



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**CARACTERIZACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS  
FITOPARÁSITOS DEL SUELO Y RAÍZ EN CAFÉ  
CATURRA ROJO (*Coffea arabica*) 24 DE MAYO-MANABÍ  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR**

**CANTOS ALVARADO EVELIN MELISA**

**TUTOR**

**ING. VALDEZ RIVERA DANILO, MSc.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **ING. DANILO VALDEZ RIVERA, M.Sc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“CARACTERIZACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL SUELO Y RAÍZ EN CAFÉ CATURRA ROJO (*Coffea arabica*) 24 DE MAYO-MANABÍ”**, realizado por la estudiante **CANTOS ALVARADO EVELIN MELISA** con cédula de identidad N° **131530728-8** de la carrera de **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

**ING. DANILO VALDEZ RIVERA, M.Sc.**  
TUTOR

Guayaquil, 22 de octubre del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“CARACTERIZACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL SUELO Y RAÍZ EN CAFÉ CATURRA ROJO (*Coffea arabica*) 24 DE MAYO-MANABÍ**”, realizado por la estudiante **CANTOS ALVARADO EVELIN MELISA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

**Ing. Tany Burgos Herreria, M.Sc.  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Winston Espinoza Moràn, M.Sc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Ing. Pedro Andrade Alvarado, M.Sc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Ing. Danilo Valdez Rivera, M.Sc.  
EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 22 de octubre del 2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado a mis padres, por su gran esfuerzo y sacrificios, sobre todo por acompañarme en este paso tan importante en mi vida; a mis hermanos de una u otra manera me han apoyado física y emocionalmente, en especial y a quienes día a día a base de consejos y amor me han dado fuerzas para continuar cumpliendo mis metas.

También va dedicado es especial a mi hija quien fue mi motor para continuar y poder cumplir mi meta de tener mi título.

Por eso y mucho mas el presente trabajo va dedicado para quienes estuvieron conmigo, mi familia, sobre todo a Dios por permitirme llegar hasta aquí.

## **Agradecimiento**

A la Universidad Agraria del Ecuador, por permitirme cumplir mis estudios en esta prestigiosa institución con sus excelentes docentes y compartir sus conocimientos, experiencias y servirme de guía.

A los docentes por brindarme sus conocimientos, sus experiencias, sus consejos de profesionalismo. Fueron una guía para mi camino hacia el título.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, **CANTOS ALVARADO EVELIN MELISA**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **CARACTERIZACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL SUELO Y RAÍZ EN CAFÉ CATURRA ROJO (*Coffea arabica*) 24 DE MAYO-MANABÍ**; para optar el título de **INGENIERA AGRÓNOMA**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 22 de octubre del 2020

---

**CANTOS ALVARADO EVELIN MELISA**  
**C.I. 131530728-8**

## Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento .....	5
Autorización de Autoría Intelectual .....	6
Índice general .....	7
Índice de tabla .....	9
Índice de figura.....	10
Resumen .....	12
Abstract.....	13
1. Introducción .....	14
1.1 Antecedentes del problema .....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.2.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Justificación de la investigación .....	16
1.4 Delimitación de la investigación.....	16
1.5 Objetivo general.....	16
1.6 Objetivos específicos .....	17
1.7 Hipótesis.....	17
2. Marco Teórico.....	18
2.1 Estado de arte .....	18
2.2 Bases teóricas.....	21

<b>2.3 Marco legal .....</b>	<b>34</b>
<b>3. Materiales y métodos.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Enfoque de la investigación.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.1 Tipo de investigación .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.2 Diseño de investigación.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Metodología.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1 Variables.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2 Manejo del ensayo.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3 Recolección de datos.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.4 Análisis estadístico .....</b>	<b>41</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Identificación de los diferentes géneros de nemátodos fitoparásitos en     suelo y raíz .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Evaluación de la dinámica población en los diferentes géneros de     nematodos fitoparásitos en suelo y raíz en el cultivo de café.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Descripción de los principales daños causados por nematodos     fitoparásitos encontrados en el cultivo de café.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 Proposición de un plan de manejo de nematodos fitopatógeno que afectan     al cultivo de café.....</b>	<b>51</b>
<b>5. Discusión .....</b>	<b>54</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>56</b>
<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>57</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>58</b>
<b>9. Anexos .....</b>	<b>66</b>

**Índice de tabla**

Tabla 1. Datos edafoclimáticos del cantón 24 de mayo .....	37
Tabla 2. Tratamiento de las muestras .....	39
Tabla 3. Escala de susceptibilidad de raíces .....	42
Tabla 4. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm <sup>3</sup> en el suelo por año .....	43
Tabla 5. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año.....	45
Tabla 6. Porcentaje de daño causado por nematodos en raíces .....	47
Tabla 7. Resultado del análisis de suelo.....	50
Tabla 8. Descripción de daños en planta .....	51
Tabla 9. Prevención, manejo y control para nematodos fitopatógenos .....	52
Tabla 10. Densidad poblacional de nematodos fitoparásitos .....	66
Tabla 11. Población de los géneros de nematodos fitoparásitos .....	66
Tabla 12. Promedio de las principales características morfológicas .....	66
Tabla 13. Población de nematodos por género identificado.....	67
Tabla 14. Valores de los límites de tolerancia y umbrales económicos .....	67
Tabla 15. Frecuencia (%) poblacional de nematodos fitoparásitos .....	67
Tabla 16. Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos.....	68
Tabla 17. Porcentaje promedios de nematodos encontrados en raíz .....	68

## Índice de figura

Figura 1. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm <sup>3</sup> en el suelo por año .....	44
Figura 2. Porcentaje de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm <sup>3</sup> en el suelo por año .....	44
Figura 3. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año.....	46
Figura 4. Porcentaje de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año.....	46
Figura 5. Tendencia temporal de los daños causado por nematodos en café .....	48
Figura 10. Umbral de daño.....	49
Figura 6. Planta de café a los 5 años .....	74
Figura 7. Planta de café a los 6 años .....	74
Figura 8. Planta de café a los 7 años .....	74
Figura 9. Planta mayor a 8 años .....	74
Figura 11. Área de estudio en la provincia de Manabí .....	68
Figura 12. Diagrama para estimar los daños causados por nematodos del nudo	69
Figura 13. Métodos para evaluar la diversidad alfa.....	69
Figura 14. Croquis para la toma de muestra en suelo y árboles de café .....	70
Figura 15. Morfología y distribución de raíces de la planta de <i>C. arabica</i> L. ....	71
Figura 16. Análisis de suelo .....	71
Figura 17. Análisis nematológico de las raíces .....	72
Figura 18. Análisis nematológico del suelo .....	72
Figura 19. Foto microscópica para identificación del género <i>Helicotylenchus</i> .....	73
Figura 20. Observación de las raíces de la planta de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) ....	75

Figura 21. Tomas de muestras para su respectivo análisis <i>in situ</i> .....	75
Figura 22. Mediciones realizadas para la extracción de la muestra .....	76
Figura 23. Observación de las raíces <i>in situ</i> .....	76
Figura 24. Constatación del peso de la muestra para envío .....	77

## Resumen

La identificación de nemátodos en el suelo y raíces en plantas de café es importante para evitar daños directos e indirectos en la producción, es así que el presente trabajo se realizó para caracterizar los diferentes géneros de nematodos asociados al cultivo de café caturra rojo (*Coffea arabica* L.) en el cantón 24 de mayo de la provincia de Manabí. El cual no se aplicó diseño experimental y se recolectaron datos por lotes separados en 5, 6, 7 y 8 años en producción. Las variables evaluadas fueron el contenido de géneros de nematodos de las muestras de suelo por cada 100 cc y en raíces por cada 10 g; estas muestras fueron procesada en el laboratorio de nematología del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Como resultado se logró identificar que suelos cultivados con café de 5 años se encuentra presente el género *Meloidogyne* (13%), *Helicotylenchus* (25%) y nematodos de vida libre (63%) y suelos mayores a 8 años *Helicotylenchus* (25%) y nvl (75%). Del mismo modo en raíces de plantaciones con 7 años productivos se encontraron los géneros *Helicotylenchus* (20%), *Meloidogyne* (20%) y *Pratylenchus* (60%), el cual mostró plantas con síntomas de daños en su follaje; sin embargo, en plantaciones mayor a 8 años no se encontró ningún género de fitoparásitos en sus raíces. Se recomienda mantener las densidades poblacionales debajo del nivel de daño como medida preventiva logrado así con el uso de abonamiento de materia orgánica permitiendo el control de crecimiento de poblaciones de nematodos.

**Palabras clave:** café, género, nemátodos, nvl, población.

## Abstract

The identification of nematodes in the soil and roots in coffee plants is important to avoid direct and indirect damage in production, so this work was carried out to characterize the different genera of nematodes associated with the cultivation of red caturra coffee (*Coffea arabica* L.) in 24 de Mayo canton of the province of Manabí which was not applied experimental design and data were collected in separate batches in 5, 6, 7 and 8 years in production. The evaluated variables were the content of nematode genus in the soil samples per 100 cc and in roots per 10 g; these samples were processed in the nematology laboratory of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). As a result, it was possible to identify that in soils cultivated with 5-year-old coffee the genus *Meloidogyne* (13%), *Helicotylenchus* (25%) is found and free-living nematodes (63%) and soils older than 8 years *Helicotylenchus* (25%) and fln (75%). In the same way, in roots of plantations with 7 productive years, the genus *Helicotylenchus* (20%), *Meloidogyne* (20%) and *Pratylenchus* (60%) were found, which showed plants with symptoms of damage to their foliage; However, in plantations older than 8 years, no genus of phytoparasites was found in their roots. It is recommended to keep population densities below the level of damage as a preventive measure thus achieved with the use of organic matter fertilization, allowing the growth control of nematode populations.

**Keywords:** coffee, genus, nematodes, fln, population.

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes del problema

Para Cumbicus y Jiménez (2012) argumentan que Brasil es el mayor productor y exportador de café y segundo consumidor del producto en el mundo. La caficultura se encuentra en la quinta posición de productos exportados. En la actualidad el café es la segunda fuente más importante de ingresos para ciertos cantones en la zona de Manabí (Ecuador), además de ser generador de puestos de trabajo en el sector agropecuario nacional.

Torres (2015) manifiesta que las enfermedades de las plantas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de agente causal, el tejido infectado, las características epidemiológicas, reacción y resistencia, entre otros. En el caso de daños ocasionados por nemátodos se ha categorizado de acuerdo con el hábitat parasítico y sintomatología en el sistema radicular y tejido afectado.

Rojas y Salazar (2013) ha podido constatar que cuando se siembran plantas afectadas en el sitio definitivo se acentúan los daños visibles obligando a resembrar e incrementando el inóculo y la contaminación a nuevas áreas, estimando pérdidas de plántulas de café entre un 10 y 25% de semillero al campo.

Acevedo (2015) observó que existe un tamaño óptimo de partículas en el suelo para el movimiento de cada especie de nemátodo, además las raíces de las plantas también afectan. Los nemátodos no pueden ejercer suficiente presión para forzar y pasar entre las partículas y agregados del suelo, por lo que, el movimiento de los nemátodos en el suelo está relacionado con el diámetro de los poros, el diámetro del nemátodo y cantidad de espacio poroso.

La identificación de nemátodos fitoparásitos en el suelo y sistema radicular en plantas de café, es importante para evitar daños directos e indirectos en la

producción; por lo que se hace necesario obtener este tipo de información para así tomar la debida decisión sobre qué controla de aplicarse (Guevara, 2015).

Pérez, Cruz, y Poma (2017) mencionan que los nematodos son patógenos importantes en el cultivo de café, pueden afectar durante todo el ciclo del cultivo y tienen la capacidad adaptativa en diversas regiones. Entre las especies más importantes se encuentran las del género *Meloidogyne*.

Dentro de los nemátodos más comunes se encuentran los ectoparásitos, los cuales son especies que no penetran los tejidos de la raíz, sino que suelen alimentarse únicamente de las células localizadas en la superficie de las mismas. Entre fitoparásitos más comunes se encuentran los endoparásitos los cuales son especies de que se alimentan de la planta donde se alojan como huésped (Ocaña, 2018).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

La provincia de Manabí presenta áreas productoras de café de la zona del litoral ecuatoriano, en la actualidad se ha visto afectada por la presencia de plagas y enfermedades entre las cuales se ha vuelto común observar la presencia de nemátodos.

El cultivo de café, la presencia de nematodos debilita el anclaje de las plantas afectando sus raíces. La presencia de quistes como pequeñas bolitas es un indicador de la presencia de nemátodo, y si no se efectúa un manejo apropiado de este nemátodo, la calidad de la planta y fruto al momento de su cosecha sin control alguno, desmejora notablemente y disminuye su valor nutricional y comercial.

El presente estudio investigativo se realiza por la falta de información de los géneros y la densidad poblacional de los nemátodos fitoparásitos presentes en el

suelo en plantaciones del cultivo de café, lo cual confunden o se atribuyen a un mal diagnóstico.

### 1.2.2 Formulación del problema

¿Cuáles serán los géneros y la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café en el cantón 24 de mayo, provincia de Manabí?

### 1.3 Justificación de la investigación

Los nemátodos se han controlado con agroquímicos, sin tener en cuenta el nivel poblacional. El problema de este tipo de control es que en las aplicaciones también se eliminan organismos benéficos, aumentando el daño de estos fitoparásitos, lo cual genera pérdidas económicas a los agricultores dedicados a esta actividad.

En la actualidad se desconocen estudios que indiquen el nivel de población de los géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café en la zona del cantón 24 de mayo en la provincia de Manabí, por ello esta investigación abrirá campo para conocer en detalle la presencia y población de nematodos asociados a este tipo de agroecología.

### 1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El presente trabajo se realizó en la finca Cantos, ubicada en la parroquia rural Noboa, cantón 24 de mayo de la provincia de Manabí, con coordenadas UTM WGS84 X= 568855.37 m Y= 9845351.12 m.
- **Tiempo:** Se programó desde el mes de septiembre hasta febrero del 2020.
- **Población:** Los resultados a obtenidos de la presente información básica fue útil para productores y técnicos en la zona de estudio.

### 1.5 Objetivo general

Caracterizar los diferentes géneros de nematodos asociados al cultivo de café caturra rojo (*Coffea arabica* L.) en cantón 24 de mayo, provincia de Manabí.

## 1.6 Objetivos específicos

- Identificar los diferentes géneros de nemátodos fitoparásitos en suelo y raíz asociados al cultivo de café caturra rojo mediante análisis de laboratorio.
- Evaluar la dinámica población de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos en suelo y raíz en el cultivo de café.
- Describir los principales daños causados por nematodos fitoparásitos en raíces presentes en el cultivo de café.
- Proponer un plan de manejo de nematodos fitopatógeno que afectan al cultivo de café.

## 1.7 Hipótesis

Con uno de los géneros de nematodos fitoparásitos presente en suelo o raíz en la planta de café (*Coffea arabica* L.) ocasiona daños visibles al cultivo.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Estado de arte

Según García (2012), el fitonemátodo de mayor densidad poblacional tanto en raíces de café como en banano y en las muestras de suelo fue el género *Meloidogyne* J2. La densidad poblacional del género *Pratylenchus* en banano fue menor en presencia de leguminosas. A mayor cantidad de hojarasca en el suelo la densidad poblacional de *Meloidogyne* J2 en café y *Pratylenchus* en banano aumentaron. El género *Meloidogyne* J2 en café disminuye cuando se tiene mayor cantidad de bacterívoros, es decir en los sistemas de mayor diversidad de cultivos, mientras que *Meloidogyne* J2 en banano aumenta.

Para Vera (2014) la correcta y confiable identificación de nematodos fitoparásitos, es muy importante para plantear estrategias de manejo integrado, mejoramiento y cuarentena. Se requiere técnicas complementarias y confirmatorias, donde presente implicaciones importantes como son la genética de la población, ecología, la taxonomía y filogenia y epidemiología, para la prevención e implementación de medidas de manejo y control, como el uso de cultivares resistentes, el establecimiento de medidas cuarentenarias y la rotación de cultivos.

Chaves *et al.* (2014) en su estudio sobre la densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos del cultivo de café y su relación con variables agroecológicas, encontraron que la densidad poblacional de *Helicotylenchus* se ubicó entre 80 a 1840 individuos por cada 100 gramos de raíz. Así mismo, *Helicotylenchus* sp. se ha reportado en plantaciones de café en Centroamérica, pero, en bajas densidades y sin causar daños económicos. Los promedios de densidades poblaciones encontradas en este estudio variaron entre 2900 a 68000 nematodos / 100 g de raíz de café.

En ensayos realizados por Guevara (2015), se identificaron los principales géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, en muestras de suelo y muestras de raíces. Para la identificación de géneros de nematodos, las muestras de suelo y raíces se procesaron mediante el método de Baerman modificado en bandeja, utilizándose 100 cc de suelo y 5 g de raíces. La textura fue determinada con el método de Bouyoucos. El género *Meloidogyne* fue el que obtuvo la mayor densidad poblacional promedio, con 26.8 nematodos en 100 cc de suelo y 20.8 nematodos en 5 gramos de raíces. Con respecto a su población, según la textura de suelo, fue el que tuvo la mayor población en suelos franco arenosos con el 68.86%. El género *Pratylenchus* fue el que obtuvo la mayor densidad poblacional promedio, con 4.2 nematodos en 100 cc de suelo y 3.4 nematodos en 5 gramos de raíces. Con respecto a su población, según la textura de suelo franco arenosos con el 6.96%. El género *Helicotylenchus* fue el que obtuvo la mayor densidad poblacional promedio, con 9.2 nematodos en 100 cc de suelo y 2 nematodos en 5 gramos de raíces. Con respecto a su población, según la textura de suelo, fue el que tuvo la mayor población en suelos franco arenosos con el 24.18%. (ver anexos: Tabla 8 y 9)

Garambel (2017) al analizar muestras de suelo, en el cultivo de café en Perú, identificó la presencia de 8 géneros de nemátodos fitoparásitos: *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Mesocriconema*, *Dorylaimus*, *Tylenchus*, *Hemicyclophora* y nemátodos de vida libre, *Mononchus*. Se estimó la densidad poblacional de los diferentes géneros encontrados para los distritos de San Juan de Oro: *Meloidogyne* (226.4), *Helicotylenchus* (108.2), *Pratylenchus* (206.7), *Xiphinema* (3.5), *Mesocriconema* (49.6), *Dorylaimus* (5.1), *Tylenchus* (0), *Hemicyclophora* (0.7), y nemátodos de vida Libre (192.6), *Mononchus* (1.3); San

Pedro de Putina Punco: *Meloidogyne* (324.8), *Helicotylenchus* (206.7), *Pratylenchus* (12.3), *Xiphinema* (28.5), *Mesocriconema* (144.4), *Dorylaimus* (10.0), *Tylenchus* (2.3), *Hemicycliophora* (6.5) y nemátodos de vida Libre (346.5), *Mononchus* (14.1), y San Gabán: *Meloidogyne* (351.9), *Helicotylenchus* (86.4), *Mesocriconema* (277.8), *Dorylaimus* (71.0) y nemátodos de vida Libre (305.6) en 100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Según Pérez, Cruz, y Poma (2017), en análisis de laboratorio tomando 100 g de suelo y en 25 g de raíces de plantas de café, los valores más significativos se encontraron cuando existió ataque al interior de las raíces, llegando a encontrar a: *Meloidogyne* sp., entre un 81.5% y 72.0%; la densidad poblacional del género *Pratylenchus* sp., fluctuó entre 9.2% y 14.6% en las zonas baja y alta respectivamente. El género *Helicotylenchus* sp., se encontró en las raíces en 7.9% y 11.0% en las zonas baja y alta respectivamente. El género *Criconemella* sp., no reporto nivel de daño significativo al interior de las raíces. Finalmente se observó una importante presencia de nematodos de vida libre cuya densidad poblacional está cerca de un 50% de la nemato-fauna del suelo. (ver Anexos: Tabla 6)

De la misma manera Mayta (2017) identificó seis géneros de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de café como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, en 15 sectores del distrito de San Juan del Oro. Además de nemátodos de vida libre, siendo el de mayor incidencia el género *Meloidogyne* sp; la densidad poblacional del género *Meloidogyne* sp. se ve influenciada por la textura de suelo franco arenoso, siendo estos suelos propicios para los fitonemátodos; más la altitud no influye en la densidad poblacional del género *Meloidogyne* sp.

Al respecto, Lima, Bravo, y Aguilar (2017) mencionan “al no realizar estudio de suelo necesario, ni análisis pertinentes, pueden originarse pérdidas económicas que oscilan entre el 12 al 21% de las cosechas” (p.12).

En el suelo se identificaron 10 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, evidenciando mayor frecuencia de población del género *Helicotylenchus* sp (71%), la población más alta la presenta el piso bajo del cantón Olmedo 65 individuos en 100 centímetros cúbicos, evidenciado incidencia 60% y severidad 66% atribuido a nematodos que afectan al sistema radicular, destruyen los pelos radiculares y raíces secundarias. En raíces el generó de mayor frecuencia fue *Pratylenchus* como 940 individuos en 10 gramos de raíces evidenciando que el piso bajo en el cantón Olmedo se atribuye a las condiciones edafoclimáticas de la zona. (ver anexos: Tabla 13 y 14)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 El cultivo café**

El café es un cultivo perenne que necesita alrededor de dos años para producir frutos y de cuatro a seis años para llegar a su potencial productivo máximo. Sus dos principales especies son Arábigo (*Coffea arabica* L.) y Robusta (*C. canephora* Pierre). Arábigo tiene un sabor suave y es típicamente producido en zonas montañosas, mientras que Robusta tiene una mayor productividad en comparación con Arábigo, siendo usado para el café instantáneo y en fuertes tostados. Esta especie presenta mejores resultados a nivel del mar (Garambel, 2017, p. 5).

#### **2.2.1.1. Taxonomía del café**

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida

Orden Rubiales

Familia Rubiaceae

Género *Coffea*

Especie *arabica* L.

Nombre científico *C. arabica* L.

A medida que se incrementa la población de plantas por área, disminuye la producción media por planta, debido a la competencia por los recursos necesarios para su crecimiento. Entre los factores más importantes que deciden la densidad de siembra óptima para un cultivo, están las características morfológicas de las plantas, las cuales deben de tener condiciones ambientales para que puedan desarrollarse sin limitantes y expresar la capacidad genética. En el cultivo de café se tienen identificadas las características morfológicas de las principales variedades comerciales, las que han sido objeto de estudio en los países productores (López, 2013, p. 12).

#### **2.2.1.2. Morfología**

- **Raíz:** el cafeto tiene una raíz pivotante de forma cónica que rara vez llega a 45 cm de profundidad, de esta salen otras axiales que crecen verticalmente hacia abajo hasta 3m de profundidad también nacen las raíces secundarias o laterales que se extienden horizontalmente y producen las raicillas o pelos absorbentes el sistema radicular se extiende alrededor del árbol unos 2.50 m., las raíces necesitan mucho oxígeno (Acebedo y Choez, 2013, p.14).
- **Tallo:** Cilíndrico y de tono oscuro en la base, en el extremo es verde y cuadrangular en los nudos produce yemas foliares, en cuyas axilas brotan ramas laterales, con ramificaciones secundarias y terciarias. Las ramas crecen constantemente y producen ramificaciones, nudos con hojas y brotes florales. Un brote floral no producirá más inflorescencias en la cosecha posterior por esto las cosechas subsiguientes provendrán principalmente de las zonas nuevas de crecimiento de las ramificaciones secundarias y terciarias. De estos salen los tallos florales nacen en el ángulo formado por las ramificaciones y las hojas constan de tres a cuatro tallos, cada uno con dos brácteas de donde salen de uno a cuatro botones; por esto una inflorescencia puede tener hasta 16 flores (Arcila, 2017, p.9).
- **Hojas:** Son relativamente pequeñas, varían su tamaño de 12 – 15 cm de largo y más o menos 6 cm de ancho, de forma oval o elíptica, agudas en la base, algunas veces un tanto onduladas (Calero y Balladares, 2015, p. 22).

- **Flor:** son pequeñas, blancas y olorosas, reunidas en grupos en las axilas de las hojas. Las flores del café son polinizadas por el viento y otros agentes; hay aparentemente un elevado porcentaje de polinización entre las plantas adyacentes (Camargo, 2011, p. 6).
- **Fruto:** es una drupa, que se desarrolla en unas 15 semanas a partir de la floración; el endospermo comienza a desarrollarse a partir de la duodécima semana y acumula materia sólida en el curso de varios meses, atrayendo casi la totalidad de la energía producida por la fotosíntesis. El mesocarpio forma una pulpa dulce y aromática, de color rojizo, que madura en unas 35 semanas desde la floración. El fruto del arbusto del café es de color rojo fuerte y contiene dos semillas de forma ovalada en cada grano (Calero y Balladares, 2015, p. 18).
- **Pulpa del café:** es la parte externa del fruto maduro, tiene pigmentación roja o amarilla, según la variedad. Técnicamente está constituida por el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto, representando el 40% de su peso total. Contiene el 84% de humedad, 0.319% de nitrógeno, 0.002% de fósforo y 0.62% de potasio (Medina y Luna, 2013, p. 21).

### 2.2.1.3. *Variedades de café*

Para López (2013) se clasifican de la siguiente manera:

- **Caturra:** planta de porte bajo, estructura compacta, puede desarrollar alturas de 1.80 a 2.10 metros; las bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal y un largo de 0.80 hasta 1.10 metros con entrenudos cortos.
- **Catuaí:** planta originaria de Brasil, de porte medio con desarrollo vertical de 1.90 a 2.25 metros, las bandolas forman ángulos de 45 grados con el eje principal, pueden llegar a medir de 0.90 a 1.20 metros de largo, entrenudos cortos.
- **Catimor:** de esta variedad existen varias líneas cultivadas en Guatemala; es una planta de porte intermedio, con una altura de 1.90 a 2.30 metros, arquitectura compacta, tamaño de bandolas de 0.90 a 1.20 metros, con entrenudos cortos.
- **Sarchimor:** plantas de porte intermedio, de estructura compacta de forma cónica, con altura de 1.90 a 2.40 metros, las bandolas forman un ángulo de 50 a 55 grados con el eje central, largo de bandolas de 0.90 a 1.20 metros, con entrenudos cortos. (p. 24)

### 2.2.1.4. *Híbridos de café*

Son de alto valor genético en las zonas cafetaleras del país (Anzuelo, 2017):

- **Catimor 8666 (4-3):** Al Catimor se le conoce como el varietal de los pobres. Hay hasta 18 variedades siendo el más productivo el 8666. La planta es de porte bajo y la distancia entre nudos es corta. La guía es de color rojo y los brotes terminales son de color bronce rojizo. El color de fruto es de color rojo y su tamaño es relativamente grande. Es tolerante a la roya y tiene una alta producción en granos. La población CIFC-P1 fue una mezcla de semillas de 27 plantas de los grupos A (77,7%) y 1 (22,3%) de la progenie CIFC 7960 (F5). La población CIFC-P2 fue una mezcla de semillas de 10 plantas de los

grupos A (80%) y 1 (20%) de la progenie 7961 (F5). La población CIFC-P3 fue una mezcla de semillas de 56 plantas de los grupos A (55,3%) y 1 (44,7%) de la progenie CIFC 7962 (F5). A partir de la mezcla de semillas de las líneas y poblaciones seleccionadas se conformó el compuesto multilínea "Catimor ECU" (López, 2013, p. 26).

- **Catimor CIFC P3.** es un híbrido desarrollado por el Centro Internacional de las Royas del Café (CIFCPortugal) resultado del cruce de la variedad Caturra x Híbrido de Timor. El H. Timor, es un genotipo arabicoide de naturaleza tetraploide ( $2n=44$ ), considerado fuente de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*) y a los nemátodos del género *Meloidogyne*. Las plantas del híbrido Catimor presentan gran variabilidad genética y resistencia a roya. El porte de las plantas es variable, observándose algunas líneas genéticas de porte bajo y otras de porte mediano y alto. Mediante la selección se ha tratado de obtener materiales con altura de planta similar a la variedad Caturra rojo, de alta producción y resistencia a roya (INIAP, 2013, p. 13).
- **Híbrido Castillo.** Este híbrido fue derivado del cruce de Caturra x Híbrido de Timor. Tiene alta productividad, buena calidad y resistencia tanto a la roya del cafetero como a la enfermedad de las cerezas causadas por hongos *Colletotrichum coffeanum* var. *virulans*, comúnmente llamada Coffe Berry Disease (CBD) que hasta la actualidad solo se encuentra en el África. En Centroamérica se han obtenido algunas variedades mejoradas de café arábigo como: Lempira, Cuscatleco, Centroamericano, Tekisic, Catisic y Pacamara (Lucas y Piguave, 2018, p. 13).
- **Variedad Caturra amarillo T-3386.** La variedad "Caturra" (roja y amarilla). Son mutantes de la variedad de café "Bourbón" propagado en Brasil, e introducidas en el Perú a través de la ex. Estación Experimental de Tingo María en 1950. Son de porte enano, destacan su alta productividad, pero requieren de constante fertilización y podas productivas. El tamaño de grano, comparado con el Typica, es relativamente pequeño. En la mutante roja de Caturra los frutos adquieren un color rojo vinoso a la madurez, mientras que en la mutante amarilla, un color amarillo. Esta última ha mostrado algo más de productividad, pero menor retención de los frutos maduros con relación a la "Caturra roja" (Ministerio de Agricultura Ganadería, 2013, p. 4).
- **Variedad Caturra rojo- Pichilingue.** La variedad Caturra fue encontrada en Minas Gerais (Brasil) y es considerada como una mutación del café Bourbón. Esta variedad comprende dos cultivares: Caturra rojo y Caturra amarillo. Los nombres rojo y amarillo se han dado en base a la coloración de los frutos. Las plantas de Caturra son de porte bajo, de aspecto vigoroso y compacto. Los entrenudos son cortos y con una coloración verde en sus brotes tiernos. Las ramas forman un ángulo de  $45^\circ$  con respecto al eje central. Esta variedad se empezó a cultivar en 1.956, tiene amplio rango de adaptabilidad y alta producción, pero susceptible a la roya del cafeto. La introducción T2308 fue el germoplasma de Caturra rojo, que se distribuyó a los productores, en la década de 1.950. Posteriormente, se amplió la base genética con otros materiales como: T2542 y C818. En cuanto al Caturra amarillo, la introducción T3386, se difundió entre los productores ecuatorianos (Zapata y Jiménez, 2016, p. 8).

### 2.2.1.5. **Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de café**

- **Suelo.** El contenido de materia orgánica en los suelos disminuye a medida que aumenta la temperatura media anual y disminuye la precipitación media anual. La productividad primaria neta de un ecosistema es el producto de la estabilidad dinámica y se fundamenta en el suministro continuo de hojarasca. Los cafetales cultivados bajo sombra no presentan mucha diferencia respecto al bosque caducifolio. Es una práctica común en el cultivo orgánico de café la adición de materia orgánica como broza de café, gallinaza, compost, abono bocashi y otros, con el fin de elevar el contenido de materia orgánica del suelo (Orellana, 2015, p. 8).
- **Temperatura:** La zona óptima para el cultivo del cafeto se encuentra entre 19 y 21,5 grados centígrados (Zapata y Jiménez, 2016, p. 7).
- **Lluvia:** Se considera apropiada para el cultivo una cantidad de lluvia comprendida entre los 1.800 y los 2.800 milímetros anuales, con una buena distribución en los diferentes meses del año (Lucas y Piguave, 2018, 19).
- **Humedad del aire:** Este componente del clima presenta altas variaciones entre el día y la noche, pero en la zona cafetera el aire debe ser húmedo (Arcila, 2017, p. 11).
- **Vientos:** En general, las zonas más adecuadas para el cultivo del cafeto se caracterizan por presentar vientos de poca fuerza (López, 2013, p. 5).
- **Brillo solar y nubosidad:** El brillo solar en la zona cafetera se encuentra entre 1.600 y 2.000 horas de sol al año (4.5 - 5.5 horas de sol al día) (Zapata y Jiménez, 2016, p. 8).

### 2.2.2 Principales géneros de nemátodos

Según Rivera (2017) “a nivel mundial los 10 géneros de nemátodos fitoparásitos más importantes son: *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus*” (p. 12).

Según su tipo o género de nematodos:

- **Nematodos ectoparásitos:** estos se caracterizan en no penetrar al interior de los tejidos de la planta, únicamente utiliza el estilete donde se alimentan en las partes externas del sistema radicular de las plantas (células epidérmicas), sin penetrar. En general tienen estilete largo y la profundidad a la que pueden alimentarse depende de su longitud, como el género *Helicotylenchus* spp (Rivera, 2017, p. 6).
- **Nematodos semi-endoparásitos:** se caracterizan porque solo introducen la parte anterior del cuerpo en la raíz, mientras la sección posterior se mantiene en el suelo, como el género *Tylenchus* spp (González, 2013, p. 8).
- **Nematodos endoparásitos:** estos penetran en forma total a las raíces, desarrollando y multiplicando en su interior. Los endoparásitos sedentarios son los que penetran en la planta y se fija en un solo lugar para toda su vida, produciendo nódulos el género *Meloidogyne* spp (González, 2013, p. 9).

### **2.2.3 Métodos para estimar la biodiversidad poblacional**

Para determinar los índices ecológicos expresan la diversidad ecológica del número de individuos. Este índice se calcula a través de expresiones matemáticas que relacionan el número de género o especie de una comunidad y los valores de importancia, como biomasa, productividad, etc., de los individuos. La biodiversidad es importante porque permite entender cómo funciona el proceso vital y el papel de cada individuo en el ecosistema a su alrededor (Obando, 2014, p. 9).

Campo y Duval (2014) mencionan que la diversidad es el número de especies en una unidad de área que se mide a través de dos métodos: la riqueza específica basada en la cantidad de especies presentes y la estructura que mide la distribución proporcional del valor de importancia. Este último se clasifica en la dominancia y en equidad de la comunidad. Existen distintos tipos de diversidad: la local o diversidad  $\alpha$  (alfa), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad  $\beta$  (beta) y la diversidad (gamma) que reúne a las dos anteriores. En este estudio se utiliza la diversidad alfa que es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea (p. 23).

#### **2.2.3.1. Índice dominancia**

- Método Simpson

El índice de dominancia de Simpson (DSi) considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Para este índice, el valor mínimo es 1 indicando la ausencia de diversidad, el valor máximo es limitado. Los ecosistemas naturales relativamente diversos tienen un índice de Simpson de 5 o mayor. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie. Su expresión es (Campo y Duval, 2014, p. 12):

$$D(Si) = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

donde:

$p_i$ : igual a la proporción entre  $n_i$  y  $N$  ( $p_i = n_i/N$ )

$n_i$ : número de individuos de la especie  $i$ .

### **2.2.3.2. Índice equidad**

- Método Shannon-Wiener

El índice de Shannon- Wiener ( $H'$ ) tiene en cuenta la riqueza de especies y su abundancia. Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Para el índice de Shannon-Wiener el valor mínimo es 0, el valor máximo es limitado solamente por el número de géneros y que tan uniformemente están distribuidas en el ecosistema. Los valores de 3 o 4 son típicamente interpretados como diversos. En un sentido general el índice de Shannon toma en cuenta la abundancia y la riqueza y es utilizado comúnmente para estudios de muestreo de comunidades. Cuanto mayor será  $H'$ , más diversa es una comunidad. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies. Su fórmula es (Campo y Duval, 2014, 19):

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln p_i$$

- Método Pielou

“El índice de Pielou ( $J'$ ) se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies”.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

donde:  $H'_{m\acute{a}x}$ : es el logaritmo natural de S.

## **2.2.4 Principales daños de nematodos causados en el cultivo de café**

### **2.2.4.1. Generalidades de los nematodos**

La Asociación Nacional del Café (2018) acota que los nematodos son organismos microscópicos multicelulares del reino animal, con apariencia de pequeñas lombrices, que habitan en todos los ambientes. Se alimentan de materia orgánica, hongos y bacterias presentes en el suelo (vida libre), y otros se alimentan de los tejidos de las plantas (parásitos).

Las características más importantes que identifican a un nematodo son: cuerpo en forma de gusano delgado cilíndrico y alargado, con el diámetro reducido en los extremos, formado por cutícula e hipodermis. También tiene simetría bilateral (cuerpo de dos mitades idénticas), hialinos (transparentes), pseudocelomados (presencia de un espacio lleno de líquido entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo donde se encuentra los sistemas digestivo, reproductor, excretor y nervioso) y tripoblastos (presencia de ectodermo, mesodermos y endodermo) (Morgan, 2018, p. 11).

Molina y Ortega (2014) mencionan que las poblaciones más elevadas de nematodos se encuentran próximas a las raíces por ser parásitos obligados. Se reproducen cuando tiene acceso a tejidos vegetales vivos y cuando estos están en crecimiento. Por lo general si se presentan nematodos en el suelo y en plantas hospederas, con raíces sanas la población de nematodos aumenta con facilidad de lo contrario si las raíces están en mal estado y tienen poco crecimiento, la población tiende a un decrecimiento.

Pérez *et al.* (2017) acotan que los nematodos pueden ser útiles indicadores de la calidad del suelo, por su enorme diversidad y participación en muchas funciones a distintos niveles en la red alimentaria del suelo. Por su diversidad, los nematodos son útiles indicadores por sus poblaciones que son relativamente estables en respuestas a cambios en la humedad del suelo y temperatura, así como los cambios en el manejo del terreno.

### **2.2.5 Nematodos en el café y sus daños**

Leguizamon (2015) menciona que el daño se presenta con nudosidades necrosadas parcial o totalmente, de color de la raíz normal, pueden alcanzar 5 milímetros de diámetro. La reducción en altura y desarrollo, mayor incidencia de mancha de hierro, con la consecuente desfloración, a pesar del tratamiento fungicida adecuado. En ataques avanzados se observan agrietamientos longitudinales, necróticos en las raíces laterales y en la pivotante.

#### **2.2.5.1. *Meloidogyne sp***

Las diferentes especies de los nematodos nodulares tienen el mismo ciclo de vida. Las larvas recién incubadas, se encuentran en el suelo, son delgadas y miden entre 0.4 a 0.5 mm de longitud. Donde el estilete de estas larvas no es muy fuerte, pero pueden entrar en cualquier parte de una planta que se encuentre en suelo húmedo. Por tanto, estos nematodos son sedentarios, al entrar el tejido del vegetal no tienen ningún movimiento. Posee una cutícula cefálica demasiado fuerte lo que facilita el traslado en los tejidos vegetales, la derivación de endoparásito móviles, desplazamiento por el interior de las raíces y desdoblamiento sustancias vegetales como fenoles y amigdalina quien se encarga de transformarla en ácido cianhídrico (HCN) y de esta forma pueden bloquear la importancia de electrones causando la

muerte de la planta por carencia de la respiración celular (Castilla, Millán, y Mercado, 2016, p. 12).

#### *Síntoma*

En especies frutales pueden sobrevivir ya sean arrancadas, alojándose en las raíces y de esta forma se protegen de altas temperaturas, la baja humedad y a la aplicación de nematicidas, afectando el crecimiento de la planta, así como también su producción y longevidad. Este deja síntomas visibles como el oscurecimiento de las raíces y ausencia o reducción de las mismas (Aroca, 2016, p. 22).

Los síntomas en órganos aéreos son similares a los que se producen muchas enfermedades de la raíz o por factores ambientales, disminuyendo el volumen de agua disponible y menor cantidad de hojas pequeñas, su coloración cambia de verde oscuro a verde pálido o amarillento que tiende a marchitarse en climas cálidos donde se encuentre (Garambel, 2017, p. 17).

#### **2.2.5.2. *Helicotylenchus sp***

Este género es cosmopolita, que se alimenta de un amplio grupo de plantas, lo cual explicaría su alta frecuencia en diferentes zonas, este individuo ocasiona lesiones a sus hospedantes y propician la entrada de otros microorganismos, cuando hay alta densidad de población, la planta muestra pérdida de vigor progresivo, manifestándose con una disminución en la producción (Arévalo, Canto, Baligar, Zuñiga, y Márquez, 2016, p. 12).

#### *Síntoma*

Es un polífago caracterizado por ser semiendoparásito, ectoparásito o endoparásito que se aloja en las raíces, alojándose en el córtex de las raíces, suele tener pequeñas lesiones en forma circular que al comienzo suelen ser de color café

y posteriormente se van tornando de color negro, hasta ser de carácter necrótico (Sikora, Luc, y Bridge, 2015, p. 31).

### **2.2.5.3. *Pratylenchus* sp**

Son especies morfológicas parecidas que dificulta su identificación, esto debido a que es un género estenomórfico en otras palabras presentan gran variabilidad intraespecíficas y posee pocas características diagnosticas, este tipo de nematodo causa en las raíces de las plantas pequeñas lesiones las mismas que poseen un color rojizo pardo, migratorio hasta cuando los tejidos de la planta se pudren (Aroca, 2016, p. 31).

#### *Síntoma*

Son parásitos migratorios y ninguna etapa de su ciclo puede verse como una etapa de infestación, se encuentran dentro y fuera del tejido. La penetración a la raíz la realizan en la región de los pelos absorbentes y muy raras veces por los extremos de la raíz. Son fitonemátodo hospedero que se alojan en la planta hasta su muerte, donde en ocasiones se confunden con la falta de nutrientes, limitándose al desarrollo de las raíces y clorosis (Meza, 2017, p. 12).

### **2.2.6 Tipos de controles**

Dentro de las estrategias para el manejo y control de nematodos, es muy importante realizar las siguientes prácticas:

#### **2.2.6.1. Control orgánico**

Para un control orgánico, se debe observar factores naturales o ambientales como la influencia de la sombra y el tipo de fertilización (Ruiz, Idrogo, y Vásquez, 2016, p. 32):

- La influencia del no uso de sombra y la fertilización orgánica, su efecto resulta una mayor cantidad de nematodos, por motivos de mayor concentración en

raíces y cercanías por la disponibilidad continua de alimento y la atracción de nematodos por determinadas sustancias liberadas en la rizosfera.

- La influencia del uso de sombra y la fertilización química, resulta una menor cantidad de nematodos por el uso de sales de la fertilización utilizada; sin embargo, por la complejidad presente del género de nematodo como son *Meloidogyne* influenciado por diversos factores ambientales como propios de su comportamiento, manteniéndose como hospedero dentro de las raíces.
- La influencia de la sombra y la fertilización orgánica, tiene consecuencias que a medida que aumenta la humedad en el suelo, aumenta la población hasta alcanzar valores máximos con daños continuos; además estas enmiendas orgánicas aumentan la disponibilidad de los nutrientes y mejoran la capacidad del suelo, de manera que la planta mejora su crecimiento e incrementa la tolerancia a los nematodos debido a un desarrollo mayor de sus raíces.
- La influencia de la no utilización de sombra y la fertilización química, esta se caracteriza por la mala protección del suelo, baja restitución de materia orgánica y bajo reciclaje de nutrientes provenientes de sales fertilizantes. Esto produce un medio poco favorable para el crecimiento de raíces debido a la compactación del suelo, y las condiciones edáficas desfavorables incrementa la incidencia de plagas y enfermedades producidas por nematodos a través del ataque al sistema radical, ya que las características de ciertos nematodos endoparásitos sedentarios como es *Meloidogyne* permite sobrevivir dentro de la planta a altas temperaturas por la humedad que el hospedero mantiene en sus raíces.

La aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizantes orgánicos en el suelo, este aumenta la tolerancia de los cultivos infestado de nematodos, mejorando la

estructura del suelo, proporcionando sustratos múltiples de organismos de biocontrol.

#### **2.2.6.2. Control biológico**

La aplicación combinada de *Trichoderma* y *Azadirachta indica* con el empleo de dosis de 30 ml kg<sup>-1</sup> y 16 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, permitiendo una reducción significativa de infestación por *Meloidogyne* hasta en un 84%, lo que constituye una alternativa al uso de nematicidas químicos altamente contaminante y costoso, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas de cultivo, incluso la reducción del impacto ambiental (Acosta y Cándano, 2018, p. 12).

Existen enemigos naturales denominados como organismos depredadores como hongos, microartrópodos o nematodos fitoparásitos, también como bacterias y virus, que ayudan a reducir las poblaciones. Además, existen alternativas como el manejo de los residuos vegetales liberando compuestos o metabolitos nematicidas para así reducir el desarrollo y propagación de nematodos patógenos.

#### **2.2.6.3. Control químico**

El uso de productos químicos en el control de nematodos resulta altamente tóxico y costoso, el grupo de nematicidas son Carbamatos (Carbofuran y Oxamil) y Organofosforados (Terbufos, Etoproph, Fenamiphos, Cadusafos), los dos actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa de los nematodos, además su uso frecuente modifica la microflora y microfauna del suelo alterando la cadena trófica, eliminando los microorganismos antagonistas de los nematodos fitoparásitos (Chávez y Méndez, 2017, p. 22).

Último método de control utilizado cuando las técnicas agronómicas no suprimen o reducen el problema nematológico lo suficiente para permitir al productor seguir cultivando, aunque posee un costo elevado, es frecuente en cultivos de alta

rentabilidad. Los nematodos formadores de nódulos son los que producen mayor daño económico.

## **2.3 Marco legal**

### **2.3.1 Constitución de la República del Ecuador**

Asamblea Nacional del Ecuador – 2008

El artículo 13 de la Constitución de la República del Ecuador establece que “las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

El artículo 281 de la Constitución de la República, señala: "La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente". Para ello es responsabilidad del estado, entre otros aspectos: (...) "7) Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable".

El artículo 284 inciso 2, de la Constitución de la República establece como objetivo de las Políticas Económicas, incentivar la producción nacional, la productividad y competitividad sistémicas, la acumulación del conocimiento científico y tecnológico, la inserción estratégica en la economía mundial y las actividades productivas complementarias en la integración regional (p. 140).

### **2.3.2 Ley orgánica de sanidad agropecuaria**

Registro oficial suplemento 27 de 03 de julio de 2017

Ley regula la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades; promover el bienestar animal, el control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a los vegetales y animales y que podrían representar riesgo fito y zoonosológico. La sanidad en materia de acuicultura y pesca, así como el aseguramiento de la calidad de sus productos se regularán en la Ley correspondiente (p. 3).

### **2.3.3 Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria**

Registro oficial suplemento No. 583 de 05 de mayo del 2009

El artículo 1 dispone que “el objeto de la Ley es establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente”.

El artículo 24 dispone que “la sanidad e inocuidad alimentarias tienen por objeto promover una adecuada nutrición y protección de la salud de las personas; y

prevenir, eliminar o reducir la incidencia de enfermedades que se puedan causar o agravar por el consumo de alimentos contaminados” (p. 7).

#### **2.3.4 Buenas prácticas agrícolas para café**

Agrocalidad. Resolución DAJ-20134CB-0201.0281

27 de diciembre de 2013

El art. 2 objeto dispone “Establecer las especificaciones técnicas que deben ser consideradas en los procedimientos de Buenas Prácticas Agrícolas para Café, en todas sus etapas, orientadas a asegurar la inocuidad de los alimentos, la protección del entorno natural y de las personas que trabajan en la explotación (así como las comunidades que viven en su cercanía), y el manejo sostenible de los insumos y materias primas, asegurando la salubridad de los productos en todas las etapas de producción del café” (p. 3).

Anexo 13. Menciona que los nematodos, en los suelos cafetaleros del Ecuador se han identificado nematodos de los géneros: *Rhabditis*, *Dorylaimus* y *Meloidogyne*. En las raíces de los cafetos se han encontrado los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Rhabditis*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Aphelenchus*, *Helicotylenchus* y *Trichodorus*. Los nematodos son microorganismos con apariencia de pequeñas lombrices que habitan en todos los ambientes. Algunos nematodos se alimentan de materia orgánica, hongos, bacterias o de tejidos de las plantas. Estos parásitos penetran en los tejidos de las raíces provocando lesiones que deterioran el sistema radical, detienen el crecimiento y pueden causar la muerte de las plantas (p. 8).

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El presente trabajo mostró un enfoque en su estudio el cual no expresa experimentación alguna; por tanto, la información que se recolectó fue de criterio cuantitativo, cualitativo o mixto en orientación de investigación y desarrollo analítico.

##### 3.1.1 Tipo de investigación

- **Investigación documental:** consistió en la selección y compilación de información a través de lectura y criterio de documentos y material bibliográfico; con los registros gráficos como fuente de información manuscrita e impresa. Este tipo de investigación fue cuantitativa (análisis estadístico) y cualitativa (características y cualidades que presente en su interpretación).
- **Investigación exploratoria:** se buscó formular una hipótesis del trabajo de investigación, busca información de fenómenos poco conocidos; es así que, se basó en la observación y registró con un proceso de investigación flexible y no estructurado, brindando conocimiento libre o disperso con información innovadora respecto al tema de estudio.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

Es trabajo se realizó con un diseño de investigación no experimental el cual se recolectó los datos indirectamente sujetos a esta investigación, sin manipular o controlar variables; es decir, se obtuvo la información, pero no se pudo alterar las condiciones existentes como la información primaria.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

###### 3.2.1.1. *Variable independiente*

Géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica*)

### 3.2.1.2. Variables dependientes

Identificación, daños, y dinámica poblacional de los géneros de nematodos asociados al cultivo de café.

### 3.2.2 Manejo del ensayo

En el presente trabajo se observaron los siguientes datos edafoclimáticos de la zona en estudio como fueron los siguientes:

**Tabla 1. Datos edafoclimáticos del cantón 24 de mayo**

Factores	Valor
Temperatura media anual	26 °C
Precipitación anual	840 mm
Humedad relativa (%)	87%
Velocidad de vientos	6.4 m/s
Suelo agrícola	28.3%
Producción forestal	5%

Estaciones meteorológicas M1208 - M0447  
INAMHI, 2019 - GAD-24Mayo, 2016

La finca Cantos, cuenta con una extensión de aproximadamente 15 hectáreas sembradas con café caturra rojo, con una edad entre los 5 y 8 años de edad. Para la toma de muestra, se dividió en 5 lotes donde cada lote fue de 3 hectáreas para realizar la respectiva investigación.

- **Muestreo de suelo:** En cada lote seleccionado se observó en detalle las distintas edades (Lote 1: 5 años, Lote 2: 7 años, Lote 3: 8 años, Lote 4: 6 años, Lote 5: 8 años) donde se tomó 5 submuestra de suelo (distancia de 50 metros) a una profundidad entre 30 a 40 centímetros, las mismas que fueron homogenizadas (combinación de diferentes suelos tomadas) y se tomó 1 kilo de las submuestras para ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

- **Procedimiento para la extracción de nematodos de suelo:**

- a) La muestra de suelo, fue homogenizada y luego se pasaron por una zaranda para eliminar restos de elementos como vegetales y piedras que impidan el desarrollo de este trabajo.
- b) De este suelo se seleccionaron 100 gramos y se depositaron en un recipiente contenido en 1 litro de agua destilada.
- c) Se agitó la suspensión del suelo y se dejó en reposo por un tiempo de 30 segundos.
- d) El sobrenadante de la suspensión fue decantado cuidadosamente sobre los cuatro tamices (en orden descendente 0,425 mm; 0,25 mm; 0,18 mm; 0,045 mm de diámetro).
- e) El sedimento que queda en el recipiente, donde se volvió a realizar el procedimiento del literal c) dos veces para asegurar que los nematodos no quedaron en este.
- f) El sedimento retenido en los dos tamices superiores (0,425 mm y 0,25 mm) se lavaron con una pizeta sobre los tamices de menor diámetro para coleccionar los nematodos en los tamices de 0,18 mm y 0,045 mm.
- g) El material que se retiene en los tamices se lavó con una pizeta y se decantaron sobre un filtro de algodón, colocado en un plato metálico conteniendo 100 ml de agua destilada.
- h) Durante 24 horas después se tomaron 30 cc de la suspensión y se observaron en el microscopio.

- **Muestreo de raíces:** En cada lote que se seleccionó, se tomó 5 submuestras de raíces en el cultivo de café, a una profundidad entre 30 a 40 centímetros y alrededor del tronco entre 25 a 30 centímetros, luego estas submuestras

fueron homogenizadas en una sola misma que serán llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

- **Identificación de nematodos:** Su identificación fue de acuerdo a las características morfológicas.
- **Análisis de muestra de laboratorio:** En el laboratorio se procedió a darles el debido proceso a las muestras, el cual implica extraer los nematodos de las raíces y suelo, para luego ser contadas e identificadas. Estos procedimientos de extracción fueron de acuerdo al protocolo del laboratorio donde se realizaron los análisis.

**Tabla 2. Tratamiento de las muestras**

<b>Tipo de muestra</b>	<b>Submuestra</b>	<b>Muestra</b>	<b>Condiciones del cultivo</b>
Suelo	5 = 1 Kg cada una	1 = 1 Kg	Plantas que van desde 5 a 8 años de edad presentando la siguiente sintomatología: Vigor, enanismo, baja producción.
Raíz	5 = 100 gramos	1 = 100 gramos	Plantas que van desde 5 a 8 años de edad presentando la siguiente sintomatología: Necrosis en el follaje, falta de vigor, enanismo, baja producción.

Cantos, 2020

- **Procedimiento para la extracción de nematodos de raíces**
  - a) Las raíces colectadas fueron lavadas y cortadas en trozos de 1 a 2 centímetros de largo.
  - b) Se tomará 10 gramos del material vegetal y se colocó en la licuadora junto con 100 ml de agua destilada.
  - c) Se procedió a macerar entre 30 a 60 segundos, tiempo que dependió del tipo de raíces y tipo de nematodo.

- d) Luego, se debió decantar la solución obtenida sobre los tamices de 0,425 mm; 0,25 mm; 0,18 mm y 0,045 mm.
- e) Se procedió a decantar los tamices de 0,425 mm y 0,25 mm; y se recogió los residuos de los tamices de 0,18 mm a 0,045 mm el cual se ubicó en un beaker.
- f) A la solución se le agregó agua destilada hasta obtener una solución de 100 ml el cual se observó inmediatamente en el microscopio.

### 3.2.3 Recolección de datos

#### 3.2.3.1. *Recursos materiales*

- **Materiales y equipos:** Equipos de laboratorio como fueron zaranda, pipeta, filtro de algodón, plato metálico, microscopio, recipientes varios; equipos para la toma de muestra en campo como son palas, machete, cámara fotográfica, entre otros.
- **Materiales experimentales:** Cultivo de café, variedad caturra roja
- **Recursos humanos:** Tesista, tutor docente, y productor cafetero de la zona en estudio.
- **Recursos económicos:** El presente estudio fue financiado con recursos propios de la tesista.

#### 3.2.3.2. *Métodos y técnicas*

- **Método inductivo** el cual se ejecutó de modo que sirve para razonar el cual se incita por lo particular a lo general. Para poder evidenciar los diferentes géneros de nemátodos fitoparásitos en suelo y raíz asociados al cultivo de café mediante análisis de laboratorio.
- **Método deductivo** se aplicó donde este tipo de método es de razonamiento que lleva de lo complejo a lo simple.

- **Método descriptivo** se utilizó para evaluar la dinámica población de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos en suelo y raíz en el cultivo de café donde se empleó, describe los datos y características de una población, el cual se clasifica, cataloga o caracteriza del objeto en estudio.
- **Método analítico** se empleó con el diagnóstico de los principales daños causados por nematodos fitoparásitos en suelo y raíz presentes en el cultivo de café, donde lleva un proceso analítico de razonamiento que busca reconstruir un suceso de forma resumida, valiéndose de los elementos más importantes que tuvieron lugar durante dicho suceso con limitaciones y recursos.
- **La observación** se aplicó esta técnica para fundamentar el proceso investigativo, el cual se apoyó con la toma de datos y conocimiento empleado en el cultivo de café, de esta manera se tuvo la elaboración de criterios analíticos e interpretación de los datos para poder elaborar conclusiones.

### **3.2.4 Análisis estadístico**

#### **3.2.4.1. Diseño descriptivo**

Este análisis se realizó con un diseño de estadística descriptiva donde solo se desea obtener una clase de resumen de un conjunto de datos representados en la muestra y por tanto no requiere estadística experimental.

De estos resultados fueron analizados a través de una estadística inferencial, que se incluyó un análisis de tendencia, de regresión lineal para conocer la relación entre el comportamiento de las poblaciones de nematodos con las variables evaluadas.

#### **3.2.4.2. Variables a evaluadas**

En el presente trabajo se evaluó lo siguiente:

- **Análisis de macro y micronutrientes + materia orgánica:** este análisis se realizó llevando las muestras a los laboratorios de INIAP y mostraron la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, además de la cantidad de materia orgánica.
- **Descripción de los síntomas de la planta:** Se anotó y describió la sintomatología de la planta de café como es necrosis foliar, falta de vigor, enanismo, baja productividad, entre otros; cabe mencionar que se pudo confundir por la falta de nutrición. Además, se mostró la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo en estudio, además de la cantidad de materia orgánica existente.
- **Número de nematodos fitoparásitos por genero presentes en 100 cm<sup>3</sup> de suelo:** Una vez identificado los géneros de nematodos en el laboratorio se contabilizaron y determinaron el número de nematodos presentes por cada 100 centímetros cúbicos de suelo.
- **Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 g de raíces:** Una vez identificados los géneros de nematodos en el laboratorio, se contabilizaron y determinaron el número de nematodos fitoparásitos presentes en cada 10 gramos de raíces de la planta de café.
- **Escala de susceptibilidad en las raíces de la planta de café:** Se realizó bajo una inspección visual con la siguiente tabla guía:

**Tabla 3. Escala de susceptibilidad de raíces**

Número de nudos (100 g de raíz)	Escala	Susceptibilidad
0 – 1	0	Ausencia de daños (0 nudos)
2 – 3	1	Presencia de vestigios (pizcas)
3-10	3	Infestación intermedia
11-30	5	Presencia de daño en una cuarta parte
Mayor a 31	7	Presencia de daño sobre toda la raíz

Ortíz, Guzmán, y Leguizamón (2015)

## 4. Resultados

### 4.1 Identificación de los diferentes géneros de nemátodos fitoparásitos en suelo y raíz

#### 4.1.1 Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm<sup>3</sup> en el suelo

En la Tabla 4, se muestra los resultados del análisis nematológico realizado en el laboratorio INIAP estación experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, donde existe la presencia de los géneros *Meloidogyne sp* y *Helicotylenchus sp*, y los nematodos de vida libre que son los más frecuentes en el suelo donde se cultiva café.

**Tabla 4. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm<sup>3</sup> en el suelo por año**

Lote/año	<i>Meloidogyne</i>		<i>Helicotylenchus</i>		NVL	%
	<i>sp</i>	%	<i>sp</i>	%		
Lote 1: 5 años	50	13	100	25	250	63
Lote 4: 6 años	-	0	-	0	450	100
Lote 2: 7 años	-	0	-	0	300	100
Lote 3: 8 años	-	0	-	0	100	100
Lote 5: Mayor a 8 años	-	0	50	25	150	75

NVL: Nematodo de vida libre  
Cantos, 2020

Como se observa en el presente estudio la productividad de café de 8 años no influye la presencia de nematodos fitoparásitos como es, en el Lote 3 tiene nematodos de vida libre (100%) y Lote 5 *Helicotylenchus sp* (25%) con nematodos de vida libre (75%).

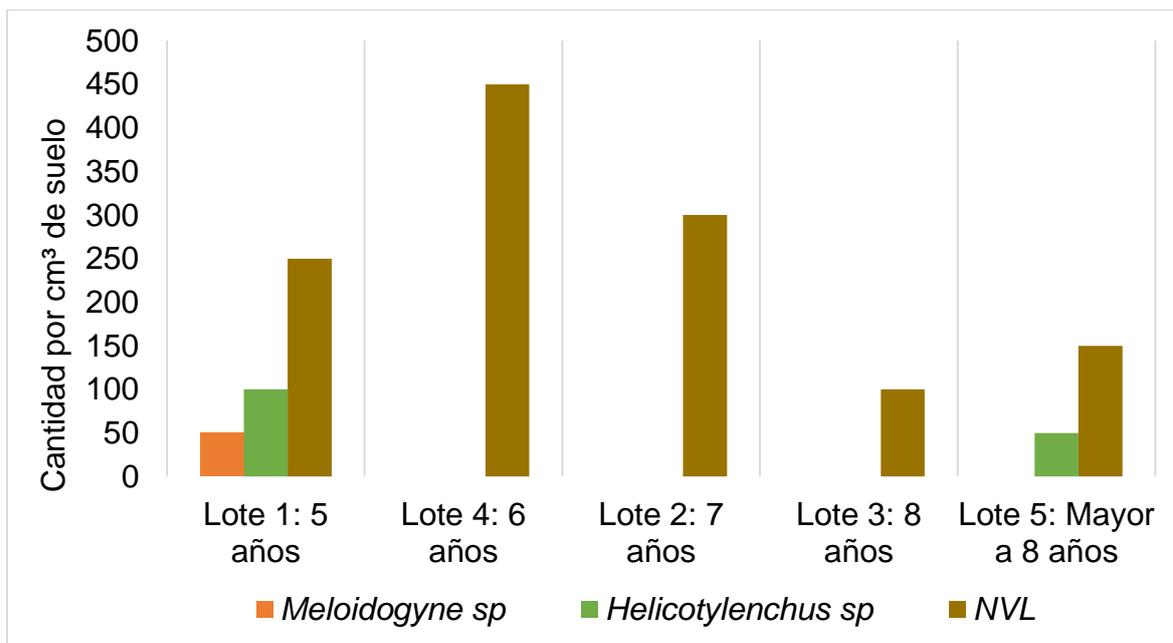


Figura 1. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm<sup>3</sup> en el suelo por año

NVL: Nematodo de vida libre  
Cantos, 2020

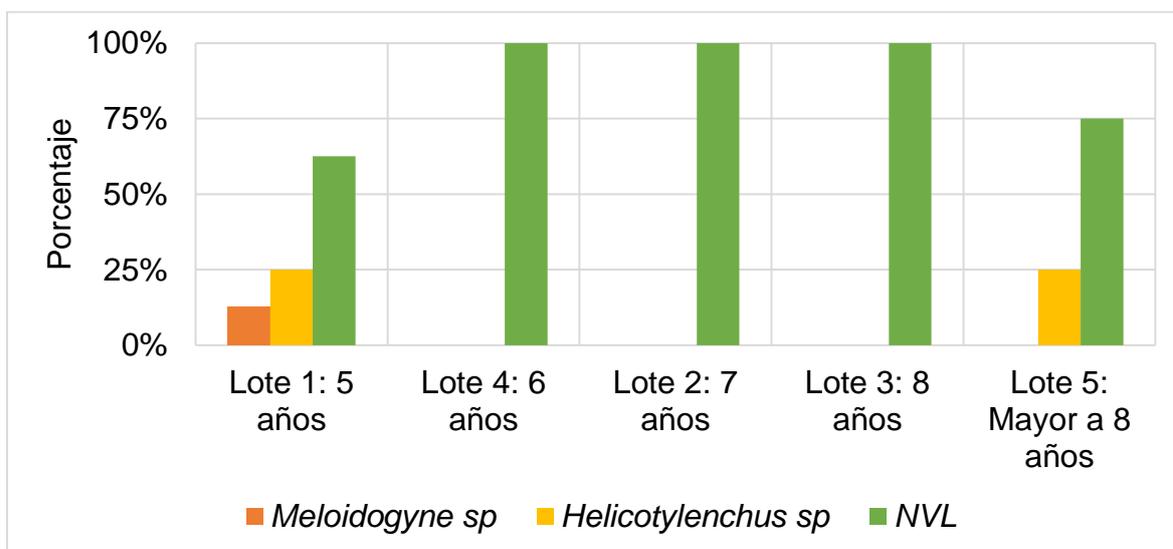


Figura 2. Porcentaje de nematodos fitoparásitos por género presentes en 100 cm<sup>3</sup> en el suelo por año

Cantos, 2020

Como se observa en la Figura 1 y 2, en los lotes correspondiente al presente estudio en los Lotes 4: 6 años, Lote 2: 7 años y el Lote 3:8 años no presenta nematodo fitoparásito en 100 centímetros cúbicos de suelo alrededor de la planta de café.

Para el Lote 1: 5 años y Lote 5: Mayor a 8 años presenta el nematodo fitoparásito *Helicotylenchus sp* en un 25% en los 100 centímetros cúbicos de suelo alrededor de la planta. Además, en el Lote 1: 5 años también presenta *Meloidogyne sp* en un 13% en los 100 centímetros cúbicos de suelo alrededor de la planta.

#### 4.1.2 Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces

En la Tabla 5, se muestra los resultados del análisis nematodo lógico realizado en el laboratorio INIAP estación experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, donde existe la presencia de los géneros *Pratylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, y *Helicotylenchus sp* nematodos que son los más frecuentes en raíces de la planta de café.

**Tabla 5. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año**

Lote/año	<i>Helicotylenchus</i>		<i>Meloidogyne</i>		<i>Pratylenchus</i>	
	<i>sp</i>	%	<i>sp</i>	%	<i>sp</i>	%
Lote 1: 5 años	-	-	-	-	-	-
Lote 4: 6 años	100	100	-	-	-	-
Lote 2: 7 años	100	20	100	20	300	60
Lote 3: 8 años	-	-	-	-	-	-
Lote 5: Mayor a 8 años	-	-	100	100	-	-

Cantos, 2020

Como se observa en la Figura 3 y 4, en los lotes correspondiente al presente estudio en los Lotes 1: 5 años y Lote 3:8 años no presenta nematodo en los 10 gramos de raíz; mientras que el Lote 5: mayor a 8 años existe la presencia de *Meloidogyne sp* (100%) en 10 gramos de raíz de la planta de café.

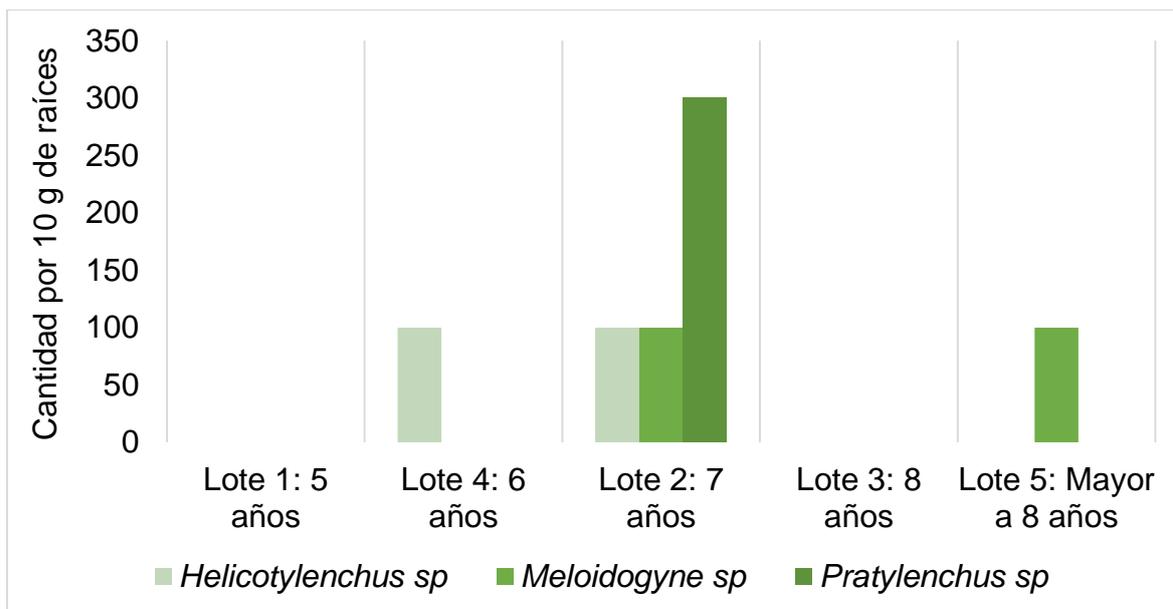


Figura 3. Número de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año Cantos, 2020

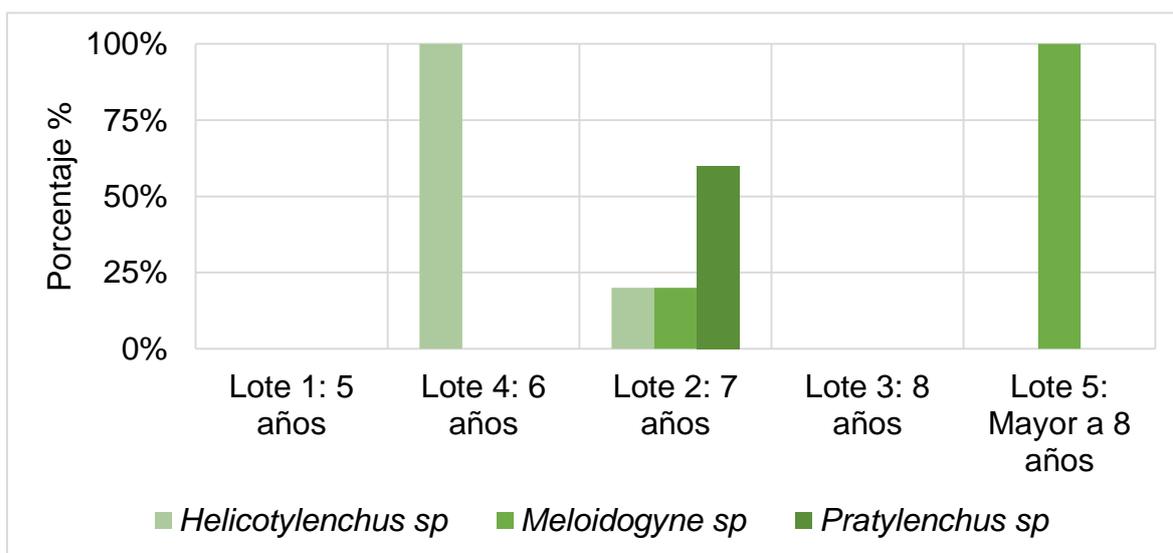


Figura 4. Porcentaje de nematodos fitoparásitos por género presentes en 10 gramos de raíces por año Cantos, 2020

Para el Lote 4: 6 años de edad del cultivo de café, *Helicotylenchus sp* es el nematodo de mayor presencia (100%). Mientras que el Lote 2: 7 años *Pratylenchus sp* tiene mayor presencia (80%) que nematodos *Meloidogyne sp* y *Helicotylenchus sp* en 10 gramos de raíz de la planta de café.

## 4.2 Evaluación de la dinámica población en los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos en suelo y raíz en el cultivo de café

### 4.2.1 Porcentaje de daños causados por nematodos en raíces

Las especies de nemátodos encontrados son ectoparásitos, individuos que viven solo en el suelo, se introducen en el tejido vegetal de la raíz de las plantas a través de la introducción de sus estiletes, las lesiones que ocasionan al sistema radicular son muy pequeñas, casi invisibles al ojo humano, solo pueden visualizarse a nivel de laboratorio y sobre todo son poblaciones muy bajas para que causen daños a las raíces.

**Tabla 6. Porcentaje de daño causado por nematodos en raíces**

Año del cultivo	Escala de severidad	% de daño
5 años	0	0%
6 años	1	14%
7 años	5	71%
8 años	3	30%
Mayor 8 años	1	14%

Cantos, 2020

De acuerdo a los análisis nematológico en 10 gramos de raíz, se encontró género de nemátodos que vivan en el sistema radícula; de este modo Si se observó porcentaje de daño en las raíces analizados.

Como se observa en la gráfica siguiente, la tendencia se observa que el daño es exponencial a partir del 5to año hasta el 7mo año, donde el 8vo año en adelante tiende a disminuir los daños el cultivo de café en esta zona; por lo que, se observa que la planta se le toma un periodo de tiempo para volverse resistente a los daños en sus raíces.

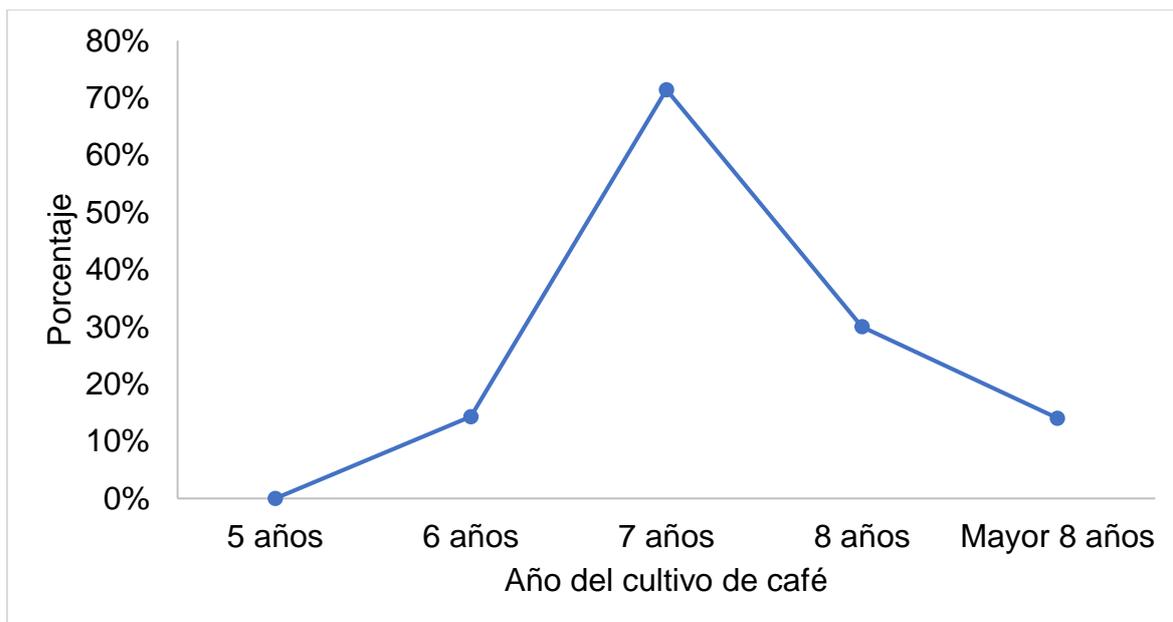


Figura 5. Tendencia temporal de los daños causado por nematodos en café Cantos, 2020

#### 4.2.2 Umbral de daño

Como se observa a continuación, el umbral económico con la densidad poblacional de los nematodos *Meloidogyne* sp y *Helicotylenchus* sp no alcanza los límites donde el productor cafetero debe iniciar la acción del control para evitar que la población sobrepase los niveles de daños; sin embargo, los nematodos del género *Pratylenchus* sp alcanza la densidad poblacional el cual genera pocos gastos en su control y no sobrepasa su umbral económico.

Cabe recordar que estos valores pueden variar en periodos susceptibles, donde son bajos y suben en periodos resistentes como se observa después de los 7 años; también puede variar en diferentes regiones por el valor del cultivo, variedad y factores ecológicos, como el lugar en estudio.

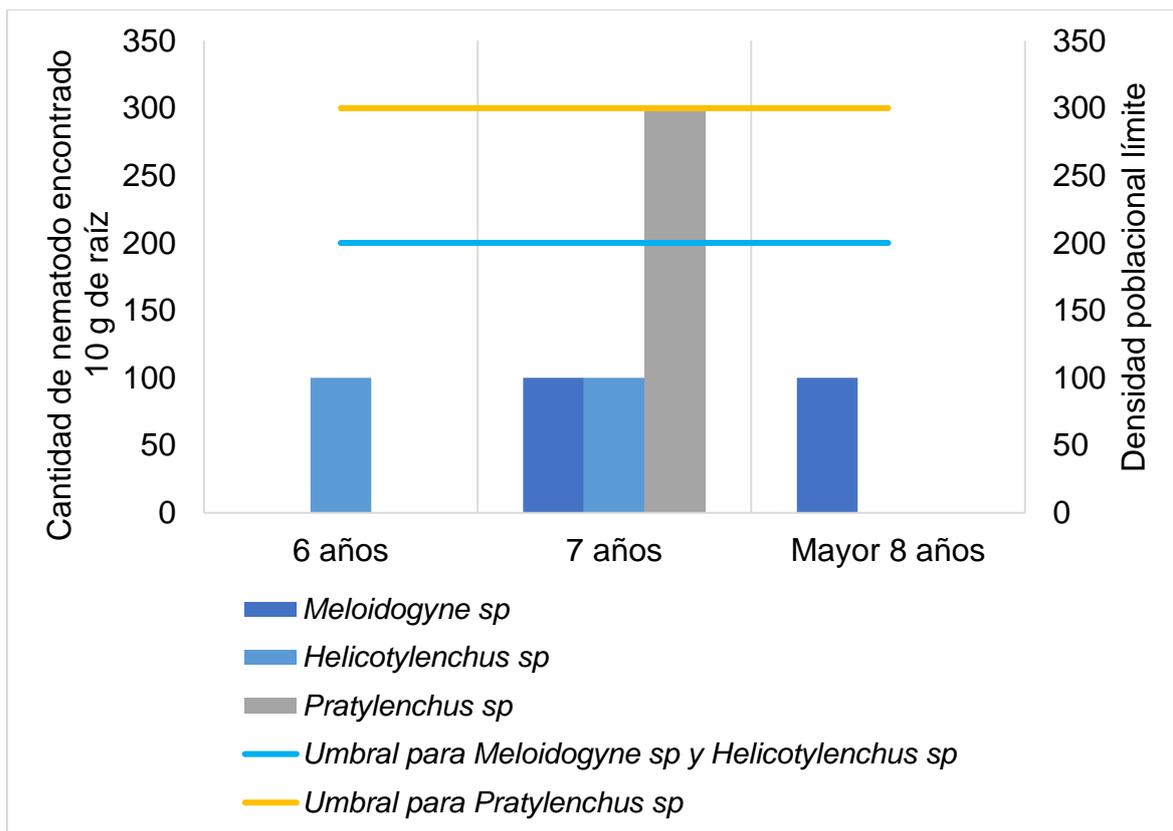


Figura 6. Umbral de daño  
Cantos, 2020

#### 4.2.3 Análisis de macro y micronutrientes + materia orgánica de suelo

A continuación, se muestra un suelo orgánico bajo (2.4%), por esta razón se puede considerar un suelo ligeramente ácido (pH 6.3); sin embargo, la cantidad de elementos mayores y menores son relativamente altos, y solo el azufre presenta un nivel bajo, elemento que se puede considerar como elemento preventivo disponible para la planta frente a enfermedades y plagas.

Al realizar el análisis de suelo en los laboratorios de suelo de INIAP, se mostró la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo en la zona de estudio, además de la cantidad de materia orgánica existente.

**Tabla 7. Resultado del análisis de suelo en estudio**

Detalle	Unidad	Valor	Equivalente	Rango
Clase textural	Franco-Arcilloso	-	-	-
Arena	-	36	-	-
Limo	-	34	-	-
Arcilla	-	30	-	-
M. O. (%)	Porcentaje	2.4	Bajo	3.1 - 5.0
K	meq/100 ml	0.72	Alto	0.2 - 0.4
Ca	meq/100 ml	19.12	Alto	4 - 8
Mg	meq/100 ml	4.12	Alto	1 - 2
Ca/Mg	-	4.64	Medio	2.2 - 8
Mg/K	-	5.74	Medio	2.5 - 10
(Ca + Mg) / K	-	32.37	Medio	12.5 - 50
pH	-	6.3	LAc	Ligeramente Acido
NH <sub>4</sub>	ug/ml	14	Bajo	20 - 40
P	ug/ml	28	Alto	10 - 20
K	ug/ml	280	Alto	18 - 130
Ca	ug/ml	3824	Alto	800 - 1000
Mg	ug/ml	501	Alto	121.9 - 200
S	ug/ml	5	Bajo	10 - 20
Zn	ug/ml	2.3	Medio	2.0 - 7.9
Cu	ug/ml	3.6	Medio	1.0 - 4.8
Fe	ug/ml	77	Alto	20 - 40
Mn	ug/ml	25	Alto	5 - 15
B	ug/ml	0.7	Medio	0.30 - 1.0

Cantos, 2020

#### **4.3 Descripción de los principales daños causados por nematodos fitoparásitos encontrados en el cultivo de café.**

Los síntomas en las plantas y su severidad varían de acuerdo a la especie del nematodo, de la parte vegetativa y edad de la planta donde se presente la lesión ocasionado por este fitoparásito.

**Tabla 8. Descripción de daños en planta**

Año de la planta	Síntomas
5 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe afectación alguna</li> <li>• Presenta mayor cantidad de hojas</li> </ul>
6 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marchitez del follaje notable, hojas nuevas pierden su condición de erectas y adquieren decoloración</li> <li>• Disminución de altura de planta</li> </ul>
7 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta con reducción en su tamaño y presenta clorosis, defoliación del follaje</li> <li>• Síntomas de deficiencias de elementos menores</li> </ul>
8 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperación del follaje</li> <li>• Por la falta de materia seca y aumento de humedad en suelo, la población de nematodos disminuye o se mantiene por debajo del umbral de daño</li> </ul>

---

Cantos, 2020

Se puede observar que la menor abundancia de nematodos fitopatógenos se encuentra estrechamente relacionada por la cantidad de sombra, ya que entre el 5to y 6to año de edad de la plantación no se encuentra afectada, mientras que entre el 6to y 7mo año la densidad de nematodos crece exponencialmente causando daños al follaje, así volviendo el menor porcentaje o ausencia de sombra. Es así que se considera la sombra como factor importante en la densidad y control.

#### **4.4 Proposición de un plan de manejo de nematodos fitopatógeno que afectan al cultivo de café.**

Para el oportuno manejo de nematodos del cultivo es necesario el monitoreo permanente de los problemas fitosanitarios, con el fin de aplicar las medidas de prevención o de manejo que corresponda, dando preferencia a métodos físicos y biológicos.

**Tabla 9. Prevención, manejo y control para nematodos fitopatógenos**

Prevención	Manejo	Control
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer densidades de sembrar no mayor a 5000 plantas por hectárea</li> <li>• Realizar muestreos de raíces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar uno o dos arreglos de sombra por año, manteniendo un 40%</li> <li>• Hacer control eficiente de malezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sembrar especies de asociación al cultivo y zona como árboles maderables como frutales</li> <li>• Aplicación sobre plantas en producción e hijos de poda</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aportar materia orgánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desinfección de las herramientas de poda con hipoclorito de sodio al 5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar Carbofuran, Terbufos, Fenamifos (5 g/planta), una vez al año</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar buena fertilización de acuerdo con los resultados de análisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar aplicación de fertilización foliar a base de ácido bórico y zinc quelatado en periodos de lluvia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener un programa de fertilización edáfica</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deshijar dos veces al año, dejando 2 ejes por punto de siembra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luego de arrancada la planta, el hueco debe ser tratado con plaguicidas biológicos como <i>Trichoderma</i> (100 ml/planta)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar plantas muertas o severamente afectas con todo y raíz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al sembrar nueva planta se debe aplicar <i>Trichoderma</i> en el fondo y alrededor de la planta al momento de la siembra</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar y aplicar carbonato de calcio, manteniendo una separación de al menos 30 días entre la enmienda y la fertilización, dependiendo del análisis de suelo y calidad de la cal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al no contar con análisis de suelo, aplicar de 20 a 40 sacos por hectárea cada tres años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplear hasta 40 sacos (50 kg) por hectárea</li> </ul>

Cantos, 2020

En los predios en estudio existen factores agroecológicos importantes como la asociación de cultivo que existe en las cercanías e interior de la plantación de café

como son plantas de banano (*Musa paradisiaca*), guanábana (*Annona muricata*), limón (*Citrus aurantifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), aguacate (*Persea americana*), maíz (*Zea mays*), jengibre (*Zingiber officinale*), soya (*Glycine max*), maní (*Arachis hypogaea*), guaba (*Inga edulis*). También, el tipo de suelo que es ligeramente ácido, y de textura franco-arcillosa que limita la libre movilidad de los nematodos.

### **Síntomas visibles**

El daño por nematodos no es visible al inicio del ataque como ocurrieron con las plantaciones entre el 5to y 6to año de edad, una vez incrementado la población de un género de nematodo como es el 6to año de edad aparecen las raíces dañadas en gran cantidad, haciéndose notar en el 7mo año de edad con el área foliar amarillenta o marchita, pérdidas de frutos y observación de deficiencias nutricionales.

Existieron síntomas visibles cuando la interrupción de la absorción de agua y nutrientes es visible en la planta, mismo que dependerán de las condiciones nutricionales de la planta que por lo general es amarillamiento o clorosis en las hojas. Así mismo la reducción del crecimiento de las plantas agrupadas en focos.

## 5. Discusión

En el presente estudio, en plantaciones de café con 5 años de edad se encuentra presente en el suelo géneros, una cantidad de 50 *Meloidogyne* sp, 100 *Helicotylenchus* sp, 250 nematodos de vida libre, dentro de los 100 cc de suelo. Además, los nematodos se presentan a partir del 7mo año de edad en las raíces con la presencia de 100 *Meloidogyne* (20%), 100 *Helicotylenchus* (20%) y 300 *Pratylenchus* (60%); concordando con Guevara (2015) en su estudio de principales géneros de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café, logrando una identificación en el suelo de *Meloidogyne* con el 50.12% y *Helicotylenchus* con 36.16%. Mientras que en las raíces se identificó la presencia del género *Meloidogyne* en un 37.03%, *Helicotylenchus* en un 25%, y *Pratylenchus* en un 37.96%. Aceptando la hipótesis planteada, que por lo menos un nematodo afecta al cultivo de café. (ver anexos: Tabla 10)

En plantación de café mayores a 8 años se evidenció la presencia de nematodos/100 cc de suelo, *Helicotylenchus* sp con 50 (25%) y nematodos de vida libre 150 (75%) y con 10 gramos/raíz se encontró solo del género *Meloidogyne* sp con 100 (100%) nematodos; aceptando y refiriendo a Pérez *et al.* (2017) en una plantación de café entre 30 a 40 años de edad, los valores más significativos encontraron en las raíces 81.5% de *Meloidogyne* sp, mientras que en el suelo se encontró *Meloidogyne* sp 24%, *Helicotylenchus* sp 9.7%, nvl 45.3%. por lo que, e acepta la hipótesis planteada el cual un nematodo genera u ocasiona daño a la plantación del café.

En la plantación de café con entre el 6to y 7mo año de edad tiene daños con presencia de daño de una cuarta parte con un 71% de daño; es así, que alcanza el umbral de daño ocasionado con el género *Pratylenchus* sp con 300 nematodos en

10 gramos de raíz; mientras que para los géneros *Meloidogyne* sp (100) y *Helicotylenchus* sp (150) en el suelo (100 cc) no alcanza el umbral de daño, mostrando así que el suelo con esta cantidad poblacional, la planta de café es tolerable; aceptando al autor Jara (2018) en plantaciones frutales como es el café su límite de tolerancia es de 300 *Pratylenchus* sp y 100 *Helicotylenchus* en la raíz, lo cual demuestra que las poblaciones encontradas en las parcelas de café evaluadas, se encuentran en el límite de tolerancia con este nivel poblacional. De ese modo, se acepta la hipótesis que al menos un nematodo ocasiona daños o síntomas al cultivo de café. (Ver anexos: Tabla 12)

En el suelo con plantas de café con 5 años de edad se encontró 50 *Meloidogyne* sp por cada 100 cc de suelo, es así que se demuestra que la planta de café es tolerable con esta cantidad poblacional; y en referencia con Jara (2018) en plantas frutales como el café su límite de tolerancia es de 100 *Meloidogyne* sp por cada 100 cc de suelo, para lo cual muestra que las poblaciones encontradas en las parcelas de café evaluadas, se encuentran en el límite de tolerancia con este nivel poblacional. Se rechaza la hipótesis planteada ya que ningún nematodo ocasiona un daño al cultivo de café. (Ver anexos: Tabla 13)

En plantaciones con 5 años de edad no se observan síntomas ocasionados por nematodos, a partir del 6to y 7mo año de edad se observan daños o síntomas como la marchitez del follaje, clorosis, síntomas de deficiencia de elementos menores, donde a partir del 8avo año se observa una leve recuperación del follaje, considerando una tolerancia por parte de la planta; aceptando lo mencionado por Chaves y otros (2014) en su estudio sobre la densidad y diversidad de nematodos en el café, donde existe una relación agroecológicas entre individuos de nematodos y su temporada de proliferación del mismo.

## 6. Conclusiones

Se identifican diferentes géneros de nematodos fitoparásitos en el suelo *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, y raíces *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* asociados a la plantación del cultivo de café.

Al evaluar la dinámica poblacional en el suelo (100 cc) están el género *Meloidogyne* (13%), *Helicotylenchus* (25%) y nvl (63%) con plantaciones 5 años; mientras que *Helicotylenchus* (25%) y nvl (75%) con plantaciones mayores a 8 años. Del mismo en raíces (10 g) están el género *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus* con 20%, 20% y 60% respectivamente en plantaciones con 7 años de edad, mientras que en plantaciones mayores a 8 años solo se encuentra 100 *Meloidogyne*.

Los daños principales causados se observan a partir del 6to año de edad del cultivo de café con marchitez del follaje además de disminución de altura, defoliación y clorosis a partir del 7mo año y una recuperación de las hojas a partir del 8vo año

La propuesta del manejo para nematodos es la interacción y asociación de cultivos sean perenne o semiperenne, en base a una cultura orgánica con énfasis a métodos sustentable para este tipo de cultivo para así obtener los mejores cuidados que reduzcan la población de nematodos fitoparásitos presentes en el café.

## **7. Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas, se recomienda lo siguiente:

Mantener las densidades poblacionales debajo del nivel de daño como en la situación actual, observado como medida preventiva promover el uso de abonamiento con adición de materia orgánica que permita el control de crecimiento poblacional de nematodos.

Ejecutar estudios de caracterización molecular que determinen la identidad taxonómica a nivel de especies de los nematodos fitoparásitos.

Realizar estudios comparativos sobre la dinámica poblacional de nematodos fitopatógenos en los demás híbridos de café y edad productiva del cultivo, para que se tenga referencia de resistencia, tolerancia, susceptibilidad.

Implementar nuevos trabajos de investigación en la zona de estudio sobre la identificación y caracterización de nematodos fitoparásitos en los cultivos de importancia económica.

## 8. Bibliografía

- Acebedo, L., y Choez, P. (2013). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos en café en plantaciones establecidas en la zona sur de la Provincia de Manabí. Manta, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Acevedo, V. (2015). Evaluación de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* sobre nematodos parásitos de melón (Tesis de grado). Huité, Zacapa: Universidad Rafael Landívar. p. 94.
- Acosta, A., y Cándano, A. (2018). Environmentally friendly alternatives for the control of gall-forming nematodes (*Meloidogyne* spp.) In farm houses. Recuperado de Rev. Cient. Ciencias Forestales y Ambientales 3(1) Habana, Cuba: 114-122: <http://cifam.upr.edu.cu/index.php/cifam/article/view/104/html>
- ANACAFE. (2018). Boletín técnico: Estudio de la dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos en la zona cafetalera de la región I de Anacafé. Recuperado de Asociación Nacional del Café (ANACAFE) 8(1): <https://www.anacafe.org/uploads/file/a72c70f7ba704fa28f94791788e583d7/boletin-tecnico-cedicafe-2018-08.pdf>
- Anzuelo, F. (2017). Avances sobre variedades de café con resistencia a la roya (artículo científico). Recuperado de World Coffee Research CA. <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/spsb/pdf/01-avances-variedades-cafe-resistencia-roya.pdf>
- Arcila, P. (2017). Crecimiento y desarrollo de la planta de café: Sistema de producción de café (*Coffea arabica*) en Colombia. Recuperado de: <https://cenicafe.org/es/documents/librosistemasproduccioncapitulo2.pdf>.
- Arévalo, E., Canto, M., Baligar, V., Zuñiga, C., y Márquez, D. (2016). Población de *Helicotylenchus* sp. y *Aphelenchus* sp en la rizosfera de clones de cacao

- (*Theobroma cacao* L) bajo los sistemas de manejo tradicional y de bosque mejorado. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Aroca, A. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L) en la zona de Colimes. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Calero, J., y Balladares, D. (2015). Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva, rendimiento y calidad del café (Tesis de maestría). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Camargo, A. (2011). Definición y esquematización de las fases fenológicas de *Coffea arabica* en condiciones tropicales. *Bragantia*. 60: 65-68.
- Campo, A., y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural (Artículo científico). Recuperado de *Revista Científicas Complutenses*. Universidad Complutense de Madrid. *Anales de geografía*. Volumen 34 (2). Madrid, España: <https://revistas.ucm.es/index.php/aguc/article/viewfile/47071/44140>; [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_aguc.2014.v34.n2.47071](http://dx.doi.org/10.5209/rev_aguc.2014.v34.n2.47071)
- Castilla, E., Millán, E., y Mercado, J. (2016). Relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nemátodos de vida libre (Tesis de maestría). Colombia: Universidad Sucre.
- Chaves, M. E., Avelino, J., Esquivel, A., Ferris, H., Soto, G., y Staver, C. (2014). Densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos del cultivo de café y su relación con variables agroecológicas (artículo científico). Recuperado de Repositorio institucional de Soluciones para el ambiente y desarrollo: <http://201.207.189.89/handle/11554/8114>

- Chávez, N., y Méndez, P. (2017). Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo *Radopholus* sp. Miami, EEUU: University Florida.
- Cumbicus, E., y Jiménez, R. (2012). Análisis sectorial del café en la zona 7 del Ecuador (Tesis de grado). Recuperado de Universidad Técnica Particular de Loja: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2703/1/338X1227.pdf>
- GAD-24Mayo. (2016). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de 24 de Mayo Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón 24 de mayo. Recuperado de Sistema Nacional de Información: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1360001600001\\_PDOT%20-%202015-2025%20ajuste%20SENPLADES3-ok\\_14-04-2016\\_12-41-38.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360001600001_PDOT%20-%202015-2025%20ajuste%20SENPLADES3-ok_14-04-2016_12-41-38.pdf)
- Garambel, I. (2017). Caracterización de poblaciones del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp) de las zonas productoras de café (*Coffea arabica* L) de Puno. Recuperado de Universidad Nacional del Altiplano: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9169/Garambel\\_Acurio\\_Sthewar\\_Irwin.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9169/Garambel_Acurio_Sthewar_Irwin.pdf?sequence=1)
- García, J. (2012). Densidad y diversidad de nematodos en sistemas agroforestales de café en asocio con banano y sombra de leguminosas en Jinotega, Nicaragua. Recuperado de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica: [http://agritrop.cirad.fr/569573/1/document\\_569573.pdf](http://agritrop.cirad.fr/569573/1/document_569573.pdf)
- Godoy, T. (2014). Nematodos fitoparásitos y su importancia en la agricultura. México: Manual técnico del XXVII Congreso nacional de la sociedad mexicana de fitopatología.

- Gómez, E. (2019). Identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en provincia de Loja (Tesis de grado). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- González, C. (2013). Nematofauna asociada a cultivos agrícolas. Michoacán, México: Revista informática agrícola.
- Guevara, E. (2015). Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en el distrito de Cuispes, Bongará Amazonas (Tesis de grado). Recuperado de Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1018>
- INAMHI. (2019). Anuarios meteorológicos y pronósticos del año 2018 al 2019. Instituto Nacional de Metrología e Hidrología (INAMHI). Recuperado de: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>
- INIAP. (2013). Mejora genética de café. Experiencias en Ecuador. Quevedo, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Jara, J. C. (2018). Densidad poblacional e identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del café (*Coffea arábica* L) (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. Recuperado de: [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4101/000003758T\\_AGRONOMIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4101/000003758T_AGRONOMIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lara, S. (2016). Nematodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA). Recuperado de Revista Mex. de Fitopatología Vol. 34(1): <http://www.rmfm.smf.org.mx/ojs/index.php/RMF/article/view/21>
- Leguizamon, J. (2015). Los nematodos del cafeto en Colombia y su control. Repositorio del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Recuperado de:

- <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/13/13%20Nematodos%20cafeto%20y%20control.pdf>
- Lima, I., Bravo, R., y Aguilar, M. (2017). Densidad poblacional de nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L) en las regiones de Puyo y Cusco. Puno, Perú: Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Altiplano de Puno Perú. Rev. investig. Altoandin. vol.19 no.3.
- López, J. (2013). Densidad de siembra. Una estrategia sostenible en el cultivo de café. Asociación Nacional del Café (35). Recuperado de: [http://www.anacafe.org/glifos/images/c/c2/2013\\_36\\_El\\_Cafetal.pdf](http://www.anacafe.org/glifos/images/c/c2/2013_36_El_Cafetal.pdf)
- Lucas, V., y Piguave, C. (2018). Evaluación de la producción de variedades e híbridos de *Coffea arabica*. Recuperado de Universidad Estatal de Manabí: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1283/1/UNESUM-ECUADOR-AGROPECUARIA-2018-13.pdf>
- MAG. (2013). Semilla de café importada de Brasil se destinará a cantones cafetaleros de Loja. Recuperado de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/semilla-de-cafe-importada-de-brasil-se-destinara-a-cantones-cafetaleros-de-loja/>
- Mayta, M. (2017). Caracterización isoenzimática y distribución del nemátodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en San Juan del Oro, Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado: [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7625/Mayta\\_Mamani\\_Maritza\\_Maribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7625/Mayta_Mamani_Maritza_Maribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Medina, M., y Luna, R. (2013). Análisis de la cadena del café y estrategia de mejoras para el sector caficultor en la provincia de Manabí. Guayaquil, Ecuador: Tesis de grado. Univ. Polit. Salesiana.

- Meza, P. (2017). Nematodo lesionador. Colombia: Ficha técnica 10. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Molina, R., y Ortega, L. (2014). Identificación y caracterización de *Meloidogyne mayaguensis* (Nemata: *Meloidogynidae*) en el cafeto en Cuba. Cuba: Tesis de grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez.
- Morgan, F. (2018). Nematode parasites of Coffee, Cocoa and Tea. Chapter 12 Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agricultura.
- Obando, C. (2014). Biodiversidad de comunidades de nematodos asociados a café (*Coffea arabica* L.). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2753/1/Trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%20.pdf>
- Ocaña, J. (2018). Identificación de género y poblaciones de nematodos fitoparásitos presentes en cuatro fincas productoras de maíz (*Zea mays*) en la zona de Vinces. Recuperado de Universidad de Guayaquil. Ecuador: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33303/1/tesis%20-%20original-%20jorge%20oca%20le%20septiembre%202018.pdf>
- Orellana, G. (2015). Efectos de cuatro dosis de biol en la productividad del café en Milagro, Guayas. Milagro, Ecuador: Tesis de grado. Universidad Agraria del Ecuador.
- Ortíz, R., Guzmán, O., y Leguizamón, J. (2015). Manejo integrado del nematodo del nudo radical (*Meloidogyne incognita* y *M. mayaguensis*) en almácigos de guayabo variedad palmira ICA-1. Manizales, Colombia: Biology Cientific Museum History National. Universidad de Calda 19(2). Recuperado de:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30682015000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682015000200007).

- Pérez, F., Cruz, D., y Poma, E. (2017). Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffe arabica*). Recuperado de Artículo científico. Scielo Bolivia. Rev. Inv. e Inn. Agrop. y de Recur. Nat. Vol 4. N.1 p. 53-59: [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1\\_a07.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1_a07.pdf)
- Rivera, F. (2017). Efficacy of biocontrol agents against *Pratylenchus coffeae* and *Meloidogyne incognita*. Caracas, Venezuela: 1st International Congress on Musa: Harnessing research to improve livelihoods.
- Rojas, M., y Salazar, L. (2013). Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de Almacigo de café variedad Caturra. Recuperado de Artículo científico. Scielo. Agron. Costarricense vol 37. N.2 San Pedro de Montes de Oca: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242013000200010](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000200010)
- Ruiz, J., Idrogo, G., y Vásquez, J. (2016). Influencia de la sombra y la fertilización en la densidad poblacional de *Meloidogyne* en *Coffe arabica* variedad catimor. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de ingeniería y ciencias agrarias. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1026/INFLUENCIA%20EN%20LA%20SOMBRA.pdf?sequence=1>
- Sikora, R., Luc, M., y Bridge, J. (2015). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI Publishing; CAB International; CABI Pub.
- Torres. (2015). Alternativas de control del nematodo del Quiste (*Globodera pallida*) en el cultivo de papa. El Triunfo, Ecuador: Monografía. Universidad Agraria del Ecuador.

- Torres, F. (2016). Diagnóstico de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica*) en la zona de San Jacinto del Búa, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Guayaquil, Ecuador: Tesis de grado. Universidad Agraria del Ecuador.
- Vera, N. (2014). Nematodes attacking coffee, tea and cocoa, and their control (artículo científico). Recuperado de Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTE) de Lima, Perú: [http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/123/1/vera\\_on.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/123/1/vera_on.pdf)
- Zapata, O., y Jiménez, J. (2016). Evaluación agro morfológica de dos variedades de café arábica. Guaranda, Ecuador: Artículo científico. Universidad Estatal de Bolívar. Rev. de Inv. Talentos III (2): 43-50.

## 9. Anexos

**Tabla 10. Densidad poblacional de nematodos fitoparásitos**

Género nematodos fitoparásitos	Suelo (100 cc)	Raíces (5 g)
<i>Meloidogyne sp</i>	26.8	20.8
<i>Pratylenchus sp.</i>	4.2	3.4
<i>Helicotylenchus sp.</i>	9.2	3

Encontrados en suelo y raíces de café (Bongará, Amazonas)  
Guevara, 2015

**Tabla 11. Población de los géneros de nematodos fitoparásitos**

Textura	Muestra	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>
		(%)	(%)	(%)
Franco-arenoso	Suelo	68.86	6.96	24.18
	Raíces	84.76	7.35	7.88
Franco-arcilloso-arenoso	Suelo	50.12	13.69	36.16
	Raíces	37.03	37.96	25
Franco	Suelo	39.21	11.11	49.67
	Raíces	62.24	29.59	8.16
Arenoso	Suelo	92.93	2.17	4.89
	Raíces	91.52	3.38	5.08

En muestras de suelo y raíces de acuerdo a la textura del suelo  
Guevara, 2015

**Tabla 12. Promedio de las principales características morfológicas**

Género	Longitud (µm)	Diámetro del cuerpo en la región ecuatorial (µm)	Longitud del estilete (µm)
<i>Meloidogyne sp</i>	392	15.8	15.9
<i>Pratylenchus sp.</i>	695	24.9	16.5
<i>Helicotylenchus sp.</i>	648	25.3	24.3
<i>Criconemella sp.</i>	207	28.7	16.2
Vida libre	372-503	14 - 36	-

Medidos en micrómetros de nematodos según los géneros identificados  
Pérez, et al 2017

**Tabla 13. Población de nematodos por género identificado**

Género	Raíces		Suelo	
	Zona baja	Zona alta	Zona baja	Zona alta
<i>Meloidogyne sp</i>	22636	18132	291	204
<i>Pratylenchus sp.</i>	2542	3683	146	127
<i>Helicotylenchus sp.</i>	2185	2771	118	91
<i>Criconemella sp.</i>	38	212	108	145
Vida libre	374	330	550	584

En 100 g de suelo y 25 g de raíces  
Pérez *et al.* 2017

**Tabla 14. Valores de los límites de tolerancia y umbrales económicos**

Cultivo	Nematodo	Límite de tolerancia	Umbral económico
Coles	<i>Meloidogyne sp</i>	10	50
	<i>Pratylenchus sp</i>	200	100
Frutales hueso	<i>Meloidogyne sp</i>	100	200
	<i>Pratylenchus sp</i>	100	300
Vid	<i>Meloidogyne sp</i>	200	200
	<i>Pratylenchus sp</i>	200	300

Para algunos cultivos y nematodos fitopatógenos  
Jara, 2018

**Tabla 15. Frecuencia (%) poblacional de nematodos fitoparásitos**

Cantón	Loja		Quilanga		Olmedo		Puyango	
	pa	pb	pa	pb	pa	pb	pa	Pb
Géneros nematodos								
<i>Meloidogyne sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pratylenchus sp.</i>	0	0	0	50	0	33	50	50
<i>Helicotylenchus sp.</i>	0	0	75	50	67	40	50	100

En 10 g de raíces  
Gómez, 2019

**Tabla 16. Frecuencia poblacional de nematodos fitoparásitos**

Cantón	Loja		Quilanga		Olmedo		Puyango	
	pa	pb	pa	pb	pa	pb	pa	pb
Géneros nematodos								
<i>Meloidogyne sp</i>	0	0	0	9	0	0	0	0
<i>Pratylenchus sp.</i>	14	6	37	0	44	14	45	29
<i>Helicotylenchus sp.</i>	20	6	32	61	0	68	27	71

En 100 cc de suelo  
Gómez, 2019

**Tabla 17. Porcentaje promedios de nematodos encontrados en raíz**

Lote/año	<i>Helicotylenchus</i> <i>sp</i>	%	<i>Meloidogyne</i> <i>sp</i>	%	<i>Pratylenchus</i> <i>sp</i>	%
Lote 1: 5 años	0	0	0	0	0	0
Lote 4: 6 años	100	100%	0	0	0	0
Lote 2: 7 años	100	20%	100	20%	300	60%
Lote 3: 8 años	0	0	0	0%	0	0
Lote 5: 8 años	0	0	100	100%	0	0
Total	200	0	200	0	300	0
Promedio	40.00	24%	40.00	24%	60.00	12%

En 10 gramos de raíces  
Cantos, 2020

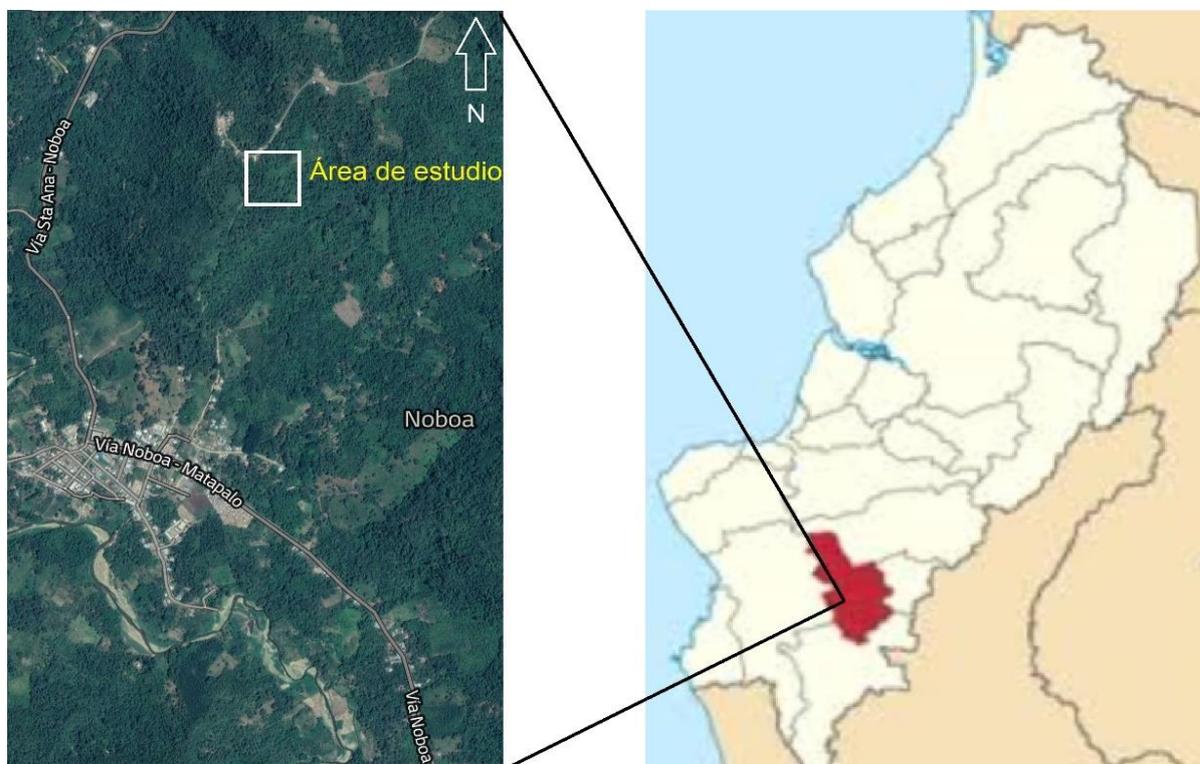


Figura 7. Área de estudio en la provincia de Manabí  
Google mapas, 2019

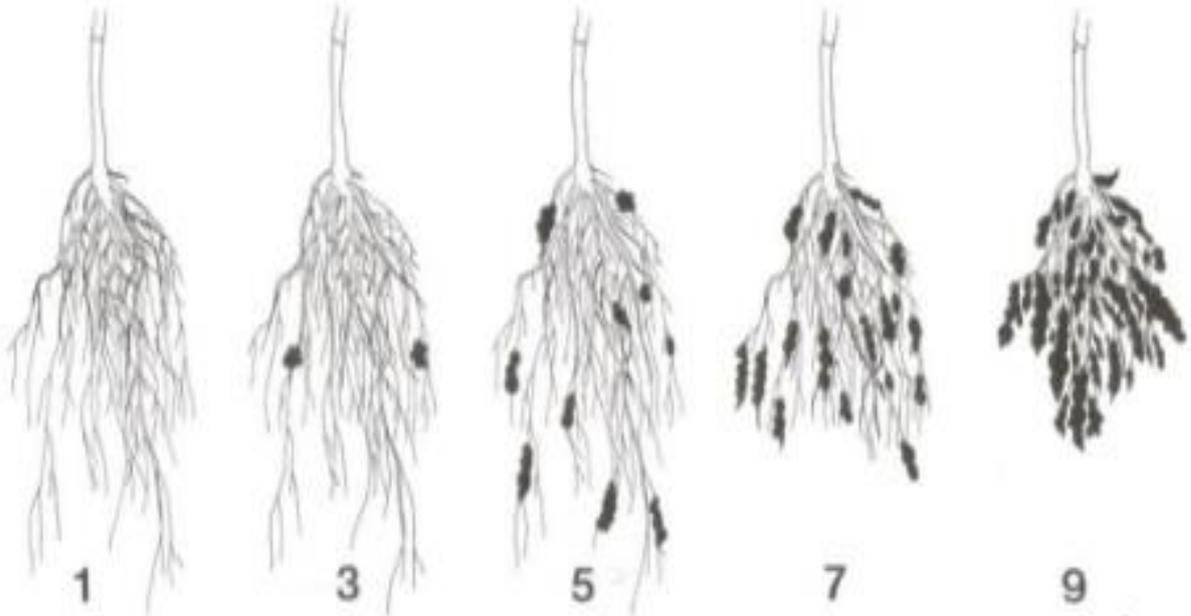


Figura 8. Diagrama para estimar los daños causados por nematodos del nudo  
Ortiz, Guzmán, y Leguizamón, 2015

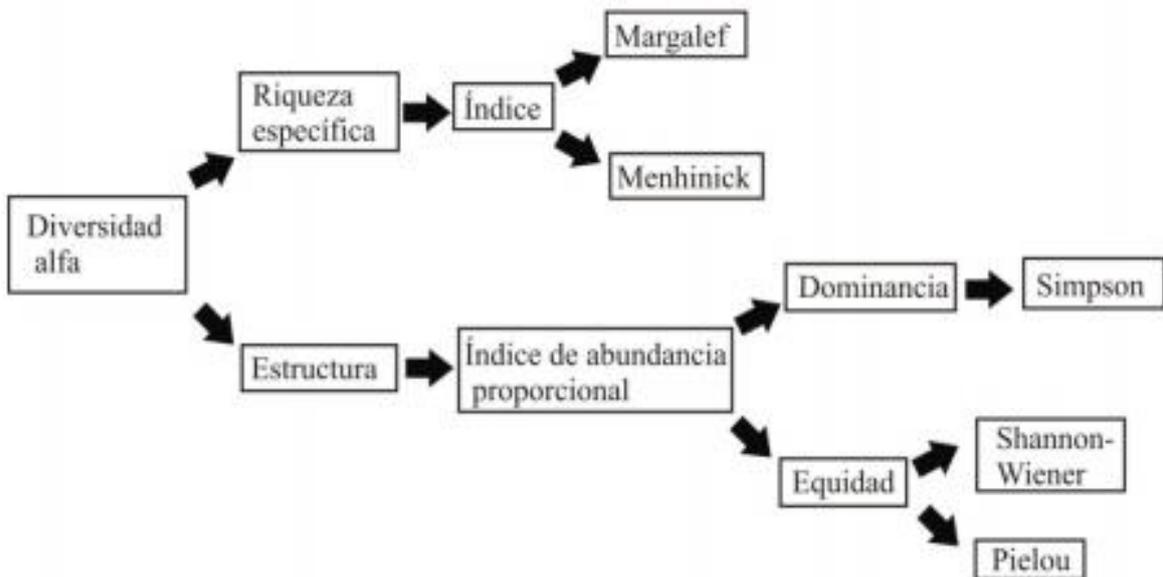


Figura 9. Métodos para evaluar la diversidad alfa  
Fuente: Campo y Duval, 2014

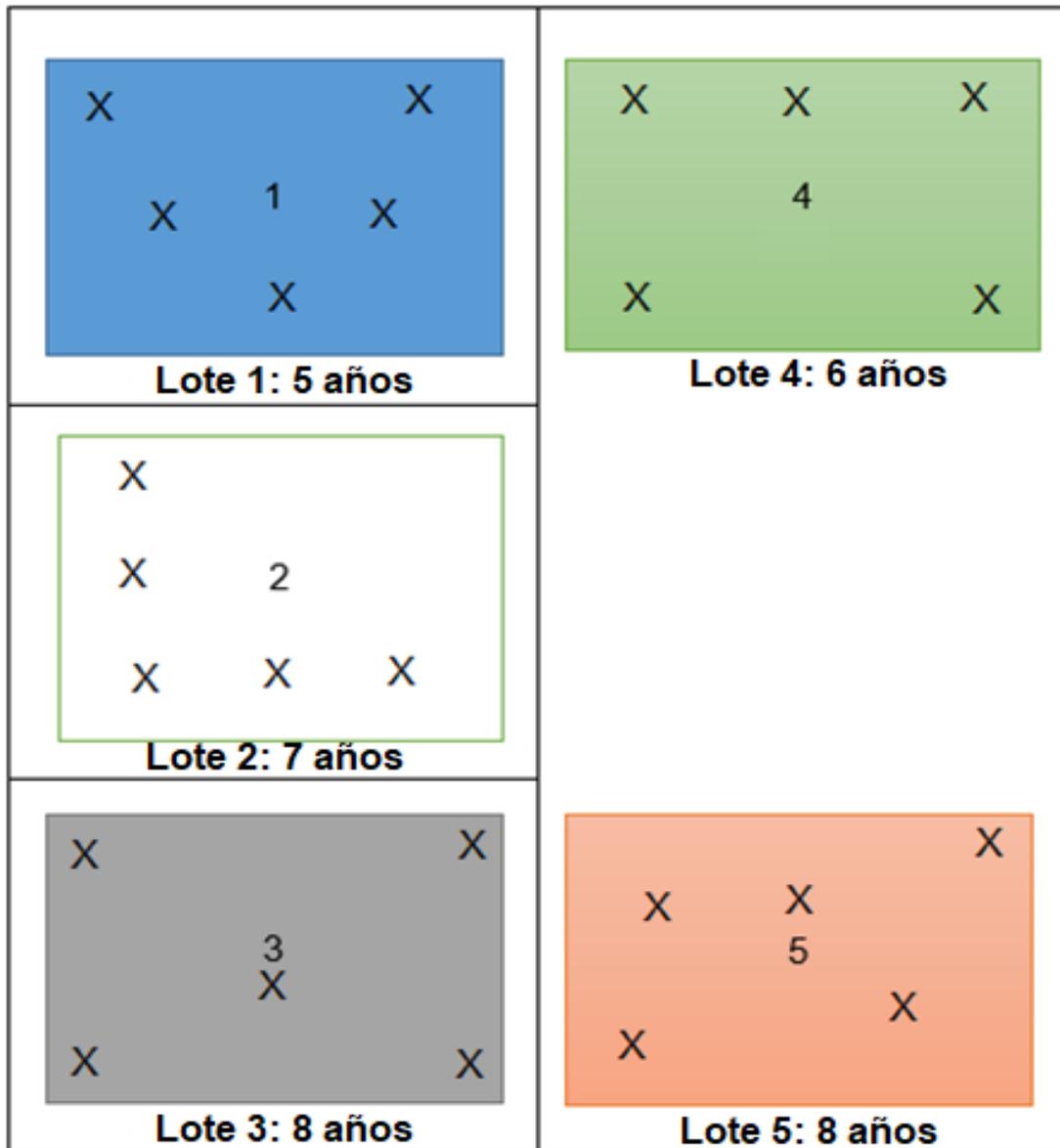


Figura 10. Croquis para la toma de muestra en suelo y árboles de café Cantos, 2020

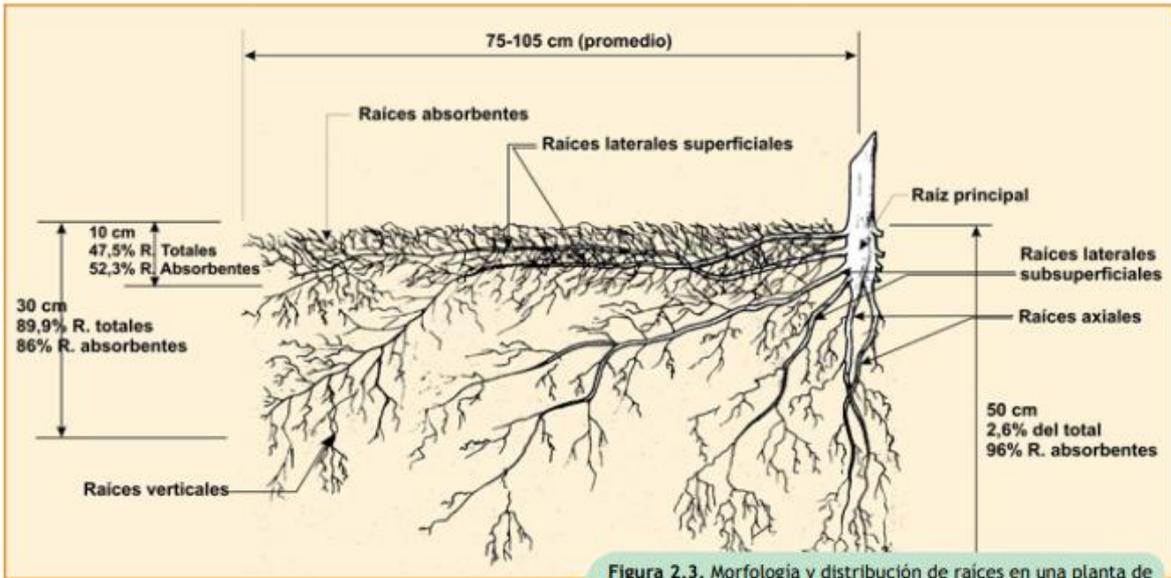


Figura 2.3. Morfología y distribución de raíces en una planta de *C. arabica* L. (Adaptado de Suárez de Castro, 1953).

Figura 11. Morfología y distribución de raíces de la planta de *C. arabica* L. Arcila, 2017

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre	: EVELIN MELISA CANTOS ALVARADO	Nombre	: FINCA CANTOS	Informe No.	: 22492
Dirección	: URB. GIRASOLES	Provincia	: MANABI	Responsable Muestreo	: Cliente
Ciudad	: GUAYAGUIL	Cantón	: 24 DE MAYO	Fecha Muestreo	: 09/09/2019
Teléfono	: 0990395976	Parroquia	: NOBOA	Fecha Ingreso	: 10/09/2019
Fax	: N/E	Ubicación	: RECTO. RESBALON	Fecha Emisión	: 02/10/2019
				Factura No.	: 05614
				Fecha Emisión	: 30/09/2019
				Fecha Impresión	: 02/10/2019
				Cultivo Actual	: CAFE
				Condiciones Ambientales	: T°C:22.3 %H: 52.0

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			Clase Textural	meq/100ml			mS/cm	pH	meq/100ml												
		Arena	Limo	Arcilla		* Al+H	* Al	* Na			* M.O.	K	* Ca	* Mg	3 Bases	Ca	Mg	Ca+Mg					
71090	MUESTRA DE SUELO	36	34	30	Franco-Arcilloso				2.40	B	0.72	A	19.12	A	4.12	A	23.95	4.64	M	5.74	M	32.37	M

Interpretación		Metodología		Extracción		Niveles de Referencia Opcionales Medio (ug/g)	
Al = Adrenado	NS = No Saturado	C.E. Conductividad Directa	M.O. Método Orpimer	CIC	Acidulo de Arseno	Log. Titrim. emp. (10ml)	Log. Salino (10ml)
LT = Ligeros Titrim.	S = Saturado	M.D. Método Orpimer	CIC. Capacidad de Intercambio Catiónico	Nr	Cloruro de Bario	Al+H	C.E.
T = Titrim.	MS = Muy Saturado			C.E.	Carbido de calcio sulfuro	K	M.O.
						Na	Ca+Mg

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre	: EVELIN MELISA CANTOS ALVARADO	Nombre	: FINCA CANTOS	Informe No.	: 22492
Dirección	: URB. GIRASOLES	Provincia	: MANABI	Responsable Muestreo	: Cliente
Ciudad	: GUAYAGUIL	Cantón	: 24 DE MAYO	Fecha Muestreo	: 09/09/2019
Teléfono	: 0990395976	Parroquia	: NOBOA	Fecha Ingreso	: 10/09/2019
Fax	: N/E	Ubicación	: RECTO. RESBALON	Fecha Emisión	: 02/10/2019
				Factura No.	: 05614
				Fecha Emisión	: 30/09/2019
				Fecha Impresión	: 02/10/2019
				Cultivo Actual	: CAFE
				Condiciones Ambientales	: T°C: 22.3 %H: 52.0

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/g																					
			* NH4	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl										
71090	MUESTRA DE SUELO	6.3 LAc	14	B	28	A	280	A	3824	A	501	A	5	B	2.3	M	3.6	M	77	A	25.0	A	0.70	M

Interpretación		Metodología		Extracción		Niveles de Referencia Opcionales Medio (ug/g)		
NH4: P, K, Ca, Mg, S	MS = Muy Acido	N = Neutro	pH 4. P	Colorimetrico	Orpimer	K, Ca, Mg	Acidimetrico	Medicacion
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	L/R = Lig. Alcalino	K, Cu, Fe, Mn	Atmosfera	pH 8.5	S	Turbidimetrico	Puntos de Cu
B = Bajo	MSAc = Med. Acido	MSAl = Med. Alcalino	S	Volumetrico	Fluorimetrico	B	Colorimetrico	Fluorimetrico
M = Medio	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino	Cl	Volumetrico	Fluorimetrico	Cl	Colorimetrico	Fluorimetrico
A = Alto	PH = Pac. Neutro	NC = Neutro Cal	pH	Potenciometrico	Suor. agua (12.5)			

Figura 12. Análisis de suelo Cantos, 2020

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR  
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**

**RESULTADO NEMATOLÓGICO**

<b>CULTIVO:</b>	CAFÉ	<b>PLANTAS/MUESTRA:</b>	-
<b>PROPIETARIO:</b>	SR. YIMI CANTOS	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/09/19
<b>REMITENTE:</b>	SRA. MELISA CANTOS	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	10/09/19
<b>PREDIO:</b>	FINCA CANTOS	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	10/09/19
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	MANABÍ	<b>No. MUESTRAS:</b>	5
<b>SITIO DE MUESTREO:</b>	-		

Tipo de Muestras: Suelo ( ) Raíces ( X ) Otros ( )

Identificación	Nemátodos 10 gramos de raíces	
	Lote 1R	Sin presencia de nemátodos
Lote 2R	<i>Meloidogyne</i> sp. <i>Helicotylenchus</i> sp. <i>Pratylenchus</i> sp.	100 100 300
Lote 3R	sin presencia de nemátodos	
Lote 4R	<i>Helicotylenchus</i> sp.	100
Lote 5R	<i>Meloidogyne</i> sp.	100

  
-----

**Ing. Alex Delgado Párraga**  
Responsable de Análisis/Dpto. Producción y Servicios

Figura 13. Análisis nematológico de las raíces  
INIAP, 2019

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR  
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**

**RESULTADO NEMATOLÓGICO**

<b>CULTIVO:</b>	CAFÉ	<b>PLANTAS/MUESTRA:</b>	-
<b>PROPIETARIO:</b>	SR. YIMI CANTOS	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/09/19
<b>REMITENTE:</b>	SRA. MELISA CANTOS	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	10/09/19
<b>PREDIO:</b>	FINCA CANTOS	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	10/09/19
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	MANABÍ	<b>No. MUESTRAS:</b>	5
<b>SITIO DE MUESTREO:</b>	-		

Tipo de Muestras: Suelo ( x ) Raíces ( ) Otros ( )

Identificación	Nemátodos 100 cm3 de suelo		
	Lote 1 S	<i>Meloidogyne</i> sp. <i>Helicotylenchus</i> sp.	50 100
Lote 2 S			NVL 300
Lote 3 S			NVL 100
Lote 4 S			NVL 450
Lote 5 S	<i>Helicotylenchus</i> sp.	50	NVL 150

\*NVL nemátodos de vida libre

  
-----

**Ing. Alex Delgado Párraga**  
Responsable de Análisis/Dpto. Producción y Servicios

Figura 14. Análisis nematológico del suelo  
INIAP, 2019

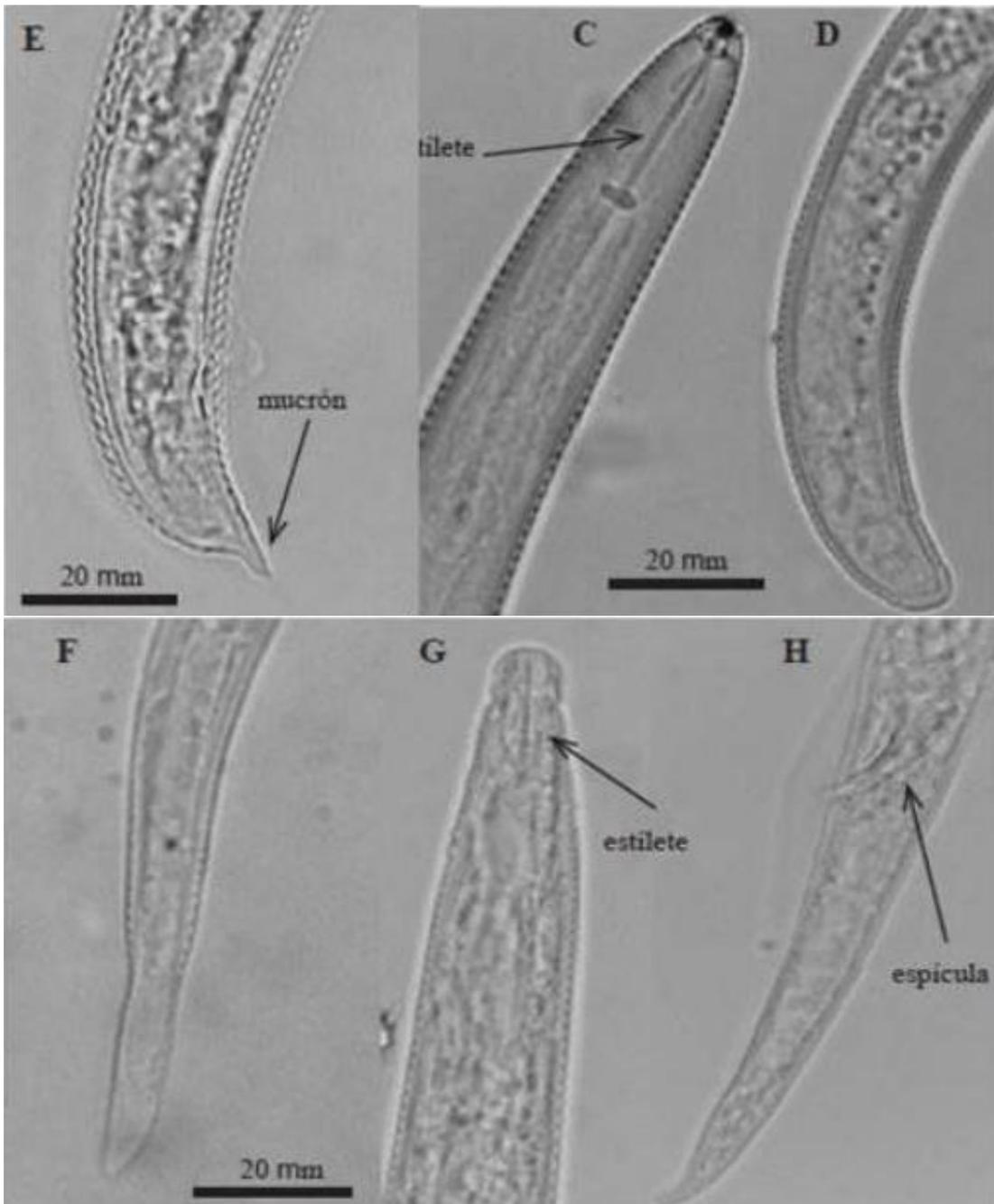


Figura 15. Foto microscópica para identificación del género *Helicotylenchus* Lara, 2016



Figura 16. Planta de café a los 5 años Cantos, 2020



Figura 18. Planta de café a los 7 años Cantos, 2020



Figura 17. Planta de café a los 6 años Cantos, 2020



Figura 19. Planta mayor a 8 años Cantos, 2020



Figura 20. Observación de las raíces de la planta de café (*Coffea arabica* L.) Cantos, 2020



Figura 21. Tomas de muestras para su respectivo análisis *in situ* Cantos, 2020



Figura 22. Mediciones realizadas para la extracción de la muestra Cantos, 2020



Figura 23. Observación de las raíces *in situ* Cantos, 2020



Figura 24. Constatación del peso de la muestra para envío  
Cantos, 2020