivel, A. y Staver, C. (2014). Densidad y Diversidad de Nematodos Fitoparásitos del Cultivo de Café y su Relación con Variables Agroecológicas. Costa Rica
- Chávez, C., Velazco M. y Araya V. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. Agronomía Mesoamericana, vol. 20, n° 2, pp. 361-369.
- Crozzoli, R. (2014). La Nematología agrícola en Venezuela. Ediciones de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Crozzoli, R. (2002). Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. Asociación Interciencia. Vol. 27, Venezuela. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica

- Davis, E. L., Hussey, R. S., Baum, T. J. Bakker, J., & Schots, A. (2000). Nematode parasitism genes. Annual Review of Phytopatology.
- Delgado, P., Larco, A., García, C., Chilán, W. y Patiño, M. (2002). CAFÉ EN ECUADOR: Manejo de la Broca del Fruto (*Hypothenemus hampei* Ferrari) Informe de Terminación de Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café Convenio CFC – OIC - CABI Commodities – ANECAFE.
- Duncan LW. (2005). Nematode parasites of citrus. In Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture (Luc M, Sikora RA, Bridge J, eds). CAB International, Wallingford, UK.
- Dropkin, V. (1989). Introduction to Plant Nematology. 2nd. Ed. John Wiley and Sons. USA. 3
- Eguiguren, R., y Defas, M. (1992). Principales Fitonematodos en el Ecuador Descripción Biología y Combate, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito - Ecuador, Boletín Técnico N°21
- Echeverri, E. (2005). Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. Cenicafe 55(2):161-174.
- Escobar M., (2008). Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007). UNA- Nicaragua.
- Escuer, M. y Bello, A. (1996). Nematodos de la subfamilia Macroposthoniinae (Nematoda: Criconeematidae) en la España peninsular. Dpto. de Agroecología, Centro de Ciencias Medioambientales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC. Madrid-España.
- Escuer, M. y Bello, A. (2000). Nematodos del género *Aphelenchoides* de interés fitopatológico y su distribución en España. Dpto. de Agroecología, Centro de Ciencias Medioambientales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC. Madrid-España.

- Esquivel, A. (1996). Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos p. 57-62. En Bertsch, F., W. Badilla, y E. Bornemisza (eds.) X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, EUNED, San José, Costa Rica.
- Espinosa, M., Fuentes, K., Jaraba, J. y Lozano, Z. (2004). Nematodos Fitoparásitos asociados al cultivo de Papaya (*Carica papaya* L.) en Córdoba. Temas Agrarios - Vol. 9. Córdoba, Argentina.
- FAOSTAT. (2016). FAO STATISTICS. Cultivo: países, elementos, productos y años. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Figueiredo, B., Santos, B., Soares, J., Ruas, P., y Carvalho, R. (2013). Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to Sugarcane, Compared with Key Nematode *P. zae*, Nematropica.
- Fortuner, R., Geraert, E., Luc, M., Maggenti, A. & Rask, D. (1987). A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 8. The family Hoplolaimidae Filip'ev, 1934. Revue Nématol.
- Flores-Choque, Y., Bravo, R., Lima, I., Machaca C. (2017). Prospección de Nematodos Fitoparásitos en cultivo de Papa (*Solanum Tuberosum* L.) de la Región Puno. Rev. investig. Altoandin. vol.19 no.1 Puno.
- Flórez, C. y Arias, J. (2017). Guía para la caracterización de las variedades de café: Claves para su identificación. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café. Avances Técnicos Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia
- Gallardo, J., Valdés, T., Ruvalcaba, L., Molar, R., Torres, J. y Fasio, J. (2014). Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 61, n° 1,
- García, M. (2004). Estudio de la Distribución Horizontal de los Nematodos. Fitoparásitos en Áreas Cultivadas con Café de la Cabecera Municipal de San Vicente Pacaya, Escuintla. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala.

- García, J. (2012). Densidad y diversidad de nematodos en sistemas agroforestales de café en asocio con bananos y sombra de leguminosas en Jinotega, Nicaragua. Magister. Turrialba, CR, CATIE.
- Gandarilla, H. (2005). Algunos aspectos sobre las principales especies de fitonematodos asociadas a los cultivos de plantas ornamentales". Fitosanidad,
- George, A. (2006). Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis para el grado de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica, CA TIE, Turrialba, Costa Rica.
- Goodey P, Merny G., y Roux, C. (1965). Taxonomy of the spiral nematode (*Rotylenchus* and *Helycotylenchus*), and the developmental stages and host-parasite relationship of *R. buxophilus*, n, sp., attacking boxwood. Maryland Agric. Exp. Sta. Bull
- Gómez, M. y Montes, M. (2003). Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futuras.
- González, D. (2016). Diseño de un plan de manejo ambiental, para mejorar los procesos físicos del secado de cacao (*Theobroma cacao*) y pilado de café (*Coffea canephora*), del centro de acopio del Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Sucumbíos. Universidad Nacional de Loja. Nueva Loja, Ecuador.
- Guerrero, A. (2017). Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2017. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador
- Guevara, E. (2015). Nematodos Fitoparásitos Asociados al Cultivo de Café (*Coffea Arabica* L.) en el distrito de Cuispes. Bongará.Amazonas. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendola de Amazonas. Perú.
- Guerrero, R. (2017). Manual de nematodos fitoparásitos identificación de especies cuarentenarias. Agrocalidad. Ecuador: Quito.
- Guzmán, O. 2011. Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden y *H. dihystra* (Cobb) Sher, en banano y plátano. Agron. 19(2): 19-32.

- Guzmán, O., Castaño, J., y Villegas-Estrada, B. (2011). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. University of Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. agron. 20(1): 38 - 50, 2012ISSN 0568-3076.
- Guzmán, P., Hernández, F., Franco, N., y Cadena, H. (2008). Nematodos agalladores en la Vega de Mezquitlán, Hidalgo, México: identificación, distribución espacial y relación con factores edáficos. Nematropica
- Guzmán-Piedrahita, O. (2010). Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden Y *H. dihystra* (Cobb) Sher, en banano y plátano. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas.ISSN 0568-3076
- Gheysen, G.; Jones, J. (2006). Nematode biology and plant responses. Molecular aspects of plant nematode interactions. En: Perry, R.; Moens, M. (Eds). "Plant Nematology" Part II. CAB International, Wallingford
- Heredia, E., Mestanza C., Oliva S., Vera N. (2015). Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará - Amazonas. Revista INDES. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Hernández – Ochandia, E., Rodriguez, M., Cabrera, I. y Holgado, R. (2016). NOTA TÉCNICA: Métodos para la extracción de nematodos presentes en suelos del agrupamiento Ferralítico en Cuba. Rev. Protección Veg. vol.31 no.3. La Habana
- Hunt, D., y Handoo, Z. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knotnematodes. London, UK. CAB International
- Ibrahim, I. K.; A. A. Mokbel; Z. A. Handoo. (2010). Estado actual de los nematodos fitoparásitos y sus plantas hospedantes en Egipto. Nematropica 40:239-262.
- ICO. (2018). Organización Internacional del Café. Informe del mercado del café 2018. Ligera recuperación del mercado de café después de la baja de diciembre.

- INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2017). Sanidad Vegetal: Nematología – Nematodos en frutales. Ficha Técnica N°8.
- INIAP. (1993). Manual del cultivo de Café. Estación Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador.
- Integrated Taxonomic Information System. (2013). Clasificación taxonómica del género *Pratylenchus*.
- IPPC. International Plant Protection Convention. (2016). DP 17: *Aphelenchoides besseyi*, *A. fragariae* and *A. ritzenbosi*. Diagnostic Protocols International Standard for Phytosanitary Measures 27.
- Karsen L. y Moens, M. (2006). Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). En: Bartker, K.; Carter, C. y Sasser, J. (Ed). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. II, Methodology. North Carolina State University Graphics.
- Karssen, G., Wesemael, W. y Moens, M. (2012). Root-knot Nematodes. In: Perry, R.N. and Moens, M. (eds) Plant Nematology, 2nd edition. CAB International, Wallingford
- Kenneth, S. (2008). Mycofungicides and fungal biofertilizers. Fungal Diversity 50.
- Laguna, C. (2014). Correlación y regresión lineal. Diplomado en Salud Pública. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. Zaragoza, España.
- Lemus, G. y J. Valenzuela. (1993). Propagación y porta injertos. El duraznero en Chile. Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA. Santiago, Chile.
- López, F., Escamilla, F., Zamarripa, A. y Cruz, J. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. Rev. fitotec. mex vol.39 no.3 Chapingo.
- Magunacelaya, J. y Dagnino, E. (1999). Nematología Agrícola en Chile. U. de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N°2 Chrisver Gráfica Ltda.

- MAG. Ministerio de Agricultura de Ecuador. (2018). Rendimientos objetivos de café grano oro en el Ecuador 2018. Quito-Ecuador.
- Martínez, J., Valdés, T., Ruvalcaba, L., Molar, R., Valdez J., y Carrillo, J. (2015). Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol.6 Núm.1. p. 251-257.
- Mai, W y Lyon, H. (1996). *Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera*. Fifth edition. Comstock. Publishing Associates A Division of Cornell University Press.
- Manzanilla-López, R., Evans, K. & Bridge, J. (2004). Plant diseases caused by nematodes. Capítulo 13. pp. 637-716. In: Chen, Z.X., Chen, S.Y. & Dickson, D.W. (eds.). *Nematology: Advances and perspectives. Volume II: Nematode management and utilization*. CAB International
- Merrifield, K. (2003). *Plant-parasitic nematodes host ranges and damage levels on Pacific Northwest mint, potatoes, tree fruits and grapes*. Oregon State University, Nematode Testing Laboratory.
- Moens, T., Araya, M., Swennen, R. & De Waele, D. (2006). Reproduction and pathogenicity of *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae*, and their interaction with *Radopholus similis* on *Musa*. *Nematology*.
- Montes, B. (2000). *Nematología Vegetal en México*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. México, 98 p.
- Montes-Belmont, R., Nava, H. Flores, E. y Ocampo, M. (2003). Hongos y nematodos en raíces y bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 2003
- Muñoz, N. (2011). Efecto del tipo de suelo, la concentración de materia orgánica y la incorporación de un hidrogel en la infestación de *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949. Tesis doctoral. Universidad Austral de Chile

- Ocampo, O, y Álvarez, L. (2017). Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. Apuntes del CENES ISSN 0120-3053 E-ISSN 2256-5779 Volumen 36 - N° 64
- OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2003). Enfermedades y Artrópodos Asociados al Cultivo de Loroco en El Salvador. MAG, OIRSA. El Salvador.
- Olabiya, T., Olayiwola A. y Oyediran, G. (2009) «Influence of soil textures on distribution of phytonematodes in the south western Nigeria,» World Journal of Agricultural Sciences, vol. 5, nº 5.
- Paredes, E. (1999). Manejo agroecológico de malezas y otras plagas de importancia económica en la agricultura tropical. Curso sobre bases agroecológicas para el MIP. Matanzas, Cuba.
- PDOTPL. (2005). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja 2015 – 2025. Prefectura de Loja.
- Peña, R. y Páez, J. (2014). Fitopatología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Peraza, W. (2010). Nematofauna Asociada al Cultivo de Café (*Coffea Arabica*) Orgánico y Convencional en Aserri, Costa Rica. Universidad de la Amazonia. Ingenierías y Amazonía.
- Perry, R y Moens, M. (2009). Root-Knot Nematodes. First edition. CABI. London, United Kingdom.
- Picca, C. y Porcel, L. (2010). Nematodos: Muestreo de suelo para prevención y diagnóstico en cultivos hortícolas. Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída Centro Regional Mendoza-San Juan. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Pinochet, J; Ventura, O. (1980). Nematodes associated with agricultural crops in Honduras. Turrialba.
- Pinochet, J; Guzman, R. (1987). Nematodos asociados a cultivos agrícolas en El Salvador: su importancia y manejo. Turrialba, Costa Rica.



- Pozo, M. (2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Economía. Quito-Ecuador.
- PROECUADOR. (2013). Boletín mensual de comercio exterior N° 3. Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones.
- Quintero, L. & Rosales, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, 13(2), 291–307.
- Quispe F., Cruz D., Poma E. y Cadena F. (2017). Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica* L), Alto Lima-Caranavi. *Revista Scielo, RIIARn* vol.4 no.1 La Paz
- Ramírez, F.; Cabezas H.; Melgarejo G.; Arévalo G. (2000). Nematodos Asociados al Cafeto (*Coffea arabica* L.) en las principales zonas productoras de la Cuenca del Alto Huallaga.
- Rodríguez, R. (1984). Revisión Nematológica: Control Biológico de Nematodos Parasitos de Plantas. *Nematropica*. Vol. 21, N ° 1.
- Rojas, M. y Salazar, M. (2013). Nota técnica: Densidad Crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigo de café variedad Caturra. *Agronomía Costarricense* 37(2): 115-123. ISSN: 0377-9424
- Rojo, E. (2014). Café I (G. Coffea). Reduca (Biología). Serie Botánica. Departamento Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal) Facultad de Biología, Universidad Complutense. Madrid.
- Rosales, J. (1995). Importancia de los nematodos, su muestreo: en el café de Nicaragua No. 4. Boletín trimestral. Vicegerencia de Investigación y Extensión Cafetalera, UNICAFE. p 17-28.
- Sandoval, R. (2015). Determinación molecular de especies de *Pratylenchus* asociados a cultivos agrícolas de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Escuela de Agronomía.

- Sasser, J. (1989). Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. University Graphics, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Shahina, F. (1996). A diagnostic compendium of the genus *Aphelenchoides* Fischer, 1894 (Nematoda: Aphelenchida) with some new records of the group from Pakistan. Pakistan J. Hematology,
- Sernaque, R. (2018). *Aphelenchoides ritzemabosi*. Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ayuntamiento 231 e/ San Pedro y Lombillo, Plaza de la Revolución, Ciudad de La Habana.
- Sikora, G., y Fernandez, A. (2005). The potencial of green manure crops for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javánica*) on horticultural crops in a subtropical environment. Australian Journal of Experimental Agriculture
- Siddiqi, M. (1973). Tylenchida, Parasites of plants and insects. Commonwealth Institute of Parasitology, CAB, UK.
- Siddiqi, M. (2000). Tylenchida: Parasites of Plants and Insects, 2nd Edition. CABI Publishing, Dec 2000.
- Solano, T. (2014). Alternativas para el manejo ecológico de *Meloidogyne* spp. en agroecosistemas de tomate de la provincia de Loja, Ecuador. Tesis Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana. Coauspicio SENESCYT/Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Souza, R y Bressan-Smith, R. (2008). Coffee-associated *Meloidogyne* spp.-Ecology and interaction with plants. In Souza, R. ed. 2008. Plant-parasitic nematodes of coffee. Springer.
- Stemerding S. (1964). Un mezelador-wattenfilter método om vribeweeglijke endoparasitaire nematodes uit wortles te verzamelen. Verslagen Plantenziektenkundigen Dienst 141: 170–175
- Stirling, G.R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. CAB International.Cap.3. London. pp 22-45.

- Talavera, M. (2003). Manual de nematología agrícola. Introducción al análisis y al control para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca de las islas Baleares. Baleares, España.
- Talavera, M; Salmerón, T; Chiroso-Ríos, M; Fernández, M. y Verdejo, L. (2014). Nematodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Formato digital (e-book) - (Protección de Cultivos)
- Taylor, A. y Sasser, J. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
- Tigano M., De Siqueira P., Castagnone-Sereno K., Dos Santos C., Teixeira M. Almeida J. y Silva R. (2010). Diversidad genética del nematodo del nudo de la raíz *Meloidogyne enterolobii* y desarrollo de un marcador SCAR para esta especie que daña la guayaba. *Plant Pathology* Volumen 59 , Número 6.
- Timmer L., Garnsey M., Broadbent, P. (2003). Diseases of citrus. pp. 163-196. In *Diseases of Tropical Fruit Crops*. CAB International, Wallingford, UK.
- Towwshend, J. (1987). Methods for evaluating to lesion nematodes *Pratylenchus* especies. *Journal of Nematology*
- Venegas, S., Orellana, D. y Pérez P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*. Vol. 2 núm.2, mayo, ISSN: 2588-073X, 2018, pp. 72-9
- Vera, N., Maicedo, J., Guevara, E. y Oliva S. (2017). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus*) en Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria* 8 (1): 79 – 84.

- Vergel, F.; Cabezas H.; Melgarejo G.; Arévalo G. (1999). Nematodos Asociados Al Cafeto (*Coffea arabica* L.) En Las Principales Zonas Productoras De La Cuenca Del Alto Huallaga.
- Williams, T.D. & Bridge, J. 1985. Nematodos Fitoparásitos. En: Manual para patólogos vegetales. Recopilado por Commonwealth Mycological Institute, CAB. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Lamport Gilbert.
- Wing Ching-Jones, R., Figueroa. L. Salazar-Figueroa., L. Sánchez-Flores y Rojas B. (2008) Reconocimiento de nematodos en pastos tropicales en las comunidades de Sucre y San Vicente, Cantón de San Carlo
- Wishart, J.; Phillips, M.; Blok, V. (2002). Ribosomal Intergenic Spacer: A Polymerase Chain Reaction Diagnostic for *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax*, and *M. hapla*. *Nematology* 92(8): 884 – 892.
- Zeem J., Ferris, H. y J.W. Noling. (1981). Analysis and prediction as a basis for management decisions. Page 49-81. En: R.H. Brown y B.R. Kerry editores. *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Academic Press. New York.
- Zimmermann, F. (1898). Nematodos lesionadores de los bananos y café, *Pratylenchus coffeae*.
- Zuckerman, B. y Strich-Harari, D. (1963). The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) in banana roots. *Nematologica* 9: 347–353.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Consolidado de poblaciones de nematodos fitoparásitos encontrados en suelo y raíces.

Cantón	Piso altitudinal	<i>Aphelenchus</i> spp.		<i>Xiphynema</i> spp.		<i>Helicotylenchus</i> spp.		<i>Tylenchus</i> spp.		<i>Pratylenchus</i> spp.		<i>Tylenchulus</i> spp.		<i>Psilenchus</i> spp.		<i>Meloidogyne</i> spp.		<i>Aphelenchoides</i> spp.		<i>Criconemoides</i> spp.	
		suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz	suelo	raíz
Loja	Bajo	13		17		13	467	4		9		9									
	Alto	9		43		9		22		9		52		4							
Quilanga	Alto					30				35		30									
	Medio			22		35	233				700										
	Bajo	4				56		13	233		233			13		9		4			
Olmedo	Alto			22						30								17			
	Medio					30			460	22	940							13			
	Bajo	4		4		65	700			13	460			4						4	
Chaguarpamba	Alto			9		17				13	700										
	Medio	9		9		17		4				4									
	Bajo			17	233	9				9	467										
Puyango	Alto					13	233	9		22	233							4			
	Medio			13		13	233			22	233	13									
	Bajo					53				22	467										
Total		39		156	233	360	1867	52	693	203	4433	108		22		9		39		4	
Total por género en suelo y raíces		39		389		2227		745		4636		108		22		9		39		4	

Los valores son están referenciados por 100 cc de suelo y 10 g de raíces.

Las casillas en blanco indican la ausencia de individuos.

## Anexo 2. Resultados de análisis de suelos



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA

<b>Provincia:</b>	Loja	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	26-04-2019
<b>Cantones:</b>	Loja, Chaguarpamba, Puyango, Quilanga y Olmedo	<b>FECHA DE EGRESO:</b>	07-05-2019
<b>Sector:</b>	Varios	<b>RESPONSABLE:</b>	Erika Gómez
<b>Convenio:</b>	Tesis: "Identificación de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en la provincia de Loja".		

### 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	Análisis Mecánico % TFSA			Textura	pH	M.O
		Ao	Lo	Ac		1:2,5	%
2217	VPA1	56,72	30	13,28	Fo Ao	6,5	6,7
2218	VPA2	48,72	36	15,28	Fo	6,41	7,0
2219	Loja	40,72	42	17,28	Fo	6,34	3,5
2220	Loana	36,72	38	25,28	Fo	5,67	7,1
2221	Libertad 1	48,72	32	19,28	Fo	5,25	12,9
2222	Libertad 2	38,72	44	17,28	Fo	5,31	1,5
2223	Olmedo 2	40,72	30	29,28	Fo Ac	6,46	9,6
2224	La delicia	30,36	28	41,64	Ac	5,66	9,3
2225	Olmedo	26,72	46	27,28	Fo Ac	4,87	4,9
2226	Surapo	34,72	32	33,28	Fo Ac	5,41	6,4
2227	Cuatro caminos	38,72	30	31,28	Fo Ac	5,18	5,0
2228	Santa Rufina	30,72	38	31,28	Fo Ac	5,74	8,1
2229	Mercadillo	40,36	38	21,64	Fo	5,64	7,5
2230	Montehuayco	22,72	36	41,28	Ac	5,63	3,9
2231	Vicentino	38,72	34	27,28	Fo Ac	5,57	6,3

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa" Casilla letra "S"

Laboratorio.suelos@unl.edu.ec

Teléfono: 2547 – 252 Ext. 112



## 2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	Textura	pH	M.O
			1:2.5 Suelo-Agua	%
2217	VPA1	Franco Arcilloso	Ligeramente ácido	Alto
2218	VPA2	Franco	Ligeramente ácido	Alto
2219	Loja	Franco	Ligeramente ácido	Medio
2220	Loana	Franco	Medianamente ácido	Alto
2221	Libertad 1	Franco	Ácido	Alto
2222	Libertad 2	Franco	Ácido	Bajo
2223	Olmedo 2	Franco Arenoso	Ligeramente ácido	Alto
2224	La delicia	Arcilloso	Medianamente ácido	Alto
2225	Olmedo	Franco Arcilloso	Muy ácido	Medio
2226	Surapo	Franco Arcilloso	Ácido	Alto
2227	Cuatro caminos	Franco Arcilloso	Ácido	Medio
2228	Santa Rufina	Franco Arcilloso	Medianamente ácido	Alto
2229	Mercadillo	Franco	Medianamente ácido	Alto
2230	Montehuayco	Arcilloso	Medianamente ácido	Medio
2231	Vicentino	Franco Arcilloso	Medianamente ácido	Alto

Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc.

**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**



Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa" Casilla letra "S"

Laboratorio.suelos@unl.edu.ec

Teléfono: 2547 – 252 Ext. 112

**Anexo 3. Mapas de distribución poblacional de nematodos fitoparásitos de los cantones en estudio**

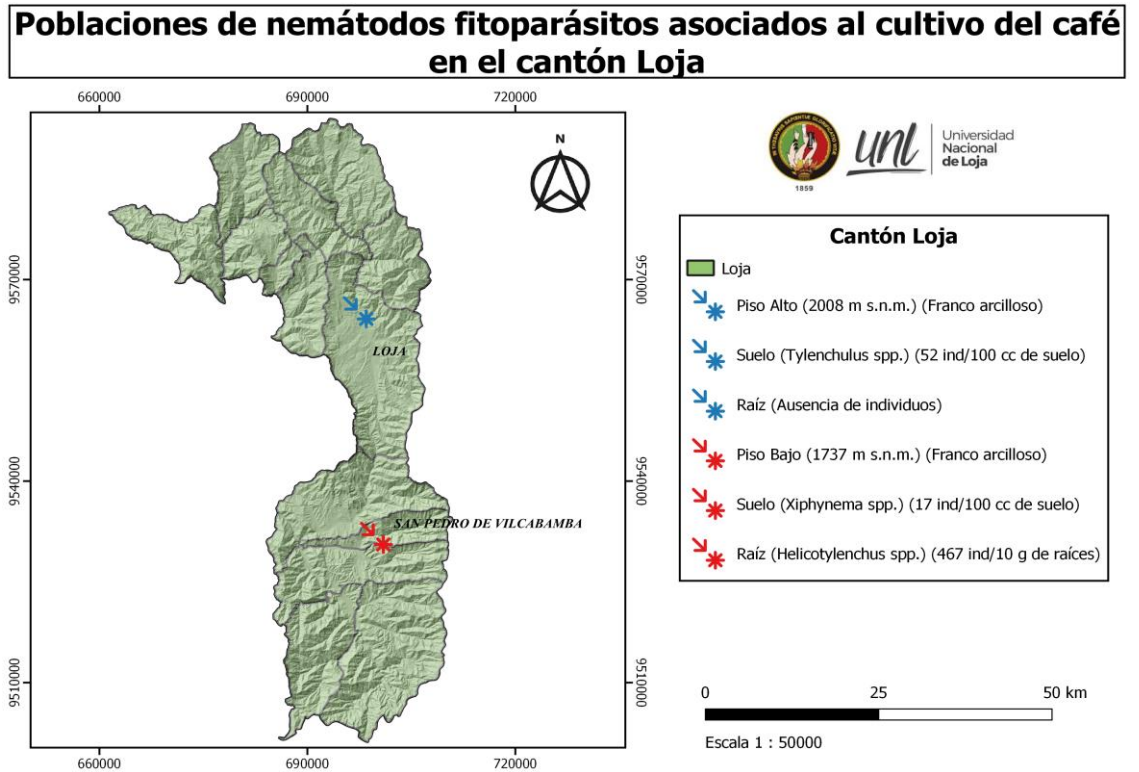


Figura 2. Mapa de distribución poblacional de nematodos fitoparásitos en el cantón Loja  
Fuente: Autora.

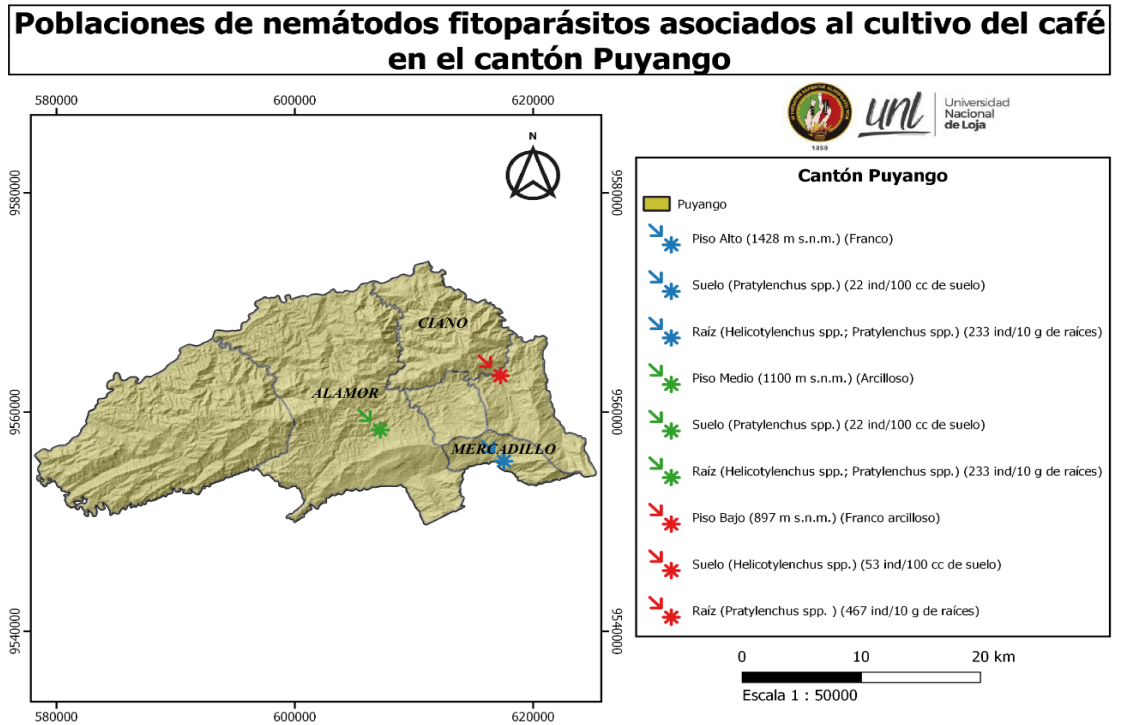


Figura 3. Mapa de distribución poblacional de nematodos fitoparásitos en el cantón Puyango  
Fuente: Autora.



## Poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del café en el cantón Quilanga

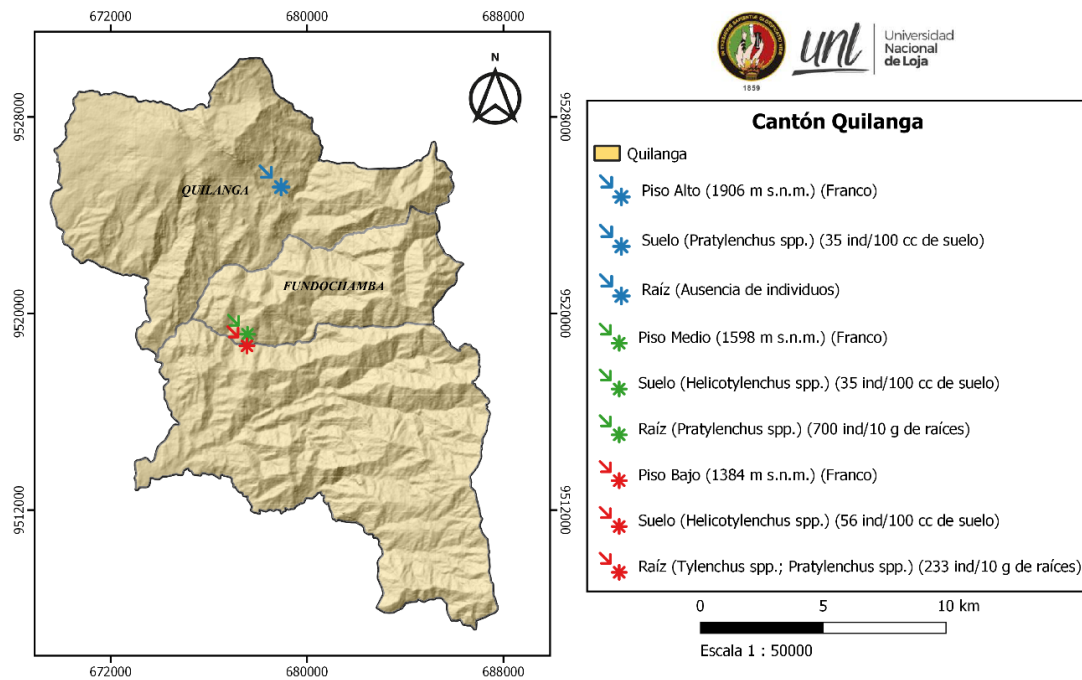


Figura 4. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Quilanga  
Fuente: Autora.

## Poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del café en el cantón Chaguarpamba

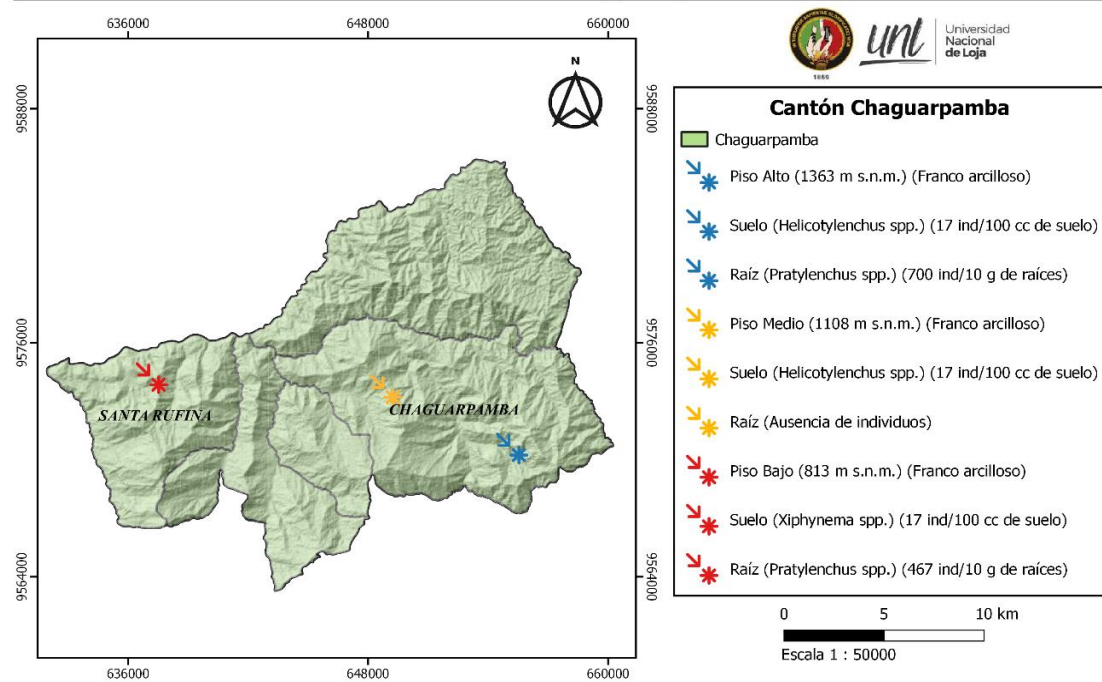


Figura 5. Mapa de distribución poblacional de nemátodos fitoparásitos en el cantón Chaguarpamba  
Fuente: Autora.

## Poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del café en el cantón Olmedo

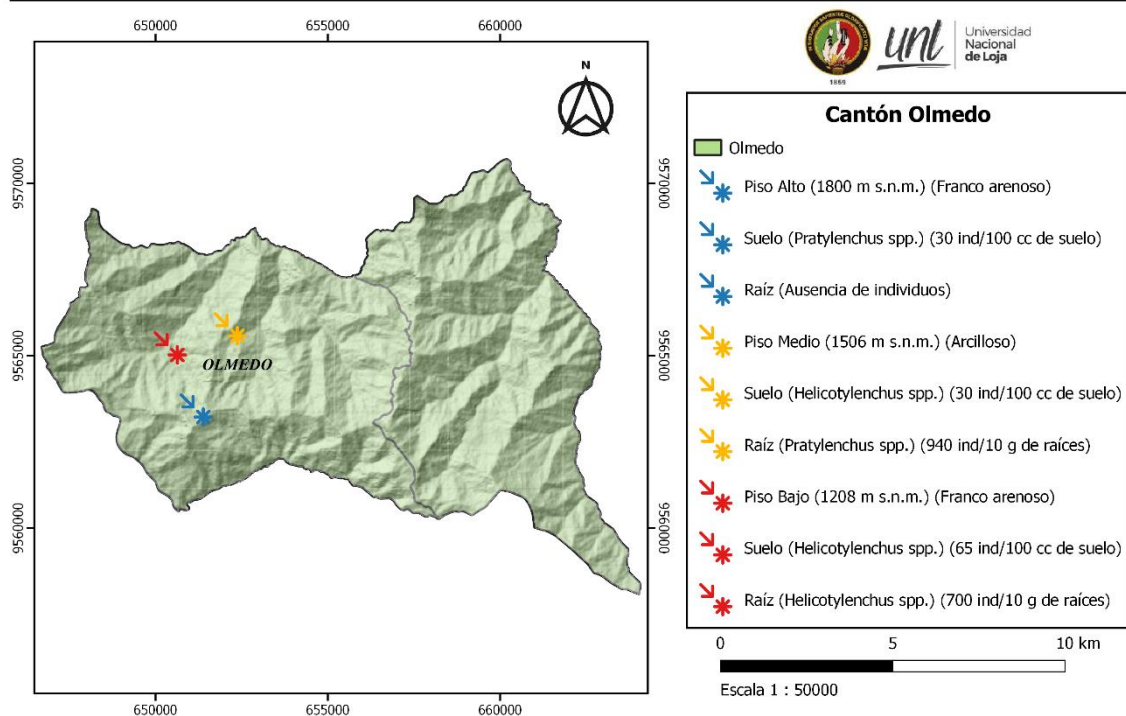


Figura 6. Mapa de distribución poblacional de nematodos fitoparásitos en el cantón Olmedo

Fuente: Autora.

## Anexo 4. Muestreo de nematodos fitoparásitos en zonas cafetaleras de la provincia de Loja.



Figura 7. Muestreo en plantas de café.  
San Pedro de Vilcabamba, sector Sacapo  
**Fecha:** 16-11-2018



Figura 8. Muestreo en plantas de café.  
Loja, Sauces Norte  
**Fecha:** 29-11-2018





Figura 9. Muestreo en plantas de café.  
Olmedo, sector El Balcón  
**Fecha:** 22-01-2019



Figura 10. Muestreo en plantas de café.  
Chaguarpamba, parroquia Santa Rufina  
**Fecha:** 28-02-2019

#### **Anexo 5. Plantas muestreadas con aparente sintomatología de nematodos fitoparásitos.**



Figura 11. Defoliación y secamiento en  
planta de café. San Pedro de Vilcabamba,  
sector Sacapo  
**Fecha:** 16-11-2018



Figura 12. Clorosis y defoliación en  
planta de café. Loja, Sauces Norte  
**Fecha:** 29-11-2018





Figura 13. Defoliación y secamiento en planta de café. Quilanga, parroquia La Libertad  
**Fecha:** 06-12-2018



Figura 14. Defoliación en planta de café. Lugar: Olmedo, parroquia La Delicia  
**Fecha:** 18-01-2019

#### Anexo 6. Evaluación de incidencia y severidad en raíces de cafeto



Figura 15. Secamiento de raíces. Loja, Saucos Norte  
**Fecha:** 04-01-2019



Figura 16. Lesiones necróticas. Olmedo, El Balcón  
**Fecha:** 26-11-2018



Figura 17. Lesiones necróticas y secamientos. Olmedo, La Delicia  
**Fecha:** 23-01-2019



Figura 18. Lesiones necróticas y secamientos. Puyango, sector Montehayco  
**Fecha:** 14-03-2019

## Anexo 7. Procesamiento de muestras en laboratorio



Figura 19. Picado y pesado (10g) de raíces  
**Fecha:** 26-11-2018



Figura 20. Tamices empleados luego del licuado de raíces.  
**Fecha:** 26-11-2018





Figura 21. Metodo de embudo de Baerman para procesamiento de suelo.

**Fecha:** 09-01-2019

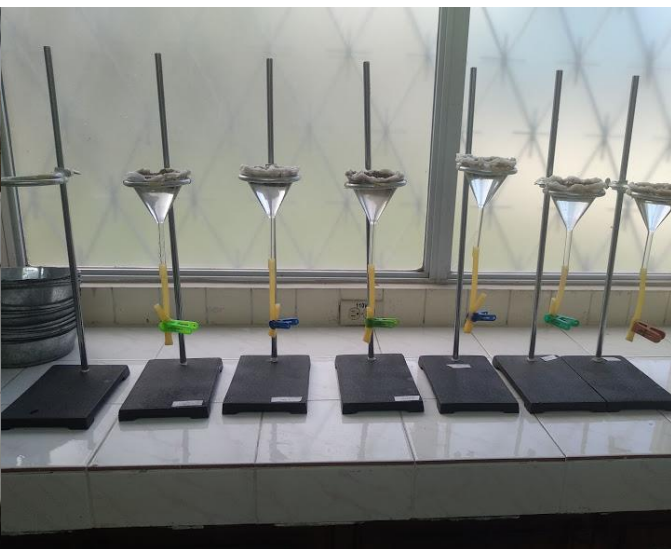


Figura 22. Tiempo de reposo de muestras de suelo.

**Fecha:** 09-01-2019

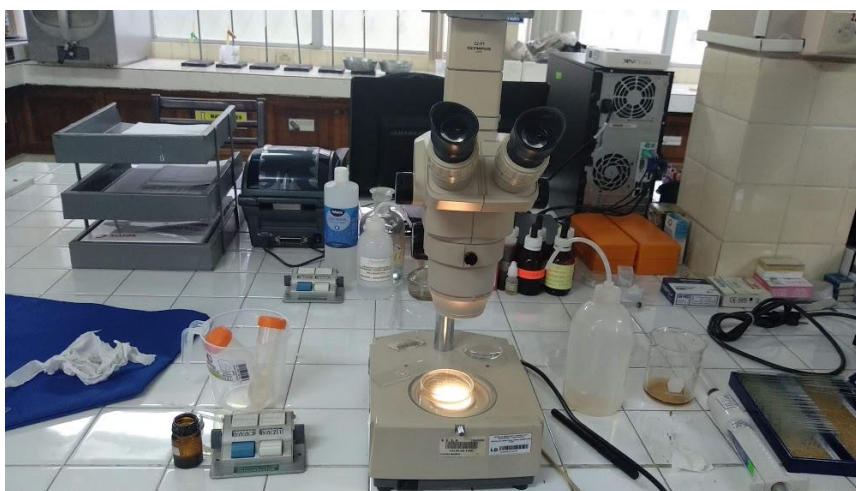


Figura 23. Materiales y equipo utilizado para la cuantificación e identificación de nematodos

**Fecha:** 09-02-2019