



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen Complexivo de Grado,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Manejo de nemátodos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*,
Lin.)”

AUTOR:

Rolando Paul Gavilánez Piza.

TUTOR:

Ing. Agr. Javier Landívar Lucio, Msc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El documento detalla sobre los nemátodos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*, Lin.). Los objetivos planteados fueron describir los síntomas y daños que provocan los nemátodos en los cultivos e identificar los métodos de control de nemátodos en el cultivo de papaya. Las conclusiones determinan que los síntomas observados con frecuencia incluyen retraso en el crecimiento de las plantas, clorosis en la parte aérea, retraso en el desarrollo de las plantas y plantas inclinadas o incluso arrancadas de raíz debido al daño de los nematodos. Si bien se han documentado numerosas especies que afectan la Papaya, *Meloidogyne* sp y *Rotylenchus* sp son los más prevalentes en la mayoría de los cultivos de esta fruta. Estas dos especies de nematodos inducen la formación de agallas o nódulos radiculares y necrosis en las raíces. Implementar la adición de materia orgánica se propone como una estrategia de control, dado que promueve el crecimiento de la microbiota antagonista o supresora. Además, la utilización de productos biológicos como *Pasteuria* sp (Clariva) y diversas cepas de *Paecilomyces lilacinus* han demostrado efectos prometedores en el control de nematodos. Se puede utilizar nematicidas químicos respetando las normativas vigentes en cuanto a su uso y las cantidades recomendadas.

Palabras claves: frutales, nemátodos, producción, raíces.

SUMMARY

The document details nematodes in papaya cultivation (*Carica papaya*, Lin.). The objectives set were to describe the symptoms and damage caused by nematodes in crops and to identify methods to control nematodes in papaya cultivation. The determining conclusions that frequently observed symptoms include delayed plant growth, chlorosis in the aerial part, delayed plant development, and plants leaning or even uprooted due to nematode damage. Although numerous species have been documented that affect Papaya, *Meloidogyne* sp and *Rotylenchus* sp are the most prevalent in most crops of this fruit. These two species of nematodes induce the formation of galls or root nodules and necrosis in the roots. Implementing the addition of organic matter is proposed as a control strategy, since it promotes the growth of antagonistic or suppressive microbiota. Furthermore, the use of biological products such as *Pasteuria* sp (*Clariva*) and various strains of *Paecilomyces lilacinus* have shown promising effects in the control of nematodes. Chemical nematicides can be used, respecting current regulations regarding their use and recommended quantities.

Keywords: fruit trees, nematodes, production, roots.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| RESUMEN..... | II |
| SUMMARY | III |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| MARCO METODOLÓGICO | 2 |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 2 |
| 1.4. Objetivos | 3 |
| 1.4.1. General | 3 |
| 1.4.2. Específicos | 3 |
| 1.5. Fundamentación teórica | 3 |
| 1.5.1. Generalidades de la papaya..... | 3 |
| 1.5.2. Síntomas y daños que provocan los nemátodos en los cultivos. | 4 |
| 1.5.3. métodos de control de nemátodos en el cultivo de papaya. | 12 |
| 1.6. Hipótesis | 16 |
| 1.7. Metodología de la investigación | 16 |
| CAPÍTULO II..... | 17 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 17 |
| 2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)..... | 17 |
| 2.3. Soluciones planteadas..... | 18 |
| 2.4. Conclusiones..... | 18 |
| 2.5. Recomendaciones | 19 |
| BIBLIOGRAFÍA | 20 |

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya*, Lin.) constituye una de las especies con grandes perspectivas y dentro de las frutas tropicales es una de las más apetecidas por su agradable sabor y las propiedades nutritivas, digestivas y medicinales que se le atribuyen. Por lo que se hace necesario conducirla técnicamente a base de un manejo agronómico sostenible (Pérez *et al.* 2017).

La papaya (*Carica papaya* L.) es considerada como una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, siendo utilizada ampliamente en dietas alimenticias y teniendo gran aceptación a nivel nacional e internacional. El papayo es un frutal de importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Aunque probablemente es originario del sur de la República Mexicana o de América Central, en la actualidad se cultiva en forma comercial (Alarcón *et al.* 2022).

Los nematodos habitantes del suelo son gusanos cilíndricos de pequeña talla, entre 0,3 a 11 mm de longitud aproximadamente. Presentan aspecto alargado, vermiforme, más o menos filamentosos. El extremo anterior, donde se encuentra la boca, es una región redondeada o truncada; la parte posterior es aguzada y se encuentra en ella el ano en las hembras y la cloaca en los machos, y un par de órganos sensoriales laterales, los fasmidios (Chaves *et al.* 2019).

Las alteraciones del sistema radical por el daño de las células, causado por los nematodos, interfieren con los procesos fisiológicos relacionados con la absorción de agua y nutrientes y las fitohormonas que se originan en las raíces (daños primarios), de este modo, crean una cascada de efectos sobre la síntesis de clorofila, fotosíntesis y respiración en los tejidos aéreos de las plantas (daños secundarios). La combinación de estos efectos primarios y secundarios causa disminución en el crecimiento y productividad de las plantas comparado con las plantas sanas (Guzmán *et al.* 2020).

Por lo antes expuesto, se realizó la presente investigación sobre el control de nemátodos en el cultivo de papaya.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento detalló sobre el control de nemátodos en el cultivo de papaya.

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de papaya puede ver afectada su producción debido a la interacción de patógenos como hongos, bacterias, virus y nematodos. De estos últimos microorganismos, solo *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchulus* spp. parecen tener importancia económica y se identifican mundialmente en ese cultivo. El daño que provocan las especies *M. hapla*, *M. incognita* y *M. javanica* en este cultivo, fue previamente reportada en Brasil.

Los géneros y especies mencionadas anteriormente afectan el sistema radical de la planta, donde ocasionan daños mecánicos y la formación de agallas. *Meloidogyne* spp. es capaz de ocasionar pudrición de la raíz lo cual disminuye la vida útil de las plantas de papaya, así como la reducción drástica de su productividad. Estos patógenos limitan el rendimiento y la producción de la fruta, pero no existen datos sobre las pérdidas ocasionadas por nematodos en este cultivo.

1.3. Justificación

La papaya se produce en más de 60 países principalmente tropicales y subtropicales en donde se propaga rápidamente, debido a la abundancia y viabilidad de sus semillas; además de los requerimientos de suelos fértiles y abundantes lluvias. También, es reconocida por sus cualidades médico-gastrointestinales, así como insumo para la industria de los jugos (Padilla 2021).

Los nematodos habitantes del suelo son gusanos cilíndricos de pequeña talla, entre 0,3 a 11 mm de longitud aproximadamente. Presentan aspecto alargado, vermiforme, más o menos filamentoso. El extremo anterior, donde se encuentra la boca, es una región redondeada o truncada; la parte posterior es aguzada y se encuentra en ella el ano en las hembras y la cloaca en los machos, y un par de órganos sensoriales laterales, los fasmidios.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Determinar el manejo integrado de nematodo en el cultivo de papaya.

1.4.2. Específicos

- Describir los síntomas y daños que provocan los nemátodos en el cultivo de papaya.
- Identificar los métodos de control de nemátodos en el cultivo de papaya.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades de la papaya

La papaya ocupa el tercer lugar entre las frutas tropicales más cultivadas y consumidas en el mundo, después del mango y la piña. Esta especie botánica se origina en Centroamérica y en el sur de México, donde ya se practicaba su cultivo previo al encuentro con América. Esta fruta se considera una de las más importantes desde el punto de vista económico y social, ya que constituye una fuente vital de ingresos para numerosas familias y constituye una importante fuente de divisas para muchos países debido a su demanda internacional (Sandoval *et al.* 2017).

La papaya goza de reconocimiento a escala global y ha experimentado un incremento en su popularidad en años recientes, atribuido a la demanda de los consumidores por sus propiedades nutricionales y su atractivo sabor, entre otros aspectos. Además, se ha transformado en un cultivo de alta rentabilidad que genera ganancias a partir de los seis meses tras el trasplante (Neri 2021).

En el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) se documentan enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos. Los nematodos fitoparásitos colonizan y se alimentan de las raíces de las plantas, causando daños al sistema radicular y facilitando la entrada de otros patógenos transmitidos por el suelo. Los géneros predominantes de nematodos fitoparásitos en el cultivo de la papaya son *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne incognita* (Martínez *et al.* 2014).

Los nematodos fitoparásitos son responsables de causar aproximadamente el 14% de las pérdidas anuales en diversos cultivos a nivel mundial. Se han identificado más de 35 géneros de fitoparásitos en la rizosfera de la papaya (*Carica* sp.), siendo el nematodo de las agallas (*Meloidogyne* spp.) el más importante entre ellos (Condori *et al.* 2021).

El desarrollo de agallas en la raíz de la papaya impide la absorción de agua y nutrientes, comprometiendo principalmente el crecimiento de la planta. Los nematodos pueden transmitirse a través de suelos, plantas y herramientas contaminados (Rodríguez *et al.* 2022)

1.5.2. Síntomas y daños que provocan los nemátodos en los cultivos.

El término nematodo se deriva de las palabras griegas nema, que significa "hilo", y eídés u oídos, que significa "parecido", en referencia a animales filamentosos con cuerpos no segmentados, anatomía pseudocelomada y apariencia generalmente transparente. Están encerrados en una cutícula hialina, a menudo con estrías u otras marcas, de sección transversal circular, que poseen boca pero carecen de extremidades u otros apéndices, y muchos se parecen a lombrices de tierra o anguilas. Las hembras adultas de determinadas

especies presentan una estructura corporal abultada, en forma de pera o de esfera (Guzmán y Castaño 2020).

El ciclo de vida de los nematodos parásitos de las plantas se caracteriza típicamente por seis etapas, incluido el huevo, cuatro etapas juveniles y adultos, que a menudo se comparan entre sí. Los huevos eclosionan y se convierten en larvas, que aumentan progresivamente de tamaño en cada etapa de la vida, exhibiendo una estructura similar a la de los nematodos adultos. Dentro de los cuatro estadios larvales, la muda inicial se produce dentro del huevo (específicamente, la aparición del segundo estadio juvenil del huevo) y, tras mudas sucesivas, las hembras y los machos adultos se diferencian. Las hembras tienen la capacidad de producir huevos fértiles ya sea mediante apareamiento con un macho o en ausencia de este (partenogenéticamente) (Calixto 2022).

La mayoría de los nematodos suelen presentar formas corporales alargadas y cilíndricas. En ciertas especies de parásitos de plantas, las hembras adultas muestran un polimorfismo sexual, adoptando formas de saco, riñón u otras distintas a la forma cilíndrica de los machos. Sin embargo, en otras especies, son los machos quienes muestran diferencias menos pronunciadas en su morfología sexual (Ocaña 2018).

Los fitonematodos requieren de un huésped para completar su ciclo de vida. Por otro lado, el sistema de alimentación de los nematodos puede manifestarse como ectoparásito (externo) o endoparásito (interno) con relación a la planta. En los nematodos endoparásitos, como los que pertenecen al género *Pratylenchus*, los juveniles y adultos exhiben motilidad dentro y fuera de las raíces, en contraste con géneros como *Meloidogyne* y *Globodera*, donde los juveniles sedentarios (J2) se adhieren a un sitio específico de la raíz hasta que hayan completado su actividad. su ciclo de vida (Castaño *et al.* 2015).

La presencia de nematodos en el suelo provoca la aparición de síntomas en las raíces de las plantas, que comúnmente incluyen lesiones radiculares, nódulos y agallas, además de ramificación excesiva y daño en la punta de la

raíz. Las infecciones causadas por nematodos suelen ir acompañadas de bacterias y hongos patógenos, que provocan la descomposición de las raíces. Los síntomas distintivos causados por los nematodos que residen dentro de la raíz incluyen un crecimiento reducido de las regiones de las plantas, signos de deficiencias de nutrientes como decoloración del follaje, marchitez excesiva, mala situación de los cultivos y rendimientos disminuidos (Calixto 2022).

Resulta imperativo abordar tres puntos clave para el desarrollo de los nematodos, a saber, la aireación, la temperatura y la humedad del suelo, ya que estas variables favorecen la aceleración de la propagación de los nematodos en la zona vegetativa. Los nematodos que inciden en el tallo suelen ser introducidos en invernaderos, donde afectan principalmente a las plantas enraizadas. Esta situación puede atribuirse en ocasiones a la falta de atención en la limpieza adecuada de herramientas y maquinaria agrícola que puedan estar contaminadas con partículas de suelo infestadas con nematodos. El uso de estas herramientas agrícolas contaminadas facilita la propagación y contaminación de los nematodos (Ocaña 2018).

Los nematodos pueden encontrarse en hábitats de vida libre o como parásitos. Se han identificado alrededor de 26.646 especies de nematodos, las cuales se encuentran clasificadas en especies de vida libre (10.681), parásitos de invertebrados (3.501), de vertebrados (8.359) y de plantas (4.105). Debido a su característica biológica, los nematodos que parasitan plantas se consideran agentes patógenos, sin embargo, las relaciones complejas que mantienen con otros organismos patógenos hacen que sea complicado determinar de manera precisa el efecto que tienen en la producción de cultivos a nivel global (Guzmán y Castaño 2020).

Fitoparásitos nematodos son organismos multicelulares de tamaño microscópico que se clasifican como endoparásitos o ectoparásitos, y como sedentarios o migratorios, dependiendo de su estilo de vida en relación con la planta que infectan (Alvarado *et al.* 2019).

En general, los nematodos fitoparásitos provocan pérdidas anuales que oscilan entre el 11 y el 14% en cultivos económicamente importantes como legumbres, cereales, plátanos, yuca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, patatas, hortalizas y diversas frutas, por un valor aproximado de 80 dólares EE.UU. mil millones por año (Guzmán y Castaño 2020).

Nematodos fitoparásitos ejercen un impacto significativo en múltiples cultivos, donde distintos géneros y especies pueden estar involucrados, ocasionando una considerable disminución en la productividad y calidad de las cosechas. Están considerados como la fauna del suelo más importante y abundante, con una presencia de más de 40.000 especies de nematodos, de los cuales 1.600 son parásitos de las plantas. Se estima que existen aproximadamente 5 millones de nematodos por metro cuadrado de suelo (Cajape 2020).

Los nematodos fitoparásitos son organismos vermiformes diminutos que se nutren de tejido vegetal. La mayoría de los nematodos parásitos de las plantas habitan en el suelo y atacan las raíces de las plantas. Esto puede disminuir el rendimiento de la planta al disminuir la función de las raíces y, en consecuencia, el crecimiento de la planta (Grabau *et al.* 2022).

Nematodos, siendo uno de los grupos de invertebrados más abundantes en el planeta, desempeñan un papel de considerable relevancia en la agricultura a través de los fitosanitarios que ocasionan. El daño causado por los nematodos se debe a las toxinas que secretan mientras se alimentan de la planta. Este exudado compuesto de toxinas impacta directamente en las células del tejido vegetal, provocando su necrosis. La destrucción de las paredes celulares suprime la división celular en el meristemo apical, dificultando así el crecimiento de las raíces (Escobar 2015.).

La presencia de materia orgánica y la composición textural del suelo influyen en la proliferación de nematodos, observándose que los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* muestran mayor desarrollo en suelos de textura franco arenosa, mientras que los géneros *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus*

tienden a prosperar de forma similar tanto en suelos de textura franco arenosa como en aquellos de textura franco arcillosa y franco limosa (Martínez *et al.*, 2015).

Los síntomas típicos de la lesión por nematodos pueden afectar tanto a las partes aéreas como a las subterráneas de la planta. Los síntomas foliares resultantes de la infestación de raíces por nematodos generalmente incluyen retraso en el crecimiento, marchitez prematura, recuperación lenta en condiciones mejoradas de humedad del suelo, clorosis de las hojas (coloración amarillenta) y otros síntomas característicos de deficiencia de nutrientes (Grabau *et al.* 2022).

Nematodos poseen un potencial significativo como bioindicadores de la salud del suelo, debido a su diversidad y contribución a múltiples funciones en diferentes niveles de la cadena trófica edáfica. Una variedad de nematodos sirven como indicadores útiles debido a que sus poblaciones muestran estabilidad en respuesta a las fluctuaciones en la humedad y la temperatura del suelo, particularmente en relación con las alteraciones en las prácticas de manejo del suelo (Pérez *et al.* 2017).

Los síntomas de las agallas de las raíces inducidas por nematodos incluyen la presencia de áreas hinchadas (agallas) en las raíces de las plantas infectadas. El tamaño de las agallas puede variar desde unas pocas hinchazones esféricas hasta áreas extensas de hinchazones tumorales complejas y alargadas, resultantes de infecciones múltiples y repetidas debido a la alta prevalencia de nematodos formadores de agallas (Grabau *et al.* 2022).

Meloidogyne son nemátodos nodulares son parásitos internos sedentarios, que se encuentran ampliamente distribuidos a nivel mundial en ambientes tanto tropicales como templados, y suelen formar asociaciones con otros agentes patógenos, dando origen a enfermedades de naturaleza compleja. Constituyen el género de mayor relevancia económica en la producción de café. Las diversas especies de nematodos nodulares presentan un ciclo de vida similar. Las hembras exhiben una morfología esférica a en forma

de pera que mide de 0,5 a 0,7 mm de diámetro y muestra una coloración blanca nacarada distintiva. Aumentan gradualmente de tamaño y generan una matriz gelatinosa a medida que se reproducen predominantemente mediante partenogénesis, y algunas especies también participan en anfimixis. Las hembras suelen necesitar alrededor de tres semanas para generar huevos y posteriormente finalizar el ciclo de vida. Los machos suelen estar ausentes, tienen un cuerpo vermiforme que mide entre 1 y 2 mm de largo, una cola corta e inseminan a la hembra antes de abandonar la planta huésped. Poseen un estilete delgado y no se alimentan ya que tienen un esófago rudimentario (Zapata 2021).

En las plantas infestadas por el nematodo *Meloidogyne*, los nódulos exhiben un color amarillento, una morfología debilitada y raquílica, lo que se asemeja a los síntomas de deficiencia hídrica y nutricional. Las consecuencias de estos síntomas incluyen una reducción de la producción de frutos y una mala calidad de los mismos. Los signos característicos incluyen la formación de nódulos, agallas o tumores en las raíces, que provocan necrosis. La formación de agallas se inicia con la penetración de las larvas en la segunda etapa J2, y las hembras permanecen dentro de la raíz produciendo masas de huevos. La inserción del estilete crea fisuras que facilitan la entrada de otros patógenos (Neri 2021).

Los nematodos noduladores *M. Las incógnitas* provocan deformidades necróticas parciales o completas de un tamaño menor en comparación con las generadas por *M. pequeño*. Se observan grietas y lesiones necróticas en las raíces laterales y principales en ataques avanzados a plantas de tres meses o más. Esta característica puede manifestarse en el follaje de la planta en casos de infestación severa. Las plantas afectadas por estas dos especies de *Meloidogyne* presentan una escasa formación de raíces laterales, deformación de la raíz principal y un engrosamiento notable, lo que a menudo conduce a un oscurecimiento parcial o total del sistema radicular (Leguizamón 2018).

Los síntomas y daños que provoca este nematodo en la planta de papaya son los siguientes: Plantas infectadas por *Meloidogyne* spp. Exhiben una coloración amarillenta, acompañada de signos de marchitez y disminución en la

productividad. Estos indicios son a menudo malinterpretados como deficiencias nutricionales o la presencia de hongos del suelo, aunque en realidad el origen de la infección reside en las raíces. En este sitio, se manifiestan engrosamientos específicos o agallas de diversos tamaños, los cuales resultan de la cantidad de hembras que se alojan en la planta. Uno de los indicadores clave de la presencia de nematodos agalladores que afectan a la planta es el marchitamiento de las plantas al mediodía, incluso cuando el suelo mantiene niveles de humedad adecuados. Las plantas afectadas suelen presentar una apariencia atrofiada y amarillenta (Triguero 2022).

El género *Helicotylenchus* se ubica taxonómicamente dentro de la familia *Hoplolaimidae*. Estos nematodos exhiben una forma de espiral y se clasifican como ectoparásitos o semiendoparásitos que atacan las raíces de numerosas plantas, incluidas las del café. Habitan total o parcialmente dentro de las raíces, alimentándose de células durante varios días, provocando hematomas corticales. Su distribución global es significativa. Algunas especies residen de forma subterránea en el tejido raíz, mientras que otras se introducen más profundamente en su interior (Mani y Shivaraju 2016).

Es un organismo polífago que exhibe comportamientos de ectoparásito y endoparásito migratorio, completando su ciclo de vida infectando tejido residual de un huésped anterior. Los daños suelen exhibir pequeñas lesiones circulares que inicialmente aparecen de color marrón y posteriormente pasan a ser negras, manifestándose como áreas necróticas (Mayta 2017).

Este género tiene una importancia significativa, englobando especies con características morfológicas similares que dificultan su identificación, atribuidas en gran medida a su sustancial variabilidad intraespecífica. Es reconocido como un nematodo que provoca daños en las raíces e afecta a diversas especies, incluyendo *P. penetrante* y *P. Coffeae*, siendo este último tipo de especie de gran relevancia en el contexto del cultivo de café, resulta en impactos significativos de naturaleza perjudicial. Según sus atributos morfológicos, se identifican por presentar una región labial que se encuentra discretamente proyectada, con la presencia de dos anillos distintivos. El estilete alcanza una longitud superior a 15

µm, la vulva está situada a más del 80% de la longitud total del cuerpo, el saco uterino ubicado posterior a la vulva mide de 1.0 a 1.5 veces el diámetro de la longitud del cuerpo, el ovario es rudimentario y terminal, y la cola de la hembra termina en forma truncada (Aroca 2016).

Estos nematodos son organismos endoparásitos migratorios de pequeño tamaño que ingresan a través de los tejidos meristemáticos, como los pelos absorbentes, lo que resulta en la formación de pequeñas lesiones en las raíces. Posteriormente, son colonizados por otros parásitos, lo que, a su vez, conduce a la necrosis del tejido. Estos fitonematodos habitan en la planta hasta su muerte, confundiendo en ocasiones con deficiencias de nutrientes, restringiendo el desarrollo radicular y provocando clorosis. (Fancois *et al.* 2017).

Rotylenchus sp. se consideran muy importantes como resultado del aumento observado de los daños, especialmente en los tipos de suelo arenosos, en los últimos años. Colonizan y se alimentan del suelo, provocando daños en el sistema radicular, facilitando así la entrada de otros patógenos nativos. Dado que sus manifestaciones incluyen un aspecto achaparrado, clorosis en las hojas, un crecimiento raquítrico, plantas inclinadas e incluso derribadas debido al daño causado por los nematodos. Para su manejo es recomendable utilizar productos biológicos como *Pasteuria* sp (Clariva) y diversas formulaciones de *Paecilomyces lilacinus* (Robles 2017).

Las investigaciones han demostrado hallazgos de una disminución del 15 al 20% en el rendimiento de esta fruta debido a *Meloidogyne* sp. y *Rotylenchulus* sp. Las variedades y taxones previamente señalados inciden en el sistema radicular de la planta, resultando en daños físicos y la aparición de agallas causadas por nematodos del género *Meloidogyne*. Tiene la capacidad de inducir la pudrición radicular, lo que resulta en una disminución de la longevidad de las plantas de papaya, así como una reducción significativa en su rendimiento (Padilla 2021).

1.5.3. métodos de control de nemátodos en el cultivo de papaya.

Prácticas culturales

Dentro de las estrategias preventivas de índole cultural, resulta esencial el procedimiento de limpieza de maquinaria durante su desplazamiento entre distintas áreas de cultivo, con el propósito de erradicar los componentes patógenos presentes en los terrones del suelo, con la finalidad de prevenir su propagación a otras parcelas dentro de la finca. Otra práctica importante consiste en preparar el suelo mediante técnicas de rastrillado y disco, con el fin de aprovechar los efectos de la exposición al sol y las altas temperaturas para inducir la desecación y posteriormente erradicar las poblaciones de nematodos expuestas a la superficie (López *et al.* 2021)

Método físico

Un método para disminuir la población de nematodos parásitos de las plantas es la solarización del suelo, un proceso en el que el suelo se calienta a una temperatura suficiente para reducir los patógenos establecidos en su interior. Esta técnica consiste en cubrir el suelo con polietileno transparente de baja densidad (40-100 micras) con el fin de potenciar y sostener el efecto de la radiación solar durante un período de 40-45 días; los rayos solares inciden perpendicularmente sobre la superficie del suelo, mejorando así la eficacia de la técnica (López *et al.* 2021)

Control biológico

El concepto de control biológico consiste en la utilización de organismos vivos con el propósito de reducir la densidad de población o mitigar los efectos de un organismo considerado plaga. En el contexto específico del control biológico de nematodos, se hace referencia al manejo de las poblaciones de nematodos o la reducción de sus efectos dañinos mediante la intervención de organismos antagonistas. Esta interacción puede producirse de manera natural o ser facilitada a través de modificaciones ambientales o la introducción controlada de los organismos antagonistas. Actualmente, se reconoce que una diversidad de organismos desempeña funciones antagónicas frente a los nematodos fitoparásitos, dentro de los cuales se incluyen hongos, bacterias,

virus y protistas. (Poveda *et al.* 2020).

Los microorganismos antagonistas que han colonizado el sustrato antes del patógeno o concurrentemente con éste pueden emplearse con el propósito de prevenir la infección. Diversos microorganismos han sido reconocidos como antagonistas naturales de los nematodos. Los ejemplos incluyen *Pasteuria penetrans*, *Bacillus thuringiensis*, *Verticillium chlamydosporium* y especies de *Catenara* (León 2020)

Entre los agentes de control biológico se encuentran los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales son reconocidos como organismos rizosféricos capaces de colonizar las raíces de al menos el 80% de las especies de plantas terrestres, siendo sus interacciones de carácter mutualista (*Ramos et al.* 2021)

Los estudios sobre antagonistas biológicos enquistados *in situ* han sido predominantemente enfocados en los hongos nematófagos devoradores y endoparásitos, representando aproximadamente un 73-76% del corpus de investigación. Este enfoque ha sido modulado por condiciones climáticas específicas como precipitaciones frecuentes o días nublados durante el periodo de estudio (*López et al.* 2021)

La utilización de HMA en plantas disminuye significativamente la infestación de nematodos al participar en competencia directa por sitios, espacios y nutrientes, particularmente con endoparásitos sedentarios como *Meloidogyne* spp. Además, los HMA alteran la composición de los exudados radicales, la morfología de las raíces o la activación de mecanismos de defensa en plantas colonizadas (*Ramos et al.* 2021)

Aplicación de compuestos orgánicos

La utilización de materiales orgánicos facilita la mejora de las poblaciones de microorganismos beneficiosos, ejerciendo posteriormente efectos nematicidas a través de actividades microbianas asociadas con la liberación de amonio. Estos materiales exhiben una baja relación C/N con altos niveles de

proteínas y aminos. Las enmiendas con efecto nematicida presentan una relación C/N inferior a 20. Entre los materiales incorporados al suelo con función biofumigante se encuentran las brassicas, que liberan compuestos conocidos como glucosinolatos. Junto con los isotiocianatos, estos compuestos desempeñan un papel importante en la rápida supresión de patógenos. Entre las plantas que poseen propiedades nematicidas destaca el árbol de Neem (*Azadirachta indica*). Sus hojas, semillas y derivados como aceite, virutas de madera y tortas de aceite se pueden utilizar debido a su composición de compuestos activos que incluyen nimbina, salanina, gedunina, azadiractina, así como múltiples flavonoides (López *et al.* 2021)

La incorporación de materia orgánica y la aplicación de biofumigación han demostrado ser eficaces en la reducción de las poblaciones de nemátodos y la mitigación del daño que causan. Este efecto beneficioso se atribuye al aumento de la presencia de microorganismos antagonistas de los nemátodos en el suelo (León 2020)

Plantas y compuestos alelopáticos: Se han identificado especies vegetales capaces de segregar compuestos con actividad nematicida en el suelo, ya sea de manera concurrente a su desarrollo o como resultado de la descomposición de su material orgánico (León 2020)

Control químico

Los nematicidas químicos han demostrado ser eficaces para reducir los niveles poblacionales de nematodos fitoparásitos. Además, es fundamental considerar los factores edáficos y climáticos de la zona de cultivo, así como determinar el momento óptimo para su implementación. Además, deben integrarse con métodos culturales y biológicos para lograr resultados óptimos y mantener la calidad ambiental. Esto es crucial debido a los posibles efectos adversos que su aplicación puede tener sobre los microorganismos del suelo, lo que puede afectar la fertilidad natural. No obstante, la integración de estos métodos puede ayudar a mitigar las pérdidas económicas para los productores y mejorar los beneficios a largo plazo. Chávez 2019).

Nematicidas son categorizados en subgrupos de fumigantes y no fumigantes. La primera categoría abarca sustancias que se aplican un mes antes de la siembra o el trasplante. Este grupo es muy volátil y al aplicarse al suelo se evaporan y llenan sus espacios gaseosos. Debido a esta circunstancia, resulta imperativo el revestimiento del suelo mediante un material plástico, con el propósito de preservar las moléculas de gas y garantizar la efectividad del procedimiento. "El grupo de fumigantes incluye Metam-Sodio, Metam-Potasio y Dazomet". Dentro de la categoría de fumigantes se encuentran el Metam-Sodio, el Metam-Potasio y el Dazomet (Sasanelli *et al.* 2021)

La acción más comúnmente empleada es el uso de productos químicos nematicidas no fumigantes, que pueden aplicarse antes o después del establecimiento del cultivo. El desafío surge de los compuestos altamente tóxicos, persistentes y de amplio espectro involucrados, que representan un riesgo para los organismos beneficiosos y el medio ambiente. El uso inadecuado de productos químicos complica aún más el control de este tema (Neri 2021)

Ciclo de vida de los nematodos



1.6. Hipótesis

Ho= no es necesario controlar nemátodos en el cultivo de papaya.

Ha= es necesario controlar nemátodos en el cultivo de papaya.

1.7. Metodología de la investigación

El presente estudio se refiere a un trabajo práctico de componente complejo, que se enfoca en el control de nemátodos en el cultivo de papaya. Éste trabajo es de tipo bibliográfico utilizando un método inductivo, deductivo y analítico-sintético.

En el documento se realizó una revisión de información secundaria detallada por medio de páginas web, artículos, congresos, libros, tesis de grado, periódicos, artículos científicos y ponencias, y la información será analizada mediante síntesis y resumen.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El documento detallo sobre los nemátodos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*, Lin.).

Los nematodos pueden ocasionar manifestaciones distintivas en el sistema radicular, tales como la formación de agallas, lesiones necróticas en las raíces, aumento en la producción de raíces secundarias, así como una deficiente expansión radicular, resultando en síntomas de clorosis y en general, en el debilitamiento de las plantas con mínimos índices de crecimiento.

Las estrategias de manejo de nematodos abarcan la fumigación de suelos en ciertos cultivos, así como el uso de nematicidas químicos durante el ciclo del cultivo en función de su estado fenológico, en conjunto con diversas prácticas culturales.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Nematodos fitoparásitos tienen un papel crucial, dada la creciente incidencia de daños observada en suelos predominantemente arenosos, en años recientes. Colonizan y se alimentan del suelo, dañando el sistema radicular y facilitando la entrada de otros patógenos autóctonos.

La mayoría de los agricultores no logran identificar los síntomas y daños causados por los nematodos, lo que destaca la importante necesidad de implementar prácticas de manejo adecuadas para reducir las densidades de población de las principales especies de nematodos que impactan el cultivo de papaya.

2.3. Soluciones planteadas

La producción de papaya puede verse afectada negativamente por la interacción de patógenos como hongos, bacterias, virus y nematodos. De estos últimos microorganismos, sólo *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchulus* spp. Estos factores parecen poseer relevancia económica y son reconocidos a nivel global en la producción de dicho cultivo, por lo tanto, es esencial implementar estrategias de gestión adecuadas.

Aplicar productos biológicos, químicos y labores culturales osn las alternativas más eficientes para el control de nemátodos.

2.4. Conclusiones

Los síntomas observados con frecuencia incluyen retraso en el crecimiento de las plantas, clorosis en la parte aérea, retraso en el desarrollo de las plantas y plantas inclinadas o incluso arrancadas de raíz debido al daño de los nematodos.

Las principales especies que afectan a la Papaya, *Meloidogyne* sp y *Rotylenchus* sp son los más prevalentes en la mayoría de los cultivos de esta fruta. Estas dos especies de nematodos inducen la formación de agallas o nódulos radiculares y necrosis en las raíces. Implementar la adición de materia orgánica se propone como una estrategia de control, dado que promueve el crecimiento de la microbiota antagonista o supresora.

La utilización de productos biológicos como *Pasteuria* sp (Clariva) y diversas cepas de *Paecilomyces lilacinus* han demostrado efectos prometedores en el control de nematodos. Se puede utilizar nematicidas químicos respetando las normativas vigentes en cuanto a su uso y las cantidades recomendadas.

2.5.Recomendaciones

Promover la aplicación de materia orgánica y productos biológicos para el control de nematodos.

Usar métodos de control biológico.

Solarizar el suelo.

Utilizar productos químicos en las épocas adecuadas del cultivo con las dosis establecidas para el control de nematodos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Pulido, S., Hernández Sánchez, M., González Cárdenas, J., Enríquez García, F., Velázquez García, E. 2022. Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164-169. Disponible en <https://www.revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/414/557>
- Alvarado-Huaman, L., Castro-Cepero, V., Tejada-Soraluz, J. L., Borjas-Ventura, R., & Julca-Otiniano, A. 2019. Hongos y nematodos asociados a malezas presente en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la selva central del Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 37-45. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200006&script=sci_arttext
- Aroca Villamar, A. A. 2016. *Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz Zea mays L. en la zona de colimes, provincia del Guayas* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/items/8fbd80ff-a218-4b97-98ce-8acb27bfcba6>
- Cajape López, J. G. 2020. *Identificación de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de café en la zona Jipijapa-Manabí* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/items/f092eb70-2e18-4617-b5de-bf28a25c5398>
- Calixto Contreras, M. E. 2022. *Principales nematodos fitoparásitos en el cultivo de pitahaya (Hylocereus spp.)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13086/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castaño, Z., Guzmán, P. & Villegas, E. 2015. Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Ucaldas* 6(2): 1-9. Disponible en [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia%2020\(1\)complet](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia%2020(1)complet)

a.pdf#page=38

- Chaves, E. J., Echeverría, M. M., Merlo Álvarez, H., & Salas, A. 2019. Clave para determinar géneros de nematodos del suelo de la República Argentina. Disponible en https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/122217/CONICET_Digital_Nro.1be4f811-aba8-4bba-847f-7f2146c4a73d_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Chávez, W. 2019. Control químico, etiológico y cultural del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) en papa (*Solanum tuberosum* L.), Distrito de Longuita – Amazonas. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Tesis. 44p. Disponible en <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1791>
- Condori, G. B. C., Medina, I. L., Portocarrero, R. Y. B., Tito, K. B., & Coila, V. H. C. (2021). Nematodes associated with Andean papaya (*Carica pubescens* L.) in Sandia district, Puno, Perú. *Bioagro*, 33(3), 191-202. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8135615>
- Escobar Mendrano, M. M. 2015. Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007). *Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I*. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8069/Escobar_Poblaciones_Nematodos.pdf?sequence=1
- Francois, A., Herve, E., Alpizar, E., Lashermes, P. & Villain, L. 2017. Los nematodos parasitos del cafeto – CIRAD (en línea). Disponible en <http://www.ramacafe.org/2009/images/stories/presentaciones/nematodos.pdf>
- Grabau, Z. J., Noling, J. W., & Sandoval-Ruiz, R. 2022. Manejo de nematodos en cultivos de col: ENY-024/NG048, 06/2022. *EDIS*, 2022(3). Disponible en <https://doi.org/10.32473/edis-ng048-2022>
- Guzmán Piedrahita, O. A., & Castaño Zapata, J. 2020. Nemátodos fitoparásitos en cultivos tropicales. Disponible en <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/2387>
- Leguizamon, J. (2018). Los nematodos en los cultivos y su control. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/13/13%20Nematodos>

%20cafeto%20y%20control.pdf

- León Llumiguano, RA. 2020. Alternativas de control del nemátodo *Meloidogyne* spp en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L) (en línea). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8221>
- Lopez-Nicora, H. D., Soilán-Duarte, L. C., Caballero-Mairesse, G. G., Grabowski-Ocampos, C. J., & Enciso-Maldonado, G. A. MANUAL DE NEMATOLOGÍA AGRÍCOLA. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Guillermo-Enciso-Maldonado/publication/357376079_Manual_de_Nematologia_Agricola_Bases_y_Procedimientos/links/61cde921da5d105e550aa03b/Manual-de-Nematologia-Agricola-Bases-y-Procedimientos.pdf
- Mani, M., & Shivaraju, C. (Eds.). 2016. *Mealybugs and their management in agricultural and horticultural crops* (p. 655). New Delhi: Springer. Disponible en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-81-322-2677-2>
- Martínez Gallardo, José Ángel, Díaz Valdés, Tomás, Allende Molar, Raúl, Ortiz Meza, José Alfonso, García Estrada, Raymundo Saúl, & Carrillo Fasío, José Armando. 2014. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 317-323. Recuperado en 05 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000200012&lng=es&tlng=es.
- Martínez, G. J. A.; Díaz, V. T.; Partida, R. L.; Allende, M. R.; Valdez, T. J. B. y Carrillo, F. J. A. 2015 Nematodos Fitoparásitos y su Relación con Factores Edáficos de Papaya en Colima, México. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4807881>.
- Mayta, M. 2017. Caracterización isoenzimática y distribución del nemátodo del nódulo de la raíz (*meloidogyne* spp.) en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en san juan del oro-sandia, puno (Tesis de grado). Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 86 p.
- Neri Cacho, O. I. 2021. Efectividad de extractos vegetales para el control de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) bajo condiciones de laboratorio. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47298/K%2066876%20Neri%20Cacho%2c%20Omar%20Israel.pdf?sequence>

=1&isAllowed=y

- Ocaña Leon, J. L. 2018. Identificación de géneros y poblaciones de nemátodos fitoparásitos presentes en cuatro fincas productoras de maíz (*Zea mays*) en la zona de Vinces-Ecuador. Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/items/ab09722a-bd0e-446e-af2d-8e33259814dd>
- Padilla, W. P. 2021. Identificación morfológica y molecular de *Meloidogyne javanica* en una plantación de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/47766/47462>
- Pérez, C. C. P., Concepción, O. M., Morales, S. R., Vega, V. R. M., Martínez, L. A. R., Álvarez, W. C., Ruiz, J. G. 2017. El cultivo de la papaya (*Carica papaya*, Lin.) sobre soporte digital. *Agricultura Tropical*, 3(1). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Pons-Perez/publication/330565684_EL_CULTIVO_DE_LA_PAPAYA_Carica_papaya_Lin_SOBRE_SOPORTE_DIGITAL/links/5c48a3f7a6fdccd6b5c2ed8e/EL-CULTIVO-DE-LA-PAPAYA-Carica-papaya-Lin-SOBRE-SOPORTE-DIGITAL.pdf
- Poveda, J., Abril-Urias, P., & Escobar, C. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: Trichoderma, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992. Disponible en <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.00992/full>
- Ramos-Zapata, J. A., Cristóbal-Alejo, J., Basto-Pool, C., & Herrera-Parra, E. 2021. Hongos micorrícicos arbusculares como control biológico del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) en hortalizas de Yucatán. *Bioagrociencias*, 14(1). Disponible en <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/viewFile/3692/1634>
- Robles Vázquez, G. 2017. prueba técnica: Control de mancha negra en cultivo de papaya (en línea, sitio web). Consultado 21 jun. 2022. Disponible en <https://www.innovacionagricola.com/blog/prueba-tecnica-control-de-manchanegra-en-cultivo-de-papaya/>.

- Rodríguez Velásquez, MG. 2022. Incidencia de las principales enfermedades que se presentan en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.), en el Ecuador (en línea). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11332>.
- Sandoval, K. V., Ávila, D. D., & Gracia, T. J. H. 2017. Estudio del mercado de papaya mexicana: un análisis de su competitividad (2001-2015). *Suma de negocios*, 8(18), 131-139. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215910X17300241>
- Sasanelli, N; Konrat, A; Migunova, V; Toderas, I; Straistaru, E; Rusu, S; Bivol, A; Andoni, C; Veronico, P. 2021. Review on Control Methods against Plant Parasitic Nematodes Applied in Southern Member States (C Zone) of the European Union. *Agriculture* 11: 602. Disponible en <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/7/602>
- Triguero Castro, D. A. 2022. *Principales microorganismos que afectan al cultivo de papaya Carica papaya L. en la provincia de Los Ríos* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13106/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000219.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zapata Villacis, M. A. 2021. *Principales nematodos asociados en el cultivo de café (Coffea spp)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10213>

ANEXOS



Cultivo de papaya en producción



Raíces infectadas con nemátodos