



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).”

AUTOR:

Marx Alejandro Zapata Villacis

TUTOR:

Ing. Agr. Emma Dorila Lombeida García, MSc.

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2021

RESUMEN

Principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

Esta investigación fue realizada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de dar a conocer cuáles son los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp). Los nematodos son importantes en el cultivo de café, los mismos que afectan durante todo el ciclo del cultivo y poseen la capacidad de adaptarse en diversas regiones. Entre las especies de nematodos más importantes que afectan el sistema radicular del cultivo de café se encuentran las del género *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Helicotylenchus* spp. Los nematodos fitoparasitos en el cultivo de café pueden causar varios síntomas como amarillamiento, caída de las hojas, crecimiento lento, marchitamiento, baja producción y agotamiento, los mismos que se presentan por sectores dentro de la plantación. Los nematodos fitoparasitos que afectan la producción de café pueden ser controlados de forma eficiente mediante el control químico aplicando Namacur® 400 CE (Fenamifos) en dosis de 6 L/ha. El uso de microorganismos como *Trichoderma* spp. y *P. lilacinum*, deben ser considerados en los programas de manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café. Las bacterias rizogénicas *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. logran reducir significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café. La aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostraron potencial promisorio para el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café. En la siembra y formación de plantas de café en viveros, el proceso de solarización del suelo, es un método cultural eficaz para disminuir las poblaciones de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus*. La aplicación de enmiendas orgánicas como la gallinaza y pulpa de café para el control de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp en el cultivo de café, incrementa la tolerancia a estos nematodos, debido al aumento de la masa radicular, y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Palabras claves: Café, nematodos, síntomas, daños, control.

SUMMARY

Main associated nematodes in coffee cultivation (*Coffea* spp).

This research was carried out by means of the analysis, synthesis and summary technique, in order to present the results of the main associated nematodes in coffee cultivation (*Coffea* spp). Nematodes are important in coffee cultivation, the same as during the entire crop cycle and have the ability to adapt in various regions. Among the most important nematode species to see the root system of coffee crops are those of the genus *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Helicotylenchus* spp. Phytoparasitic nematodes in coffee cultivation can cause various symptoms such as yellowing, leaf fall, slow growth, wilting, low production and depletion, the same that occur by sectors within the plantation. Phytoparasitic nematodes that affect coffee production can be efficiently controlled by chemical control applying Nematicur® 400 CE (Fenamiphos) in doses of 6 L / ha. The use of microorganisms such as *Trichoderma* spp. and *P. lilacinum*, should be treated in the phytoparasitic nematode management programs in coffee cultivation. The rhizogenic bacteria *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. they manage to significantly reduce the populations of phytoparasitic nematodes in coffee cultivation. The application of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* carried out promising potential for the control of *Meloidogyne* spp. in coffee seedlings. In the planting and formation of coffee plants in nurseries, the soil solarization process is an effective cultural method to reduce the populations of *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. and *Helicotylenchus*. The application of organic amendments such as chicken manure and coffee pulp to control *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. and *Helicotylenchus* spp in coffee cultivation, increases tolerance to these nematodes, due to increased root mass, and greater availability of nutrients in the soil.

Keywords: Coffee, nematodes, symptoms, damage, control.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Fundamentación teórica.....	4
1.5.1. Importancia del cultivo de café	4
1.6. Nematodos fitoparasitos.....	5
1.7. Géneros de nematodos fitoparasitos en el cultivo de café.....	6
1.7.1. <i>Meloidogyne</i> sp	6
1.7.1.1. Síntomas	7
1.7.2. <i>Helicotylenchus</i> sp.....	8
1.7.2.1. Síntoma.....	9
1.7.3. <i>Pratylenchus</i> sp	9
1.7.3.1. Síntoma.....	9
1.8. Daños de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de café	10
1.9. Métodos de control.....	11
1.9.1. Control químico	12
1.9.2. Control biológico.....	12
1.9.3. Control cultural	14
1.10. Hipótesis.....	14
1.11. Metodología de la investigación	15
CAPITULO II.....	16
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. Desarrollo del caso	16
2.2. Situaciones detectadas	16
2.3. Soluciones planteadas	16
2.4. Conclusiones	17

2.5. Recomendaciones	18
BIBLIOGRAFÍA	19

INTRODUCCIÓN

El cultivo de café es un arbusto originario de Etiopia, perteneciente a la familia de las rubiáceas, con una altura entre 2 y 12 m, llegando a vivir cerca de 50 años. De acuerdo a las condiciones del clima y región, se pueden establecer diferentes tipos de cafetos con características genéticas diversas. Existen diversas especies, entre ellas están las más importantes y cultivadas de interés económico tales como *C. arábica* y *C. canephora* (Cajape 2020).

El café es uno de los cultivos más importantes actualmente, debido a su exportación mundial, reportándose que, en el 2019, los países con mayor producción fueron Brasil, Vietnam y Colombia, teniendo como principal productor a Brasil con una producción anual de 3 millones de toneladas (FAO 2020).

La producción de café en el Ecuador, se concentra en las provincias de la región costa como El Oro, Guayas, Esmeraldas, Los Ríos, Manabí, en la región oriente están Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza; en la región sierra están Loja, Bolívar, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi. Existe una superficie sembrada de 200.000 hectáreas (El Productor 2018).

En los últimos años las plantaciones de café se han visto afectadas por diversos factores que inciden en la producción cafetalera, tales como plagas y enfermedades. Dentro de las plagas que atacan al cultivo de café están los nematodos fitoparasitos, que son considerados gusanos microscópicos incoloros que se alojan en las raíces secundarias de las plantas (Pérez *et al.* 2017).

Los nematodos son importantes en el cultivo de café, los mismos que afectan durante todo el ciclo del cultivo y poseen la capacidad de adaptarse en diversas regiones. Entre las especies de nematodos más importantes que afectan el sistema radicular del cultivo de café se encuentran las del género *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp., *Helicotylenchus* spp. (Cantos 2020).

La presencia de nematodos en las raíces de las plantas de café, debilita el anclaje de las plantas afectando sus raíces, presentándose quistes como nódulos, lo cual indica la presencia de nematodos, en donde si no se aplica un control oportuno, la calidad de la planta y del fruto se desmejora considerablemente, disminuyendo el valor nutricional y comercial del café (Puma 2021).

El presente trabajo se desarrolló para adquirir y mejorar los conocimientos sobre los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

CAPITULO 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente a los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea spp*).

Los nematodos fitoparásitos son importantes en el cultivo de café, debido a los efectos negativos que ocasionan, en cuanto al debilitamiento de la planta y calidad del fruto.

1.2. Planteamiento del problema

El café es catalogado un cultivo parte de la economía de muchas familias, debido a que fomenta el empleo, representando una fuente monetaria en las zonas rurales. Su producción se da en monocultivo y en asociación con otros cultivos tales como cacao, frutales y plátano. Dentro del desarrollo y crecimiento del cultivo de café se presentan diversas plagas y enfermedades, que afectan su proceso productivo, entre estas están, los nematodos fitoparasitos que pueden ocasionar daños directos en el sistema radicular de las plantas de café, debilitándola y desmejorando la calidad del fruto, al igual que daños indirectos permitiendo la entrada de patógenos e insectos.

1.3. Justificación

Algunos estudios realizados en zonas productoras de café en el Ecuador han demostrado la existencia de nematodos fitoparasitos asociados en el cultivo de café; por ello es importante reconocer cuales son las especies de nematodos que afectan el normal desarrollo del sistema radicular del cultivo de café, al igual que sus síntomas y daños que han provocado pérdidas en la producción de café,

también es importante conocer ciertas alternativas de control que permitan incrementar la producción de manera sustentable.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar los principales nematodos asociados en el cultivo de café.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar los principales síntomas y daños causados por nematodos fitoparasitos en el cultivo de café.
- Describir un plan de manejo integrado de nematodos fitopatógenos que afectan al cultivo de café.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Importancia del cultivo de café

El cultivo de café es considerado tradicional y estratégico, con aproximadamente doscientos años de estar presente en la agricultura. Por ende, la producción de café, es una fuente generadora de empleos tanto directos como indirectos y de divisas para los países que lo producen, así como para la conservación de la biodiversidad. Su importancia desde el punto de vista económico, social y productivo, es un factor determinante para el desarrollo de programas y apoyos al sector cafetalero (CEDRSSA 2019).

Se reportó que en los 52 de los países productores de café, las exportaciones no solo constituyeron para muchos países una fuente de divisas de vital importancia para su economía, sino que además formaban una parte considerable del Producto Interno Bruto (PIB), así como del impuesto sobre la renta (SRI) derivado de la comercialización de este producto (Figueroa *et al.* 2019).

1.6. Nematodos fitoparasitos

Los nematodos fitoparasitos son animales multicelulares, microscópicos, mismos que presentan una calificación definida como endoparásitos o ectoparásitos y como sedentarios o migratorios, según su forma de vida en relación con la planta que parasita (Rivillas 2017).

Los nematodos fitoparásitos provocan daños severos en muchos cultivos, en donde varios géneros y especies de nematodos pueden estar presentes, los mismos que causan una fuerte reducción del rendimiento y calidad de los cultivos. Se los considera los más importantes y numerosos de toda la fauna del suelo, con una existencia de más de 40.000 especies de nematodos, de las cuales 1.600 son parásitos de plantas, teniendo una estimación que en 1m² de suelo existe 5 millones de nematodos (Cajape 2020).

La mayor parte los nematodos son generalmente alargados y cilíndricos. Las hembras adultas de algunas especies fitoparásitas, cambian su forma cilíndrica por la de saco, riñón u otras, presentando un dimorfismo sexual entre la hembra y el macho, aunque en otros casos el macho es quien presenta diferencias menos marcadas (Ocaña 2018).

Es muy importante considerar para el desarrollo de los nematodos tres puntos importantes tales como: la aireación, la temperatura y la humedad del suelo, todas estas condiciones permiten la propagación de forma más rápida de nemátodos infectando la zona vegetativa. Los nemátodos que afectan el tallo son típicamente introducidos en invernaderos y afectan principalmente a plantas enraizadas, debido a que en ocasiones no hay el cuidado respectivo de las herramientas o maquinarias agrícolas manchadas por partículas de suelo que están contaminadas por los nematodos, que al ser utilizadas causan su contaminación y diseminación (Ocaña 2018).

1.7. Géneros de nematodos fitoparasitos en el cultivo de café

Los nematodos fitoparásitos son los responsables de pérdidas de gran significancia en los rendimientos, al igual que las perdidas indirectas que provocan, mitigando el desarrollo normal del cultivo de café y su máximo potencial productivo, debido a la obstrucción del paso de nutrientes disponibles en el suelo, lo que influye directamente en la producción (Balaña 2015).

Se mencionan que los principales géneros de nematodos fitoparásitos del café, son *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp y *Helicotylenchus* spp (Balaña 2015).

Se reportó la presencia de nematodos fitoparásitos en café, encontrándose a dos géneros, *Meloidogyne exigua*, responsable de las agallas en raíces y a *Pratylenchus coffeae* como responsable de las lesiones en raíces (Ramírez 2016).

El género *Meloidogyne* es el nematodo más importante en el cultivo de café, en donde están las especies *M. exigua*, *M. incognita* y *M. javanica*, siendo identificadas con un porcentaje de infestación del 100 % en muestras de suelos y raíces, al igual que también se hace mención de la presencia de altas poblaciones de los géneros *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Xiphinema* y *Pratylenchus* entre otros géneros de nematodos fitoparásitos de interés (Atarvia y Peraza 2020).

1.7.1. *Meloidogyne* sp

Los fitonematodos ocasionan daños en las raíces en la mayoría de las fincas cafetaleras ubicadas en América Central. Los nematodos que generan los mayores problemas fitosanitarios de importancia económica pertenecen al género *Meloidogyne*. Dentro de este género se destacan principalmente las especies *M. exigua* y *M. incognita* (Humphreys et al. 2014).

Los nematodos nodulares son endoparásitos sedentarios, cosmopolitas, se establecen tanto en ambientes tropicales como templados, asociados con otros patógenos, que ocasionan enfermedades complejas. Representan el género de mayor impacto económico en el cultivo de café. Las diferentes especies de los nematodos nodulares tienen el mismo ciclo de vida. Las hembras tienen una forma esférica periforme de 0,5-0,7mm de diámetro, con una coloración característica blanca-perlada, gradualmente aumentan de tamaño y producen una matriz gelatinosa, generalmente se reproducen por partenogénesis y algunas especies por anfimixia, las hembras requieren aproximadamente tres semanas para producir los huevos y luego completar el ciclo. Los machos son ausentes, vermiformes de 1-2 mm de largo, cola corta, fecundan la hembra y luego abandonan la raíz, poseen un estilete fino, no se alimentan debido a su esófago poco desarrollado (Lima y Casa 2016).

Estos fitonematodos poseen una cutícula cefálica fuerte lo que permite el traslado en los tejidos vegetales, poseen un desplazamiento por el interior de las raíces y degradando sustancias vegetales como fenoles y amigdalina, para luego transformarla en ácido cianhídrico (HCN), bloqueando la importancia de electrones provocando la muerte de la planta por la carencia de la respiración celular (Castilla *et al.* 2017).

1.7.1.1. Síntomas

Los síntomas primarios de *M. exigua* son las nodulaciones enteras de color de la raíz normal, que pueden alcanzar 5 mm de diámetro, ubicadas en raíces laterales, sin provocar su deterioro. Se puede encontrar nudos visibles en la raíz pivotante cuando la semilla germina en suelo infestado por nematodos, en donde los semilleros de cafeto, suelen ser infestados por la utilización de suelos infestados con nematodos. Las masas de huevos de estos nematodos en encuentran en las nodulaciones (Leguizamón 2017).

Los síntomas secundarios frecuentemente observados son reducción en altura y desarrollo, mayor incidencia de mancha de hierro. Estos síntomas se acentúan más después de los tres meses de la siembra de las plantas cotiledonares. No son muy visibles cuando el almacigo está bajo sombra. La severidad del daño de *M. exigua* es menos cuando las nodulaciones son enteras, es decir que no producen ruptura en los tejidos que permitan la entrada a otros microorganismos del suelo, teniendo en cuenta que la mayor densidad de ataque se presenta en las raíces laterales (Otiniano *et al.* 2018)

Los nematodos noduladores *M. incognita* y *M. javanica*, ocasionan nudosidades necrosadas parcial o totalmente, de menor tamaño que las causadas por *M. exigua*. En ataques avanzados en plantas de tres o más meses de edad se observan agrietamientos longitudinales, necróticos en las raíces laterales y pivotante. Este aspecto puede hacerse visible en el cuello de la planta, en ataques muy severos. Las plantas afectadas por estas dos especies de *Meloidogyne* presentan poca cantidad de raíces laterales, la raíz pivotante se deforma y presenta engrosamientos fácilmente visibles, observándose un tono oscuro parcial o total del sistema radical (Leguizamón 2017).

1.7.2. *Helicotylenchus* sp

El género *Helicotylenchus* se clasifica dentro de la familia Hoplolaimidae. Poseen una forma de espiral, se los considera un ectoparásito o semi-endoparásito que ataca a las raíces de muchas plantas, entre estas las plantas de café; estos fitonematodos se alojan parcial o totalmente en las raíces donde se alimentan de las células durante varios días, provocando contusiones corticales en las raíces, su distribución es a nivel mundial. Algunas especies viven la mitad escondidas en el tejido fino de la raíz, mientras otros penetran al interior de la raíz. La especie más dañina en el cultivo de café es el *H. multincinctus* (Ravichandra 2014).

1.7.2.1. Síntoma

Es un polífago caracterizado por comportarse como ectoparásito y endoparásito migratorio completando e infectando tejido remanente del cultivo previo. Los daños suelen tener pequeñas lesiones en forma circular que al comienzo suelen ser de color café y posteriormente se van tornando de color negro, constituyéndose en áreas necróticas (Mayta 2017).

1.7.3. *Pratylenchus* sp

Este género es muy importante, comprende especies con características morfológicas parecidas que dificulta su identificación, esto debido a su gran variabilidad intraespecíficas. Se lo conoce como el nematodo de lesión radica involucrando muchas especies, tales como *P. penetrans* y *P. coffeae*, esta última especie es muy importante dentro del manejo de cultivo de café, ocasionando grandes daños. De acuerdo a sus características morfológicas poseen una región labial ligeramente desplazada con dos anillos característicos, el estilete es mayor a 15 μm , la posición de la vulva es mayor a 80%, el saco uterino post-vulvales de 1.0 - 1.5 veces el diámetro de la longitud del cuerpo, con un ovario rudimentario terminal, la cola de la hembra con la punta truncada (Aroca 2016).

1.7.3.1. Síntoma

Estos nematodos son endoparásitos migratorios pequeños y penetran por los tejidos meristemáticos (pelos absorbentes), provocando lesiones pequeñas en las raíces, luego son invadidas por otros parásitos hasta causar necrosis en el tejido. Estos fitonematodos 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 (Fancois et al. 2017).

1.8. Daños de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de café

Los nematodos pertenecen al grupo de invertebrados más numerosos sobre la tierra, son considerados de gran importancia dentro de la agricultura debido a los fitosanitarios que causan. Los daños que generan los nematodos es debido a la secreción de toxinas que inyectan al alimentarse de la planta. Esta secreción formada por toxinas afecta directamente las células del tejido vegetal provocando una necrosis, las paredes celulares se destruyen, provocan la supresión de la división celular en el meristemo apical, lo cual impide el crecimiento de las raíces (González 2016).

Los nematodos fitoparasitos que afectan al cultivo de café poseen características específicas tales como: cuerpo en forma de gusano delgado cilíndrico y alargado, con el diámetro reducido en los extremos, formado por cutícula e hipodermis, con simetría bilateral, hialinos, pseudocelomados y una pared del cuerpo donde se encuentra los sistemas digestivo, reproductor, excretor y nervioso, y tripoblastos (presencia de ectodermo, mesodermos y endodermo) (Morgan 2018).

Los nematodos fitoparasitos en café pueden generar daños indirectos como predisponer a las plantas para una posible infección por otros organismos vivos, en cual al penetrar en las raíces causan cambios fisiológicos en los tejidos de las raíces, lo que facilita la acción fitopatogena de los hongos, bacterias y virus que predominan en el suelo (Taylor 2016).

Los nemátodos fitoparásitos poseen una característica especial como la presencia de un estilete en la parte anterior de su cuerpo, siendo parte de una estructura protráctil, en donde esta aguja hipodérmica puede penetrar en la raíz, y perforar las células vegetales, afectando las raíces. Los nematodos fitoparasitos generan enfermedades que suelen ser manifestaciones características de cada

especie, en donde en el cultivo de café pueden provocar síntomas tales como agallas, proliferación de raíces secundarias, lesiones necróticas en las raíces y pobre crecimiento radicular (Caicedo 2015).

Los nemátodos ectoparásitos que afectan el cultivo de café pueden permanecer en la parte exterior de las raíces de la planta, introduciéndose a través de los pelos de las raíces, para alimentarse de ellas; también suelen alimentarse desde la superficie, pero este tipo de caso solo se hace presente en el estilo de estilete. Los nemátodos endoparásitos entran a través de las raíces de la planta, siendo los causantes de los daños irreversibles en las plantas, debido a que afectan la totalidad de la estructura corporal de la planta, son casi invisibles, logrando confundir sus síntomas, son considerandos más perjudiciales que los nematodos ectoparásitos (Reyes 2015).

Bajo circunstancias particulares los nematodos pueden causar varios síntomas como amarillamiento, caída de las hojas, crecimiento lento, marchitamiento, baja producción y agotamiento, los mismos que se presentan por sectores dentro de la plantación. Para determinar si un cultivo de café se encuentra afectada por nemátodos fitopatógenos se debe verificar varios aspectos. Se deben descartar problemas de escasa fertilización, encharcamiento de suelos, ataque de enfermedades vasculares del suelo y agotamiento por edad, entre otros (Rojas 2016).

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. Existe una diversidad de nematodos que son útiles indicadores por sus poblaciones, que son estables en respuestas a cambios en la humedad del suelo y temperatura, teniendo en cuenta los cambios en el manejo del suelo (Pérez *et al.* 2017).

1.9. Métodos de control

1.9.1. Control químico

En control químico como método de control nematológico en el cultivo de café, sigue siendo más efectivo, en la cual la mayoría de los productos químicos utilizados son nematicidas, ya sean granulares y emulsiones, los mismos que representan altos riesgos medioambientales, en donde su uso debe ser limitado siempre que existan alternativas de control (Talavera 2015).

Mediante la aplicación de Cadusafos Rugby se observaron diferencias significativas con un valor promedio de 1.82 con respecto a los demás tratamientos lo que quiere decir tuvo un efecto importante en la reducción de la producción de agallas causadas por *M. exigua* en las raíces de plántulas de café. Al igual que se logró un índice de agallas/gramo con una eficiencia del 95% de reducción de infestación del nematodo agallador *M. exigua* con este nematicida (Mancilla 2017).

En ensayos realizados para el control químico de nematodos en el cultivo de café se aplicó Namacur® 400 CE (Fenamifos) en dosis de 6 L/ha, en la cual se logró evidenciar un control sobre los nematodos *Pratylenchus* sp y *M. incognita*., presentando una efectividad de control que fluctuó de 87.47 a 92.87%, aplicación que redujo la densidad de población en un rango de 0.067-0.125 veces la población inicial, destacando con mayor eficiencia (94.82%). Con base en el resultado, la utilización del producto Namacur® 400 CE presento una alta eficiencia para el control de *M. incognita* y *Pratylenchus* sp., reduciendo la densidad de las poblaciones en el cultivo del cafeto, el mismo que puede ser utilizado como alternativa de control para estos nematodos (Cepeda *et al.* 2020).

1.9.2. Control biológico

Existen hongos que parasitan huevos de nemátodos, reduciendo las poblaciones de los mismos; estos hongos se dispersan rápidamente por el suelo y abundan en la rizosfera cerca de las estructuras reproductivas de los

fitonemátodos. Poseen una amplia adaptación al ambiente, son competidores y pueden sobrevivir períodos fuera del hospedero (Lima 2015).

Estos hongos poseen la capacidad de degradar quitina (quitinólisis) asociados directamente con el parasitismo de huevos de nemátodos. Entre las especies de hongos asociados a huevos de nematodos está la especie *Paecilomyces lilacinus*, la misma que tiene gran potencial para el control biológico de *Meloidogyne* spp. Se han encontrado en raíces de café huevos de *Meloidogyne* colonizados por este hongo que infecta constantemente huevos del nematodo, ocasionalmente ataca hembras, es efectivo en estado juvenil (J2) de especies de *Meloidogyne* spp., que es el fitonematodo más agresivo (Lima 2015).

Mediante la aplicación de un nematicida biológico denominado Nemmax, con actividad nematicida que contiene una mezcla de extractos de origen vegetal 40% (40 g L⁻¹), bacterias rizogénicas *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. se logró reducir significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café, demostrando ser una alternativa eficiente para el control de nematodos filiformes de los géneros *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. La dosis 6 L ha⁻¹ de Nemaxx resultó ser la más eficaz sin mostrar fitotoxicidad. El testigo absoluto, presentó un incremento en la población de los nematodos en estudio, a la vez el cultivo de café presentó síntomas de clorosis en las hojas y escaso desarrollo en los brotes durante todo el año (Cepeda *et al.* 2018).

Mediante la aplicación de tratamientos a base de *Trichoderma* pp. se redujo las poblaciones de los géneros *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp en el cultivo de café. El tratamiento *Purpureocillium lilacinum* fue efectivo en la reducción de poblaciones de nematodos presente en el cultivo, sin embargo, no mostró efecto sobre las poblaciones de *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp. Debido a la importancia de los nemátodos fitoparásitos para el cultivo del café, el uso de microorganismos como *Trichoderma* spp. y *P.*

lilacinum, deben ser considerados en los programas de manejo de nematodos fitoparásitos (García y Masarelo 2019).

Con la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el control del nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp en evaluación en almácigo, mostró menor grado de infección con las aplicaciones a partir de la dosis de 3 g de cada uno de los hongos y el tratamiento químico, los cuales fueron diferentes estadísticamente con el testigo y mostraron potencial promisorio para el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café (Leguizamón y Padilla 2017).

1.9.3. Control cultural

Mediante la implementación de un ensayo referente a la siembra y formación de plantas en viveros, se procedió a desinfectar el suelo mediante el proceso de solarización, el cual consistió en tapar el suelo con un plástico por dos semanas dejando que todos los nematodos y microorganismos presentes mueran. Este suelo fue seleccionado de un área infestada de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. El suelo tratado fue seleccionado para el llenado de las fundas, en donde también se le aplicó cal, y luego se realizó la siembra del café. En el ensayo se realizó un muestro de suelo para realizar un análisis nematológico para evidenciar las poblaciones presentes luego del tratamiento establecido. Los resultados de la investigación demostraron, que hubo una reducción significativa de la población de nematodos de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en un 85 %. (Pérez 2017).

En un ensayo se estableció la aplicación de enmiendas orgánicas como la gallinaza y pulpa de café para el control de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp en el cultivo de café, en la cual la planta mejoró su crecimiento incrementando la tolerancia a estos nematodos, debido al aumento de la masa radicular, y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo (Pérez 2017).

1.10. Hipótesis

Ho= No es de vital importancia conocer sobre los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

Ha= Es de vital importancia conocer sobre los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

1.11. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del presente documento se recolecto información actualizada de libros, páginas web, tesis de grado, bibliotecas virtuales y artículos de revistas de alto impacto, manuales técnicos y congresos.

La información obtenida fue realizada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La finalidad de este documento fue recopilar información sobre los principales nematodos asociados en el cultivo de café (*Coffea* spp).

Los nematodos fitoparásitos representan una plaga de mucha importancia para el cultivo de café, debido a que afecta el sistema radicular de la planta, lo cual provoca daños directos e indirectos en la producción y calidad los frutos.

2.2. Situaciones detectadas

El café es uno de los principales alimentos de consumo masivo, y fuente económica para los agricultores de zonas rurales, el mismo que se ve afectado por diferentes plagas y enfermedades dentro de su proceso productivo, teniendo como principal plaga los nematodos fitoparasitos del genero *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp. y *Pratylenchus* sp.

La mayoría de los caficultores no logran reconocer los síntomas y daños que ocasionan los nematodos, en donde es importante establecer un manejo adecuado para bajar las densidades poblacionales de los principales nematodos que afectan el cultivo de café.

2.3. Soluciones planteadas

Es necesario dar a conocer a los productores sobre los principales nematodos fitoparasitos que ocasionan daños directos e indirectos en los sistemas

de producción del cultivo de café.

Al igual que establecer métodos de control eficientes para disminuir las poblaciones de nematodos fitoparasitos en el cultivo de café.

2.4. Conclusiones

Por lo anteriormente detallado se concluye:

Los principales nematodos fitoparasitos que afectan el cultivo de café son los del genero *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp. y *Pratylenchus* sp.

Los nematodos fitoparasitos que afectan la producción de café pueden ser controlados de forma eficiente mediante el control químico aplicando Namacur® 400 CE (Fenamifos) en dosis de 6 L/ha.

El uso de microorganismos como *Trichoderma* spp. y *P. lilacinum*, deben ser considerados en los programas de manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café.

Las bacterias rizogénicas *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. logran reducir significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café.

La aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostraron potencial promisorio para el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café.

En la siembra y formación de plantas de café en viveros, el proceso de solarización del suelo, es un método cultural eficaz para disminuir las poblaciones de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus*.

La aplicación de enmiendas orgánicas como la gallinaza y pulpa de café para el control de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp en el

cultivo de café, incrementa la tolerancia a estos nematodos, debido al aumento de la masa radicular, y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo.

2.5. Recomendaciones

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Concientizar a los productores de café a realizar análisis de nematológico para determinar las densidades poblacionales de nematodos fitoparasitos presentes en raíces y suelo.

Aplicar los métodos de control disponibles para disminuir las poblaciones de nematodos fitoparasitos en el cultivo de café.

BIBLIOGRAFÍA

Atarvia, R. & Peraza, W. 2020. Identificación morfológica, morfométrica y molecular de *Meloidogyne exigua* (Göeldi 1887) en café (*Coffea arabica*). *Agronomía Mesoamérica* 31(3): 531-545.

Aroca, A. 2016. Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L) en la zona de Colimes (Tesis de grado). Ecuador, Universidad de Guayaquil. 88 p.

Balaña, P. 2015. Determinación del efecto económico de los nematodos fitoparasitarios en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Unión Tacana, Nuevo Progreso, San Marcos. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 60 p.

Chávez, M. 2014. Densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos y de suelo en sistemas orgánicos y convencionales de café en asocio con banano en el Valle Central y Occidental de Costa Rica (Tesis de magister). Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. 79 p.

Cantos, E. 2020. Caracterización de géneros de nematodos fitoparasitos del suelo y raíz en café caturra rojo (*Coffea arábica*) 24 de Mayo-Manabí (Tesis de grado). Ecuador, Universidad Técnica de Manabí. 77 p.

Cajape, J. 2020. Identificación de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café en la Zona Jipijapa, Manabí. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. 74 p.

Caicedo, A. 2015. Una nueva especie de nemátodo asociado al chinche subterráneo la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemíptera: Cydnidae) en Cali-Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe anual. 3 p.

CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sostenible y la Soberanía Alimentaria). 2019. Comercio Internacional del café, caso México (en línea). Consultado 7 sept. 2021. Disponible en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/94Caf%C3%A9%20-Producci%C3%B3n%20y%20Consumo.pdf>

Cajape, J. 2020. Identificación de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de Café en la zona Jipijapa – Manabí. Tesis Ing. Ing. Ecuador, Universidad de Guayaquil. 74 p.

Cepeda, M., Ochoa, Y., Cerna, E., Garrido, F., Gonzales, A. & Hernández, A. 2020. Efectividad de extractos biológicos y químicos comerciales para el control de nematodos en cafeto en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(7): 1-8.

Cepeda, M., Cerna, E., Ochoa, Y., Dávila, M., Garrido, F. Hernández, A. 2018. Efectividad biológica del nematicida Nemmax en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(2): 1-6.

Castilla, E., Millán, E., Mercado, J. & Millan, C. 2017. Relación de los parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre. *Tecnología en Marcha* 30(3): 24-34.

El Productor. 2018. Cultivo de café arábigo. Consultado 31 agos. 2021. Disponible en <https://elproductor.com/2018/06/cultivo-de-cafe-arabigo/>

Francois, A., Herve, E., Alpizar, E., Lashermes, P. & Villain, L. 2017. Los nematodos parasitos del cafeto – CIRAD (en línea). Consultado 7 sept. 2021.

Disponible

en

<http://www.ramacafe.org/2009/images/stories/presentaciones/nematodos.pdf>

Figuroa, E., Pérez, F., Godínez, L. & Pérez, R. 2019. Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época* 14(1): 41-56.

FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. *Perspectivas agrícolas 2019- 2028*. Consultado 31 agos. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca4076es/CA4076ES.pdf>

González, H. 2016. Nematodos fitoparásitos. G Lemus. *El duraznero en Chile*. Instituto de investigaciones Agropecuarias. 239-251 p. (Boletín Técnico no. 16.).

García, P. & Masarelo, D. 2019. *Uso de enmiendas orgánicas y productos biológicos para el manejo de nematodos fitoparásitos, en dos fincas cafetaleras en Jinotega* (Tesis de magister). Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 89 p.

Humphreys, D., Flores, M., Gómez, L., Salazar, L., Gómez, L. & Elling, A. 2014. *Meloidogyne lopezi* sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a new root-knot nematode associated with coffee (*Coffea arabica* L.) in Costa Rica, its diagnosis and phylogenetic relationship with other coffee-parasitizing *Meloidogyne* species. *Nematology* 16(3): 643-61.

Lima, M. & Casa, C. 2016. *Nematología agrícola. Especialización en Nematología agrícola y Prácticas de rutina para el diagnóstico*. Colombia. 14 p. (Boletín Técnico no. 25.).

Lima, M. 2015. *Evaluación de productos alternativos para el control de nemátodos asociados a café, en pueblo nuevo viñas, Santa Rosa* (Tesis de grado). Jutiapa, Universidad Rafael Landívar. 90 p.

Leguizamón, J. 2017. Los nematodos del cafeto en Colombia y su control. CENICAFE. 8 p. (Boletín técnico no 18).

Leguizamón, J. & Padilla, B. 2017. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del nematodo del nudo radical del café. Cenicafe 52(1): 29-41.

Ravichandra, N. 2014. Horticultural Nematology. Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London. Bangalore. 434 p.

Mancilla, P. 2017. Evaluación de la eficiencia de algunos extractos vegetales en el control de *Meloidogyne exigua* sobre plántulas de café *Coffea arabica* en condiciones de casa de malla (Tesis de grado). Colombia, Universidad de Aplicadas y Ambientales. 80 p.

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-sandia, puno (Tesis de grado). Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 86 p.

Morgan, F. 2018. Nematode parasites of Coffee, Cocoa and Tea. Chapter 12 Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agricultura.

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. Ecuador, Universidad de Guayaquil. 68 p.

Otiniano, A., Alarcón, E., Castro, S.& Borjas, R. 2018. Comportamiento de *Coffea arabica* L. injertadas sobre *Coffea canephora* en presencia de nematodos en vivero. Revista de Investigaciones Altoandinas 20(3): 267-280.

Pérez, F., Cruz, D. & Poma, E. 2017. Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica*). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 4(1):53-59.

Pérez, F., Cruz, D., Poma, E. & Cadena, F. 2017. Densidad poblacional de nematodos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Alto Lima-Caranavi. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 4(1): 1-7.

Pérez, F., Cruz, D. & Poma, E. 2017. Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica*). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 4(1):53-59.

Pérez, F. 2017. Evaluación del uso de residuos agrícolas como biofumigantes en el café (*Coffea arabica* L.) para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) en la sub - Central Agraria Alto Lima - Caranavi - La Paz (Tesis de grado). Bolivia, Universidad Mayor de San Adres. 113 p.

Puma, E. 2021. Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). en San Juan del Oro – Sandia, Puno. Tesis Ing. Agr. 90 p.

Rojas, M. 2016. Nematodos del café. Revista Informativa 15(4): 1-16.

Reyes, M. 2015. Dinámica Poblacional y Manejo Biológico de Nemátodos, en el Cultivo del Guayabo (*Psidium guajava* L.), en Calvillo, Aguascalientes-México. Tesis Ing. Agr. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 68 p.

Ramírez, F., Cabezas H., Melgarejo G. & Arévalo G. 2016. Nematodos asociados al cafeto (*Coffea arabica* L.) en las principales zonas productoras de la Cuenca del Alto Huallaga. Trabajo Presentado en el XVI Congreso Peruano de Fitopatología, Piura. 1 p.

Rivillas, C. 2017. Nematodos en el cultivo de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 1-9 p. (Boletín Técnico no. 12.).

Taylor, A. 2016. Identificación y control de los nemátodos fitoparasitos de la raíz. Proyecto Internacional de Meloidogyne. Departamento de Fitopatología de la Universidad de Estado de Carolina del Norte. 2016: 16, 29.

Talavera, M. 2015. Manual de Nematología Agrícola. Brasil. 23 p. (Manual Técnico no 18).