

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Análisis poblacional de nematodos en tres etapas productivas
diferentes del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en
el cantón Guachapala-Azuay**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera
Agrónoma

Autora:

Genesis Lucrecia Alvarez Alvarez

CI: 0302874235

Correo electrónico: genilu1998@gmail.com

Director:

Walter Iván Larriva Coronel Ing. Agr. MSc.

CI: 0101770865

Cuenca, Ecuador

9 de Noviembre de 2022.

Resumen

La producción de tomate árbol *Solanum betaceum* Cav, se ha visto afectada en gran parte por distintas enfermedades fitopatógenas. Una de las enfermedades que causa daños en dicho cultivo, son ocasionados por nematodos, razón por la cual se decidió analizar la abundancia las poblaciones de nematodos presentes en el suelo y raíz, en diferentes profundidades y en tres edades cronológicas del cultivo, en el cantón Guachapala provincia del Azuay. Se realizó la recolecta de muestras de suelo en plantaciones de tomate en etapa inicial, en etapa productiva y etapa final a 5 profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm). Mediante este estudio descriptivo, se pudo evidenciar diferentes situaciones, se utilizaron modelos de regresión lineal múltiple, para la extracción de nematodos se utilizó el método del embudo Bearman. Mediante esta investigación se pudo conocer el número de nematodos, las especies de nematodos fitopatógenos que predominaron, siendo: *Psilenchus spp*, *Helicotylenchus spp*, *Aphelenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Criconemoides spp*, *Xiphinema spp*. Y la distribución de las poblaciones de nematodos presentes a diferentes profundidades y en tres estados cronológicos del cultivo del tomate de árbol siendo estadísticamente significativas.

Palabras claves: Nematodos fitopatógenos. *Solanum betaceum*. Guachapala-Azuay.

Abstract

The production of tree tomato *Solanum betaceum* Cav, has been largely affected by different phytopathogenic diseases. One of the diseases that causes damage to said crop is caused by nematodes, which is why it was decided to analyze the abundance of nematode populations present in the soil and root, at different depths and at three chronological ages of the crop, in the canton Guachapala province of Azuay. Soil samples were collected in tomato plantations in the initial stage, in the productive stage and in the final stage at 5 depths (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, and 25 cm). Through this descriptive study, different situations could be evidenced, multiple linear regression models were used, and for the extraction of nematodes the Bearman funnel method was used. Through this investigation it was possible to know the number of nematodes, the species of phytopathogenic nematodes that predominated, being: *Psilenchus spp*, *Helicotylenchus spp*, *Aphelenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Criconemoides spp*, *Xiphinema spp*. And the distribution of the populations of nematodes present at different depths and in three chronological stages of the tree tomato crop being statistically significant.

Keywords: Phytopathology. Phytopathogenic. Nematodes. *Solanum betaceum*. Guachapala-Azuay.

UCUENCA

Índice

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO II: OBJETIVOS	9
2.1. GENERAL:	9
2.2. ESPECÍFICOS:	9
CAPITULO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 EL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL EN ECUADOR	10
3.2 LOS PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL TOMATE DE ÁRBOL	10
3.3 PERDIDAS CAUSADAS POR NEMATODOS FITOPATÓGENOS	10
3.4 IMPORTANCIA DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS EN CULTIVOS	11
3.5 NEMATODOS FITOPATÓGENOS	11
3.5.1 MORFOLOGIA	12
3.5.2. Daños causados por nematodos fitopatógenos	13
3.5.3. Distribución de nematodos fitopatógenos	15
3.6. Factores ambientales en la biología del nemátodo.	15
3.7. Distribución de nematodos en las diferentes profundidades del suelo.	16
CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1. Materiales	17
4.2. Métodos.	17
4.3. Análisis estadístico	20
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1. Población de nematodos fitopatógenos	21
5.2. Géneros fitopatógenos predominantes	23
5.3. Número de nematodos presentes en raíces	27
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
Conclusiones	29
Recomendaciones	29
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30
ANEXOS	34

Índice de Figuras

Figura 1: Distribución de nematodos fitopatogenos en el cultivo de tomate de árbol.	20
Figura 2: Población de géneros de nematodos en diferentes profundidades de suelo en cultivos de tomate de árbol con distintas edades cronológicas; Paute-Ecuador	23
Figura 3: Número de nematodos de los géneros Xiphinema, Psilenchus y Helicotylenchus, en los tres estadios diferentes del cultivo de tomate de árbol Guachapala-Ecuador.	26

Lista de Anexos

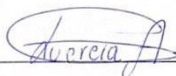
Anexo 1: Parcelas de plantaciones de tomate de árbol donde se tomaron las muestras de suelo como fueron cultivo maduro (A), Cultivo en producción (B), Cultivo Joven (C).	35
Anexo 2: Montaje de muestras de suelo en el laboratorio	35
Anexo 3: Vista de nematodos a través de microscopio	35
Anexo 4: Vista de nemátodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.	36
Anexo 5: Vista de nemátodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.	36
Anexo 6: Vista de nemátodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.	36
Anexo 7: Vista de nemátodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.	37
Anexo 8: Vista de nemátodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.	37

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Genesis Lucrecia Alvarez Alvarez en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Análisis poblacional de nematodos en tres etapas productivas diferentes del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el cantón Guachapala-Azuay”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 9 de noviembre de 2022



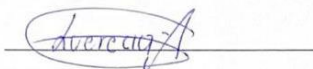
Genesis Lucrecia Alvarez Alvarez

C.I: 0302874235

Cláusula de Propiedad Intelectual

Genesis Lucrecia Alvarez Alvarez, autor/a del trabajo de titulación “Análisis poblacional de nematodos en tres etapas productivas diferentes del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el cantón Guachapala-Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 9 de noviembre de 2022



Genesis Lucrecia Alvarez Alvarez

C.I: 0302874235

AGRADECIMINETO

Agradezco en primer lugar a mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi vida, pues siempre han estado para apoyar decisión que he tomado tanto en lo personal como en el ámbito académico, a mis padres que a pesar de la situación siempre confiaron en mí. A mi tutor de tesis el Ing. Walter Larriva por su acompañamiento y apoyo incondicional durante este trabajo de investigación, además de compartir su conocimiento conmigo. También agradezco a la Ing. Adriana Tenesaca que me ayudo en cuanto al trabajo en el laboratorio y finalmente a Miguel Vélez quien de igual forma me ayudó y acompañó durante todos los meses del trabajo de campo.

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico a mis abuelos Daniel y Victoria, Alberto y Lucrecia, quienes me han demostrado que con trabajo duro y muchas ganas de salir adelante se puede conseguir muchas cosas en la vida y además que siempre han estado apoyándome en cada etapa de mi vida y han sido ejemplo de entrega y dedicación a la familia.

- CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El tomate árbol *Solanum betaceum* Cav es una especie originaria de los Andes cuya domesticación y cultivo datan antes del descubrimiento de América. Fue una especie cultivada por los habitantes del Perú y conforma parte del grupo de alimentos que fueron rezagados luego de la llegada de los españoles al continente. A pesar de su antigüedad, se desconocen nombres en lenguas nativas de la región (Buono, Aguirre, Abdo, & Ansonnaud, 2018). En Ecuador el cultivo de tomate de árbol está en mayor presencia en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja (Revelo *et al.*, 2004). En lo referente a la provincia del Azuay los cantones en los cuales se ha reportado mayor producción de esta especie frutal son: Paute, Guachapala, El Pan y Sevilla de Oro (Díaz, Canto, Alegre, Camarena, & Julca, 2017).

En la región interandina del Ecuador, durante el periodo 2015-2017, en área de cultivo de tomate de árbol se evidenció un notable crecimiento del 70 %, pasando de 4500 a 7600 ha. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería el cultivo de *Solanum betaceum* se sitúa en el décimo puesto de los cultivos frutícolas en términos de rendimiento, y en décimo quinto lugar en términos de área cultivada en el Ecuador. Se ha podido notar que el área cultivada y cosechada, así como el rendimiento por hectárea del cultivo, ha presentado sin duda un importante crecimiento en los últimos años, además el Banco Central del Ecuador comunicó que durante el período 2010-2014 hubo un aumento en las exportaciones, pasando de 20 500 a 27 000 t con respecto al período 2005-2009. Actualmente, se calcula que existe una producción anual de 39 725 t de tomate de árbol de los cuales al menos 30 500 t son aprovechadas por la agroindustria y exportadoras, mientras que 8600 t son comercializadas en estado fresco en mercados nivel local y por comerciantes pequeños a nivel regional (Moreno, Molina, Ortiz, Peñafiel, & Moreno, 2020).

En el país, el cultivo de tomate de árbol es practicado principalmente por pequeños y medianos productores, habiéndose reportado según el SIPA (2020) 1944 ha de superficie plantada en el territorio nacional de este cultivo en el año 2020 (SIPA, 2021).

UCUENCA

Se considera que en el Ecuador la producción de tomate de árbol está estancada ya que ha presentado grandes limitantes para expansión del cultivo y la exportación de la fruta como son: la falta de calidad y por la susceptibilidad a insectos plaga y enfermedades (Viera, y otros, 2016).

Los productores se ven afectados por este problema fitosanitario debido a que para el control que se da al cultivo es necesario la aplicación de productos químicos de síntesis complejas y que a veces podrían presentar contaminación por efectos residuales. El productor de tomate de árbol para alcanzar rentabilidad enfrenta problemas relacionados con escasez de plantas de buena calidad para establecer los huertos, un complejo de enfermedades, presencia de vectores y principalmente la falta de conocimiento más profundo de las prácticas de control que el cultivo requiere, esto debido entre otras causas a la falta de transferencia de tecnología (Chiliquinga, 2015).

Entre los problemas fitosanitarios que se presentan, están los nematodos fitopatógenos que afectan al cultivo de esta especie frutal, pues un estudio realizado en el Valle del Cauca, Colombia, determinó que los géneros con mayor importancia fueron: *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* (Losada, 2010). En Ecuador se ha señalado la presencia del nemátodo *Meloidogyne incognita* en cultivos de tomate de árbol, causando pérdidas significativas; sin embargo, los nematodos son considerados como una de las grandes limitantes en la producción de los cultivos debido a que no hay suelo que no los tenga, aunque para producir daños su número tiene que ser elevado y las especies de plantas tienen que ser sensibles a ellos (Ramírez, Grijalva, Navarrete, & Guerrero, 2015).

El Ecuador siendo un país tropical está expuesto a la proliferación de este tipo de nematodos, por ello el objetivo del estudio es poder analizar y conocer la abundancia de estos organismos en diferentes profundidades y en tres edades cronológicas del cultivo, lo cual permitirá tener información sobre el comportamiento de la población de nematodos según su edad de cultivo, permitiendo con aquello tener un perfil de la dinámica población de las especies asociadas con dicha especie frutal y tomar medidas de manejo oportunas y sustentables.

- CAPITULO II: OBJETIVOS

2.1. GENERAL:

Analizar la población de nematodos en tres etapas productivas diferentes del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el cantón Guachapala-Azuay.

2.2. ESPECÍFICOS:

- Cuantificar la población de nematodos fitófagos presentes en el suelo a distintas profundidades (5cm-10cm-15cm-20cm-25cm), en el cultivo de tomate de árbol en tres etapas productivas diferentes.
- Cuantificar las poblaciones de nematodos fitófagos asociados a las raíces del tomate de árbol en tres etapas productivas del cultivo.

- CAPITULO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

UCUENCA

3.1 EL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL EN ECUADOR

El cultivo de tomate de árbol es considerado un cultivo tradicional del Ecuador que con el paso del tiempo ha llegado a ser cultivado en varias provincias de la Sierra ecuatoriana, principalmente en las provincias de Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Azuay, notándose un crecimiento de la demanda interna por lo que se convirtió en la fuente de ingreso de pequeños y medianos productores (Lucas, Maggi, & Yagual, 2011), al ser un cultivo de trascendencia se busca con el tiempo llegar a convertirlo en un producto de exportación no tradicional permanente, siendo los principales compradores España y Estados Unidos de América habiéndose registrado en el 2012 un envío de 22 toneladas métricas a Estados Unidos de América y a España alrededor de 15 toneladas métricas y al año 2018 un incremento llegando a enviar hasta 205 toneladas métricas de tomate de árbol a Estados Unidos y alrededor de 18 toneladas métricas a España (Rodríguez, 2021).

3.2 LOS PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL TOMATE DE ÁRBOL

Pese al incremento en la demanda, este cultivo tiene fuertes limitaciones en lo que respecta a problemas fitosanitarios, entre los que destacan: enfermedades causadas por hongos como antracnosis (*Colletotrichum spp.*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Mancha negra del tronco (*Fusarium solani*), muerte descendente (*Fusarium oxysporum*) entre otras, también insectos plaga como pulgones (*Aphis sp.*), chinches (*Leptoglossus zonatus*), gusanos trozadores (*Agrotis sp.*), y por último problemas causados por nematodos fitopatógenos destacando *Meloidogyne incognita* (Revelo, Mora, Gallegos, & Garces, 2008).

3.3 PERDIDAS CAUSADAS POR NEMATODOS FITOPATÓGENOS

Las pérdidas ocasionadas por nematodos fitopatógenos están directamente relacionadas al daño que los mismos pueden causar en las raíces de las plantas, llegando a disminuir el rendimiento y productividad del cultivo afectado, pudiendo causar pérdidas en cultivos de interés económico que pueden alcanzar cerca de 80

UCUENCA

billones al año a nivel mundial, con un porcentaje de pérdida del 8% al 15% en cultivos como: banano, yuca, coco, remolacha, caña de azúcar, papa, tomate de árbol entre otros (Un, y otros, 2021).

3.4 IMPORTANCIA DE NEMATODOS FITOPATÓ GENOS EN CULTIVOS

Los nematodos fitopatógenos se convierten en un problema cuando sus poblaciones se disparan a tal punto que llegan a ser perjudiciales para las plantas o cuando las condiciones se prestan para ello, comúnmente en suelos arcillosos o arenosos, en perfiles superficiales de suelo, también en mono cultivos o cuando no se tiene prácticas agrícolas adecuadas tiendo marcos de plantación demasiado densos (Lopez, Solilán, Caballero, Grabowski, & Enciso, 2021), por ello es importante analizar las poblaciones de nematodos para prevenir y controlar sus poblaciones a tiempo pues en el caso del tomate de árbol se podría llegar a reducir en un 50% la vida útil del cultivo y tener pérdidas entre el 11% y 14% de la producción, y un 90% en caso que exista interacción de nematodos con el hongo *Fusarium spp.* (Ramírez, Grijalva, Navarrete, & Guerrero, 2015).

3.5 NEMATODOS FITOPATOGENOS

El termino nemátodo, proviene de los vocablos griegos nema que significa “hilo” y eidés u oidos, que significan “con aspecto de”, habiéndolos definido como animales invertebrados, con cuerpo que carece de segmentos, cubiertos con una cutícula transparente, la cual suele estar marcada por estrías; muchas veces redondeados en sección transversal, con boca, sin extremidades ni apéndices, muy parecidos a lombrices o anguilas habiéndose reportado cerca de 26.646 especies de las cuales se consideran nematodos de vida libre 10.681 especies; nematodos parásitos de invertebrados 3.501 especies, de vertebrados 8.359 especies y nematodos de plantas 4.105 (Guzmán, Castaño, & Villegas, 2012).

Según su interacción con la agricultura podemos distinguir los siguientes grupos:

UCUENCA

Nematodos fitopatógenos: Estos afectan de forma negativa a los cultivos siendo en ocasiones plagas de importancia económica. Al decir de Armendariz et al., (2015), de todos los géneros descritos que tienen importancia por su hábito fitopatógeno y el daño que causan, los más destacados son los siguientes: *Meloidogyne*, *Hemicriconemoides*, *Longidorus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Belonolaimus*, *Criconemella*, *Criconema*, *Xiphinema*, *Paratylenchus* y *Helicotylenchus* entre otros. También se describen nematodos entomopatógenos que se caracterizan por infectar a insectos y otro tipo de plagas siendo beneficiosos ya que ayudan a controlar de forma natural sus poblaciones, en este grupo se encuentran los géneros de *Heterorhabditis* y *Steinernema*. Y por último tenemos a los nematodos de vida libre los cuales se encuentran en la naturaleza cumpliendo con la homeostasis que debe existir, la mayoría de especies entran en este grupo y ayudan principalmente en la dinámica del suelo, estos se clasifican en distintos grupos tróficos como bacterianos, omnívoros, predadores, fungívoros y fitófagos (Armendáriz, Quiña, Ríos, & Landázuri, 2015).

Sin embargo, en esta investigación nos centraremos en los nematodos fitopatógenos y sus interacciones con otros agentes causantes de enfermedades ya que de una u otra forma impactan en el rendimiento de los cultivos.

3.5.1 MORFOLOGIA

Los nematodos fitopatógenos son organismos multicelulares, pseudocelomados, pertenecientes al Phylum Nematoda, poseen una simetría bilateral, son vermiformes en su mayoría, carecen de apéndices, su tamaño varía entre las 300 μm -1000 μm , cuentan con sistema digestivo, excretor, nervioso, muscular y reproductor, carecen de sistema circulatorio y respiratorio (Perry & Moens, 2011).

El sistema digestivo encargado de succionar y absorber los alimentos, incluye la cavidad bucal, la cual consta de un estilete para la sujeción de presas (Sánchez & Talavera, 2013), dicha boca es circular y está rodeada por seis labios en las formas de vida libre, en tanto que en las formas zooparásitas pueden reducirse a tres labios. La cavidad bucal puede presentar estructuras accesorias como dientes, placas, estiletos y

UCUENCA

espinas, además, el tracto digestivo, incluye el recto y ano (Navone, Achinelly, Notarnicola, & Zonta, 2011).

El sistema excretor tiene una función secretora y de osmoregulación, consiste en una glándula ventral conectada por un ducto a un poro ventral. El sistema nervioso está caracterizado por el anillo nervioso conectado a ganglios y a nervios que corren longitudinalmente a través de los cordones epidermales. El sistema muscular es liso y está compuesto por cuatro paquetes dispuestos longitudinalmente dos dorsales y dos lateroventrales (Alcasio & Perez, 2014).

En cuanto al sistema reproductor las hembras tienen uno o dos ovarios, seguidos por un oviducto y útero que termina en una vulva, abertura común con el intestino. Los huevos se producen en el ovario. El sistema genital masculino está compuesto de uno o dos testículos (Bongers & Esquivel, 2015).

La reproducción en los nematodos fitoparásitos es a través de huevos y puede ser sexual o partenogenética, muchas especies carecen de machos. Los nematodos poseen cuatro etapas larvarias acompañadas de una muda (J1-J4), la primera a menudo se produce dentro del huevecillo, después de la última muda estos se diferencian en machos y hembras (Alcasio & Perez, 2014).

3.5.2. DAÑOS CAUSADOS POR NEMATODOS FITOPATOGENOS

Los nematodos que atacan a las plantas se denominan fitoparásitos, se caracterizan por ser pequeños gusanos de forma redonda que se alimentan de la parte subterránea de las plantas, como las raíces siendo biógrafos obligados. Los nematodos llegan a crear interacciones específicas con sus hospederos mediante el uso del estilete que forman parte de su aparato bucal con el cual perforan las células de las plantas y extraen nutrientes. Además su estilete puede llegar a secretar moléculas conocidas como efectoras en los tejidos de la planta huésped con lo cual facilitan el parasitismo, llegando a causar pérdidas de rendimiento de cultivo y evidentemente pérdidas económicas a los productores (Vieira & Gleason, 2019).

UCUENCA

De los nematodos fitoparásitos que atacan y causan daño a las plantas, se consideran aquellas que se alojan y se alimentan en las raíces de éstas como las de mayor interés en la agricultura, habiendo sido motivo de mucho estudio; de los géneros más importantes que afectan al sistema radicular se menciona entre otros: *Meloidogyne*, *Globodera*, *Heterodera*, *Pratylenchus* y *Radophulus* como los más perjudiciales en la agricultura por las pérdidas que generan los daños que ocasionan (Wilschut & Geisen, 2021).

La mayoría de las especies de nematodos fitoparásitos viven alrededor de las raíces de las plantas donde perforan las células y extraen su contenido, dejando a su paso un rastro de metabolitos y huevos que matan las células ocasionando la muerte de las raíces, creando un desbalance de macro y micro-nutrientes que afectan su metabolismo y crecimiento; en general se forma un sistema radicular débil y poco profundo con muchas áreas muertas. Las alteraciones del sistema radical intervienen con los procesos fisiológicos que están relacionados con la absorción de agua, nutrientes y las fitohormonas ocasionando daños primarios. La combinación de efectos primarios y secundarios causa disminución en el crecimiento y productividad de las plantas afectadas en comparación con las plantas sanas que no han sido atacadas por nematodos o la población del mismo no ha llegado a causar daño (Wilschut & Geisen, 2021).

Entre los principales procesos que se ven afectados en las plantas que están infectadas por nematodos tenemos: tasa fotosintética y el contenido de clorofila ya que estos factores depende en gran medida de la capacidad de la planta de obtener nutrientes a través de la raíz, además de la conductancia estomática que está directamente relacionada con la capacidad que haya desarrollado la raíz para absorber agua y condiciones foto-químicas, otro de los procesos que se ve afectado es la expansión del área foliar y acumulación de materia seca, cabe recalcar que el rendimiento de la planta se reduce y la raíz va debilitándose y disminuyendo el consumo de agua, también la respiración de la planta se ve considerablemente afectada alterando muchos de los procesos antes mencionados (Siddique, Coomer, Baum, & Moriz, 2022).

3.5.3. DISTRIBUCIÓN DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS

Para entender la distribución de los nematodos en los diferentes tipos de suelo debemos tomar en cuenta que los nematodos se concentran cerca de sus presas. Los nematodos que se alimentan de bacterias abundan cerca de las raíces donde se concentran bacterias; los que se alimentan de hongos están alrededor de la biomasa fúngica; los nematodos que se alimentan de raíces normalmente se concentran cerca de las raíces de plantas estresadas o plantas que son susceptibles. Los suelos con textura más gruesas suelen albergar mayor cantidad de nematodos debido a su tamaño. En suelos agrícolas habitualmente se puede encontrar alrededor de 100 nematodos por cada gramo seco de suelo. Mientras que en los pastizales pueden contener de 50 a 500 nematodos, y finalmente los suelos de los bosques generalmente contienen varios cientos por gramo (USDA, 2022).

También debemos tener en cuenta que las partículas del suelo y la porosidad afectan directamente el movimiento y la alimentación de los nematodos, pues se ha encontrado mayor número de nematodos en suelos con textura arenosa que en los suelos mayormente arcillosos lo que está relacionado a la medida del tamaño del espacio poroso en el suelo ya que los nematodos solo pueden migrar a través de poros con un diámetro $>30 \mu\text{m}$ (Quist, y otros, 2019).

3.6. FACTORES AMBIENTALES EN LA BIOLOGÍA DEL NEMÁTODO.

Factores ecológicos como la altitud, la temperatura, y la precipitación son los principales factores que controlan la diversidad de nematodos. Factores edáficos y climáticos del suelo como la humedad y el pH son esenciales para la estructura de la comunidad de nematodos (Un, y otros, 2021).

Bakonyi et al. (2007) encontró que la estructura y la diversidad de las comunidades de nematodos son más sensibles a pequeñas fluctuaciones en la humedad y la temperatura del suelo. La temperatura es un factor abiótico esencial para la biología y el

UCUENCA

desarrollo de nematodos ya que son organismos poiquilotérmicos (Bakonyi, y otros, 2007)

La temperatura puede provocar que la población de nematodos descienda, y que la distribución de la población varíe por este cambio, esto se podría evidenciar en las diferentes generaciones de nematodos en el suelo. Algunos estudios han demostrado que la humedad del suelo tiene un papel esencial en el mantenimiento de la vida de los nematodos en hábitats secos (Song, y otros, 2016).

3.7. DISTRIBUCIÓN DE NEMATODOS EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL SUELO.

Se ha reportado que el mayor número de nematodos por gramo de suelo se encuentra entre los 0 y 15 cm de profundidad, probablemente porque existe un microclima adecuado para su desarrollo y abundante materia orgánica y por qué de los 0 a 5 cm el suelo es fácilmente perturbado por el entorno (Ou, y otros, 2005).

Cabe recalcar que existe irregularidad en la distribución de nematodos en suelos que han sido cultivados y que los nematodos son mayormente abundantes alrededor de las raíces de las plantas susceptibles, teniendo en cuenta que estas raíces se pueden extender desde los de 30 a 150 cm de profundidad. Por lo que se dice que existe una mayor concentración de nematodos en la región radical del hospedero por la abundancia de alimento y por la atracción que tienen por las sustancias que han sido liberadas en la rizósfera (Chiliquinga, 2015).

- **CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS**

Entre los materiales y métodos empleados en la presente investigación se tiene:

4.1. MATERIALES

4.1.1. Equipos.

- Estéreo microscopio o microscopio

UCUENCA

- Cámara

4.1.2. Materiales de Laboratorio.

- Porta objetos
- Trípode
- Embudo
- Mangueras
- Fundas plásticas
- Papel absorbente
- Abrazaderas

4.1.3. Materiales de Oficina.

- Computador

4.1.4. Materiales Químicos.

- Lactofenol

4.1.5. Materiales Biológicos.

- Muestras de suelos
- Muestras de Raíz
- Nematodos
- Agua.

4.2. Métodos.

4.2.1. Área de Estudio.

El área de estudio estaba ubicada en la región Sierra sur dentro de la Zona de Planificación 6, en la provincia del Azuay, cantón Guachapala, específicamente en la granja experimental “El Romeral” perteneciente a la Universidad e Cuenca.



4.2.2. Metodología para la investigación experimental

La investigación experimental del proyecto abordó dos (2) objetivos específicos que consistieron respectivamente en:

Para el objetivo específico 1

- Cuantificar la población de nematodos fitófagos presentes en el suelo a distintas profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm) en el cultivo de tomate de árbol en tres etapas productivas diferentes.

Se procedió a la recolección de diferentes muestras de suelo a sus respectivas profundidades y en tres estados cronológicos del tomate (inicial, productiva, final), se extrajo estas muestras de suelo con la ayuda de una pala, donde progresivamente se iba separando las muestras desde los 5 cm hasta los 25 cm de profundidad, luego estas muestras fueron llevadas y analizadas en el laboratorio para la identificación y cuantificación de los nematodos. Para la extracción de los nematodos se empleó el embudo de Baermann y posteriormente para su identificación y cuantificación se usó un microscopio.

En la granja el Romeral, se procedió a ubicar los huertos en los tres (3) estados cronológicos diferentes (cultivo en etapa productiva inicial, cultivo en plena etapa productiva y cultivo en etapa productiva final); luego y de manera aleatoria se seleccionaron las Unidades Experimentales (plantas), en las cuales se tomó las muestras de suelo requeridas.

UCUENCA

De cada planta y profundidad en estudio, se extrajo una muestra de suelo de aproximadamente un (1) kg, la cual fue colocada en una funda plástica (de cierre hermético) e identificada adecuadamente mediante el uso de etiquetas, para luego depositarla en un cooler y de esa manera fueron transportadas las muestras de suelo hasta el laboratorio para su procesamiento. Cabe mencionar que, debido a la limitación de disponibilidad de equipos y materiales de laboratorio, así como al tiempo requerido para la extracción e identificación de los nematodos, las muestras de suelo fueron tomadas en tres fases (las mismas que se desarrollaron de manera continua), comenzando con el cultivo en la etapa productiva inicial y en las cinco (5) profundidades previstas.

Para el objetivo específico 2

- Cuantificar las poblaciones de nematodos fitófagos asociados a las raíces del tomate de árbol en tres etapas productivas diferentes del cultivo.

Para la toma de muestras de raíz, se procedió de manera similar a la toma de muestras de suelo. De las plantas seleccionadas se tomó aproximadamente 200 – 300 gramos de raíces más suelo. La muestra fue colocada en una funda plástica de cierre hermético, con su respectiva identificación y posteriormente depositada en un cooler para su traslado al laboratorio.

Una vez en el laboratorio las raíces fueron lavadas y se retiró el suelo presente en la muestra, luego estas fueron cortadas en pedazos pequeños y se pesó alrededor de 25 gr de raíz. Con las raíces así preparadas se empleó el método de Baermann, y se procedió a extraer, identificar y cuantificar los nematodos presentes. Para ello se empleó técnicas de clarificación mediante lactofenol y para la identificación se utilizó la clave para identificar Géneros de nematodos fitófagos de Mai et. al. (1996).

4.3. Análisis estadístico

UCUENCA

Se realizó un estudio descriptivo, muestreando las diferentes situaciones que se presenten, utilizando modelos de regresión lineal múltiple. Las variables de las muestras se midieron en función de la profundidad y edad. Las muestras se tomaron al azar, donde cada muestra constó de cinco árboles por etapa productiva y se tomaron las muestras en cinco profundidades.

Las variables en estudio fueron:

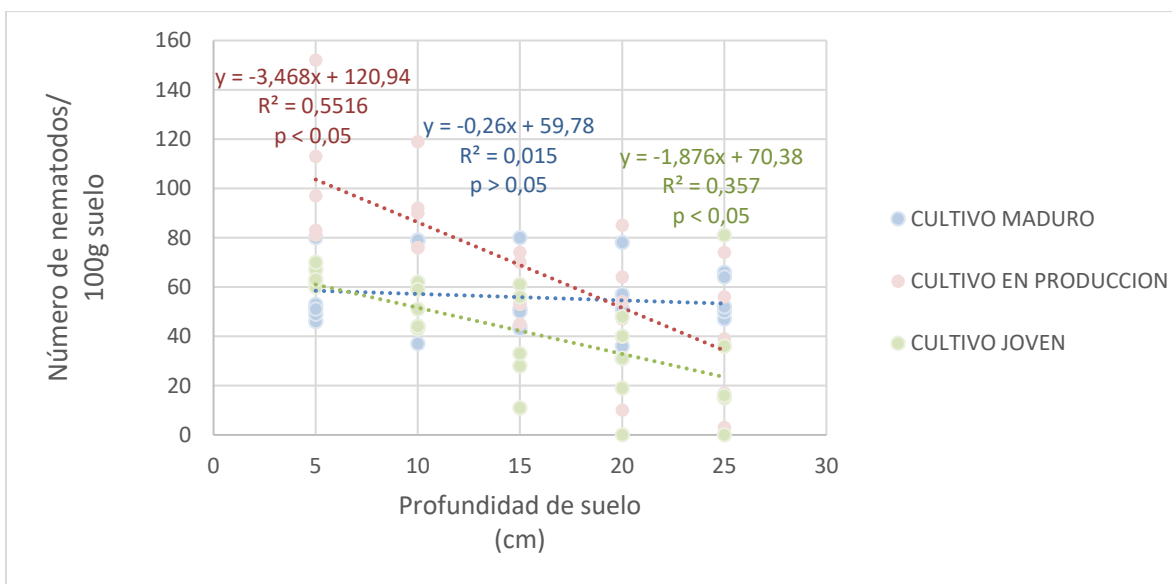
- Especies y número de nematodos encontrados en las cinco (5) diferentes profundidades del suelo.
- Especies y número de nematodos encontrados en las raíces del tomate de árbol.

- CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. POBLACIÓN DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS

Mediante un análisis de regresión lineal se representó la relación existente entre la población de nematodos fitopatógenos y las distintas profundidades en diferentes estadios del cultivo de tomate de árbol, en la Figura 1 podemos evidenciar la distribución de nematodos con respecto a la profundidad del suelo.

Figura 1: Distribución de nematodos fitopatógenos en el cultivo de tomate de árbol.



Elaboración: Alvarez, 2022

Nota: Los valores de p inferiores a 0,05 presentan una distribución lineal

En la Figura 1 podemos evidenciar que tanto el cultivo joven de tomate de árbol como el cultivo en producción presentan una tendencia similar y estadísticamente significativa en lo que respecta a la presencia de nematodos fitopatógenos, siendo esta la concentración más alta de nematodos entre los 5 cm y 15 cm de profundidad y reduciéndose la población a más profundidad, entre los 20 y 25 cm; sin embargo, la tendencia en la población de nematodos en el cultivo maduro del tomate de árbol es similar tanto en los 5 cm como en los 25 cm de profundidad.

UCUENCA

Los nematodos fitoparásitos habitan en la capa arable del suelo es decir existe mayor abundancia en los primeros treinta centímetros de profundidad y es aquí donde causan daño y lesiones a las raíces en los cultivos, ya que dichos nematodos dependen específicamente de las plantas u hospederos para completar su ciclo de vida; a diferencia de los nematodos de vida libre que por el contrario pueden completar su ciclo de vida fuera de su hospedero (Lopez, Soilán, Caballero, Grabowski, & Enciso, 2021). Corroborando esta información con lo mencionado por Ferraz y Brown (2016), que la distribución vertical de los nematodos fitopatógenos depende de muchos factores entre los cuales está la especie de nematodo, el cultivo huésped e inclusive la textura del suelo, no obstante en muchos estudios realizados se encontró que la mayor población de nematodos se encuentra entre los 20 cm y 30 cm de profundidad (Ferraz & Brown, 2016).

Rueda et al. (2015) señalan que “los nematodos son activos consumidores de micro flora y actúan como saprófitos principalmente, mediando la descomposición y liberación de nutrientes disponible para absorción de las plantas”. Otro de los factores influyentes en la dinámica poblacional de nematodos en la superficie del suelo son los factores abióticos tales como temperaturas altas o bajas y las condiciones favorables para el desarrollo de nematodos son: suelos ligeros con buena humedad y temperatura óptima de 25 a 30 °C son ideales para el crecimiento y desarrollo de dichos organismos (Ferraz & Brown, 2016), lo cual se pudo observar en los estadios joven y maduro puesto que el terreno se encontraba mayormente labrado, e incluso libre de maleza, se pudo tomar las muestras de suelo mucho más rápido, pues el suelo no se encontraba compactado y tenía buena aireación lo cual puede también favorecer el desarrollo de nematodos, esto justifica la población de nematodos obtenida en los estadios mencionados anteriormente y la tendencia que la dinámica poblacional.

Los factores abióticos como bióticos son fundamentales para el desarrollo de las comunidades de nematodos y más aun de los diferentes géneros según Ferraz & Brown (2016), hay factores ambientales que se consideran más importantes que otros como por ejemplo la temperatura y la humedad del suelo son más relevantes que la textura y el pH del suelo para el desarrollo de los nematodos, ya que la temperatura

UCUENCA

puede afectar directamente la tasa metabólica en nematodos, por lo cual se asocia que la variación de la población de nematodos en los diferentes estadios del tomate de árbol del estudio en cuestión pudo estar sujeta a las diferencias entre el del manejo agronómico en cada uno de estos estadios con respecto al riego de cada parcela.

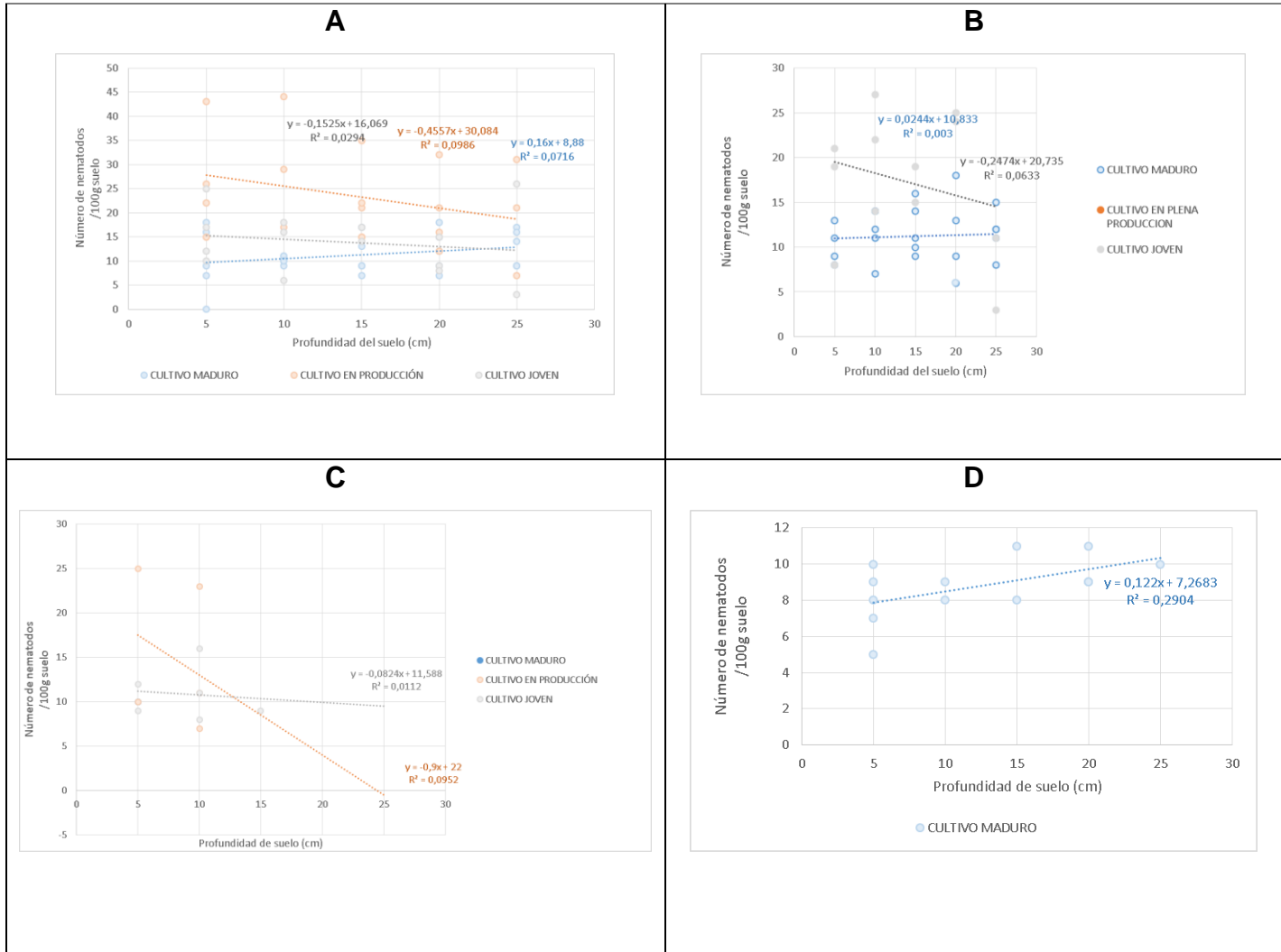
Otros estudios como el de Salazar, et al, (2013) titulado “nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua” reporta que la población de nematodos se ve fuertemente afecta por la etapa fenológica en la que se encuentra, esto se debe a que los nematodos fitopatógenos tienen una relación estrecha con su hospedero al momento de completar su ciclo de vida pues se desarrollan paralelamente ya que el cambio en la vegetación hospedera afecta directamente a los organismos vivos que se encuentran a su alrededor, lo cual podemos evidenciar en los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que en la etapa joven del cultivo de tomate de árbol tenemos una tendencia lineal de nematodos, abundando en los primeros centímetros del suelo, a medida que el cultivo se desarrolla esta tendencia se acentúa aún más probablemente porque existe más alimento para los patógenos, debido a que también hay una mayor zona radical desde la cual alimentarse, mientras que cuando el cultivo va envejeciendo se observa que la dinámica poblacional de nematodos se mantiene tanto en mayor profundidad como en la superficie (Figura 1)

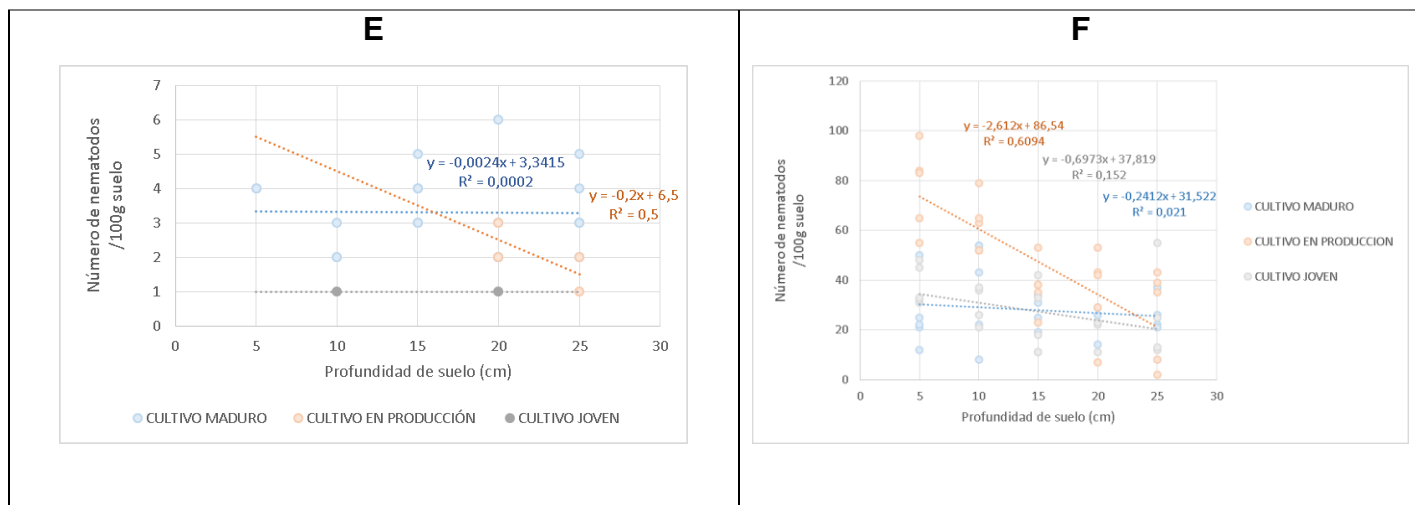
5.2. GÉNEROS FITOPATÓGENOS PREDOMINANTES

Con respecto a los géneros de nematodos fitopatogenos presentes en las muestras de suelo se identificaron seis (6) géneros que fueron predominantes los cuales se mencionan a continuación: *Psilenchus spp.*, *Helicotylenchus spp.*, *Aphelenchus spp.*, *Meloidogyne spp.*, *Criconemoides spp.*, *Xiphinema spp.*

Los diferentes géneros de nematodos encontrados en las muestras de suelo no estuvieron presentes en todos los estadios del cultivo de tomate de árbol por lo que a continuación en la Figura 2 se detalla la población de nematodos que se fue encontrando en cada una de las etapas del cultivo de tomate de árbol.

Figura 2: Población de géneros de nematodos en diferentes profundidades de suelo en cultivos de tomate de árbol con distintas edades cronológicas; Paute-Ecuador, Género *Psilenchus* sp. (A), Género *Helicotylenchus* sp. (B), Género *Aphelenchus* sp. (C), Género *Meloidogyne* sp. (D), Género *Criconemoides* sp. (E), Género *Xiphinema* sp. (F).





Elaboración: Alvarez, 2022

En la Figura 2, se muestra la población de los diferentes géneros de nematodos identificados en las muestras de suelo tomadas en los distintos estadios del cultivo de tomate de árbol, además podemos evidenciar la tendencia que tienen cada uno mediante el grafico de dispersión; sin embargo, no todos los géneros fueron encontrados en los tres estadios, por ejemplo: el género *Meloidogyne* spp. (D) únicamente se encontró en el cultivo maduro, así como el género *Xiphinema* spp. (F), en tanto que el género *Psilenchus* spp. (A) estuvo presente en los estadios joven, en producción y maduro; a diferencia del género *Criconemides* spp. (E) se encontró en los estadios en producción y maduro, mientras que el género *Aphelenchus* spp. (C) se encontró en los estadios joven y en producción, finalmente el género *Helicotylenchus* spp. (B) únicamente fue encontrado en los estadios joven y maduro.

El género *Meloidogyne* spp. Se pudo evidenciar en el cultivo de tomate de árbol maduro, más no se tuvo presencia de este género en los otros estados del cultivo. Al género *Meloidogyne* se considera una de las plagas del suelo más importantes en el cultivo de tomate de árbol, ya que causan heridas y daños en las raíces siendo un indicador los nódulos y agallas que forman a nivel de este órgano, con lo cual le vuelve propenso al ingreso de microorganismos fitopatógenos, sobre todo hongos, que habitan en el suelo (CCB, 2015).

UCUENCA

Los géneros *Xiphinema spp* y *Psilenchus spp* no se han reportado en estudios anteriores en la provincia del Azuay como plagas en este cultivo; sin embargo, hay que tener en consideración que el género de nemátodo *Xiphinema spp* es particularmente conocido por ser transmisor de diferentes virus que atacan a la familia de las solanáceas (Chaves, Rusconi, Salas, & Achinelly, 2019). Entre los virus que estos nematodos pueden transmitir mientras se alimentan se encuentran el virus de la mancha anula del tomate (ToRSV) y el virus de la mancha anular del tabaco (TRSV) (Lopez, Soilán, Caballero, Grabowski, & Enciso, 2021).

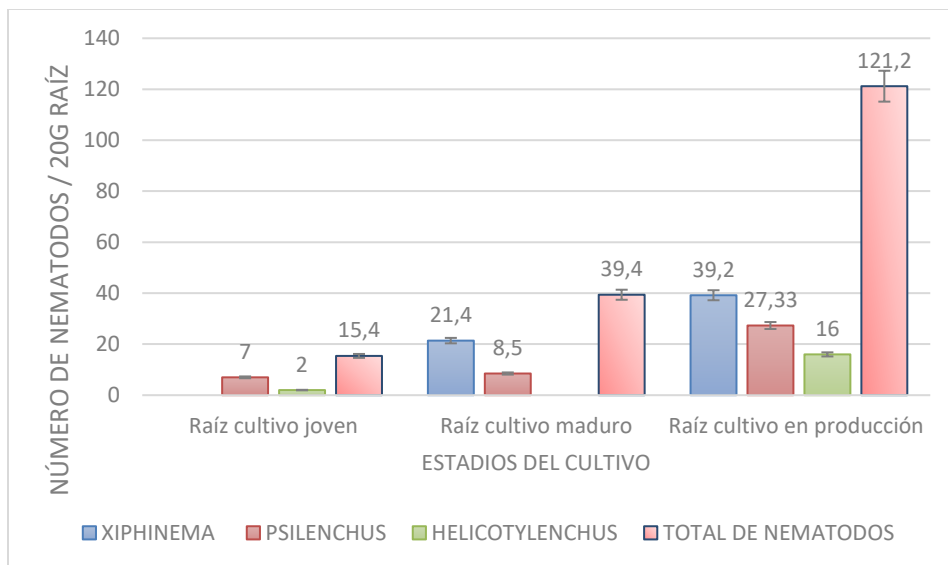
En cuanto al género *Psilenchus spp* puede tener cierta importancia ya que tiene hábitos micófagos que podrían llegar a afectar la micorriza y predisponer a la planta al ataque de otros patógenos (Rueda, y otros, 2015).

A diferencia los de los géneros *Criconemides spp.*, *Aphelenchus spp*, *Helicotylenchus spp*, fueron reportados por Ramírez *et. Al*, (2015) quienes afirman que la ubicación geográfica influye en la distribución de nematodos y la diversidad de géneros de nematodos. También en el 2017 Vásquez y Soria reportan que estos géneros de nematodos en el cultivo de tomate de árbol en el Ecuador se han adaptado al cultivo y han podido llegar a existir dentro del nódulo de la raíz o en el suelo, también mencionan que el número de nematodos no necesariamente debe tomarse como una indicación de infestación sino también puede indicar la variación entre los ciclos de vida de cada género de nematodo y como estos se desarrollan en el suelo o en las raíces de las plantas, lo cual resulta fundamental al realizar controles en los cultivos.

5.3. NÚMERO DE NEMATODOS PRESENTES EN RAÍCES

En el caso de las muestras de raíz al realizar el conteo de número de nematodos también se procedió a identificar los géneros predominantes de los cuales se encontraron los siguientes (Figura 3).

Figura 3: *Número de nematodos de los géneros Xiphinema, Psilenchus y Helicotylenchus, en los tres estadios diferentes del cultivo de tomate de árbol Guachapala-Ecuador.*



Elaboración: Alvarez, 2022

En la Figura 3 se puede observar tanto los géneros de nematodos, así como el número de éstos en las muestras de raíz, de los cuales el género *Psilenchus spp* se encontró en los tres estadios del cultivo de tomate de árbol, mientras que si observamos la tendencia de *Xiphinema spp* disminuye su población a medida que madura el cultivo, pues hay presencia de este género en la etapa de plena producción y cuando el cultivo se encuentra en madurez; en tanto que el género *Helicotylenchus* solo se evidencio en el estadio joven y en plena producción, notándose su ausencia en el estadio maduro del cultivo de tomate de árbol, mostrando que aumenta su población a medida que el cultivo se va desarrollando.

Los géneros de nematodos encontrados son ectoparasitos los cuales al introducir su estilete en la zona radical lesionan el tejido y provocan pequeños daños que no se perciben al ojo humano; sin embargo, las poblaciones de estos nematodos pueden ser altamente dañinas, a pesar de que, su número no sea relevante, es decir, en poblaciones bajas causan un daño significativo a la plantación (Cantos, 2020).

En cuanto a lo manifestado por Salazar & Guzmán (2013), que la población de nematodos está relacionada al estadio en el que se encuentra el cultivo, pues esta

UCUENCA

evoluciona paralelamente al desarrollo de la planta, en el caso de la presente investigación, se pudo ver mayor incidencia de nematodos fitopatógenos en la etapa de producción donde el cultivo a alcanzado su máximo desarrollo antes de la decadencia donde se observa menor incidencia de nematodos.

En cuanto a los géneros encontrados en la raíz, *Xiphinema spp* provoca en las raíces hipertrofia celular y prominencia terminal debido a la inyección de saliva fito-toxica lo cual con el tiempo conlleva a la formación de agallas en los extremos radicales y seguidamente la destrucción de la raíz además del debilitamiento de la planta, sin exceptuar que este género en particular es un vector de virus (Mendoza, 2021).

En el caso del género *Helicotylenchus spp* al poseer un estomato-estilete en la parte anterior, perfora y daña los tejidos radicales al extraer nutrientes de la planta hospedera, donde el daño se evidencia mediante la disminución de la producción y un crecimiento vegetal deficiente (Guzmán, 2011).

- CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se determinó que la mayor densidad de nematodos se encuentra en las capas superficiales del suelo, entre los 0 y 5 cm de profundidad ya que está directamente relacionado a las necesidades biológicas y el ciclo vital de cada especie de nematodo ya que estos se alimentan de las raíces de las plantas.

Se concluye que existe diversidad en los géneros de nematodos presentes en cultivo del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) dependiendo de la etapa fenológica en la que este se encuentre, teniendo en cuenta que cuando el cultivo se encuentra ya en su fase fenológica final existe menor diversidad de géneros de nematodos pero mayor número de nematodos presentes.

Los géneros de nematodos que se encontraron en la presente investigación fueron: *Psilenchus spp*, *Helicotylenchus spp*, *Aphelenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Criconemoides spp*, *Xiphinema spp*. De los cuales el género *Xiphinema spp*. fue el que se encontró en mayor cantidad y presente en las tres etapas fenológicas del cultivo de tomate de árbol.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la investigación con respecto a la identificación de los géneros de nematodos que existen en los suelos del cultivo de tomate de árbol para de esta manera identificar a los fitopatógenos para poder analizar su comportamiento y ciclo de vida con lo que se podría determinar en qué etapa fenológica del cultivo causan mayor daño, llegando a constituir una amenaza.

Además, se recomienda realizar estudios relacionados con factores como la temperatura, humedad y propiedades físicas y químicas del suelo que pueden influenciar en la cantidad de nematodos que están presentes en el suelo.

- REFERENCIAS

- Alcasio, S., & Perez, G. (2014). Generalidades de los nematodos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 30-31.
- Armendáriz, I., Quiña, D., Ríos, M., & Landázuri, P. (2015). Nematodos Fitopatogenos y sus estrategias de control. *Universidad de las Fuerzas Armadas*, 1-89.
- Bakonyi, G., Nagy, P., Kovács, E., Kovács, E., Barabás, S., Répási, V., & Seres, A. (2007). Soil nematode community structure as affected by temperature and moisture in a temperate semiarid shrubland. *Applied Soil Ecology*. 1-40.
- Bongers, T., & Esquivel, A. (2015). Morfología de los nematodos. *Universidad Nacional de Costa rica*.
- Buono, S., Aguirre, C. M., Abdo, G., & Ansonnaud, G. (2018). Tomate de arbol- Solanum Betaceum. Argentina: *Procisur- IICA*.
- Cámara de comercia de Bogotá (CCB) (2015) Manual de tomate de árbol. *Bogotá*.
- Cantos, E. (2020). Caracterización de géneros de nematodos. *Universidad Agraria del Ecuador fitoparásitos del suelo y raíz en café caturra rojo (Coffea arabica)*. Manabí.
- Chaves, E., Rusconi, M., Salas, A., & Achinelly, M. (2019). Revisión de la familia Longidoridae (Nematoda). *Revista Argentina de Parasitología*.
- Chiliquina, L. (2015). Evaluación de dos productos orgánicos para el control de nematodos en el cultivo establecido de tomate de árbol (Solanumbetaceum L). *Universidad Tecnica de Ambato*.
- Díaz, L., Canto, M., Alegre, J., Camarena, F., & Julca, A. (2017). Sostenibilidad social de los subsistemas productivos de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) en el Cantón Guachapala, Provincia de Azuay - Ecuador. *Ecología Aplicada*, 99-104.

UCUENCA

- Ferraz, L., & Brown, D. (2016). Nematología de plantas: fundamentos e importância. *Sociedade Brasileira de nematologia*, 251.
- Guzmán, Ó. (2011). Importancia de los nematodos en espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (cobb) golden y *h. dihystrera* (cobb) sher, en banano y plátano. *agron.*, 19 - 32.
- Guzmán, Ó., Castaño, J., & Villegas, B. (2012). Principales nematodos fitoparacitos y síntomas ocasionados en los cultivos de importancia económica. *agron*, 38-50.
- Lopez, H., Solilán, L., Caballero, G., Grabowski, C., & Enciso, G. (2021). Manual de Nematología agrícola. Asunción: *Grupo Editorial Atlas*.
- Losada, L. (2010). Nematodos asociados al cultivo del tomate de árbol *Solanum betaceum* en el Valle del Cauca. *Seminario nacional de cultivos de clima frio*, 126-134.
- Lucas, K., Maggi, J., & Yagual, M. (2011). Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación del tomate de árbol en el área de San Golquí, Provincia de Pichincha. Guayaquil: *Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- Mendoza, G. (2021). Manejo agronómico de plagas que afectan el sistema radical del viñedo: nematodos, filoxera y margarodes. *Estacion Experimental Agropecuaria Mendoza, INTA*.
- Moreno, C., Molina, J., Ortiz, J., Peñafiel, C., & Moreno, R. (2020). The value chain of tree tomato (*Solanum betaceum*) network in Ecuador. *agronomia mesoamericana*.
- Navone, G., Achinelly, F., Notarnicola, J., & Zonta, L. (2011). Phylum Nematoda.
- Ou, W., Liang, W., Jiang, Y., Li, Q., & Wen, D. (2005). Vertical distribution of soil nematodes under different land use types in an aquic brown soil. *Pedobiologia*, 139-148.

UCUENCA

- Perry, R., & Moens, M. (2011). Genómica y genética molecular de las interacciones planta-nemátodo. *Springer, Dordrecht*.
- Quist, C., Gort, G., Mooijman, P., Brus, D. J., Elsen, S. v., Kostenko, O., Helder, J. (2019). Spatial distribution of soil nematodes relates to soil organic matter and life strategy. *Soil Biology and Biochemistry, Volume 136*.
- Ramírez, F., Grijalva, R., Navarrete, X., & Guerrero, R. (2015). Nematodos fitoparasitos asociados al tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en las provincias de Imbabura, Pichincha y Tungurahua, Ecuador. *Revista científica Ecuatoriana*.
- Revelo, J., Mora, E., Gallegos, P., & Garces, S. (2008). *Enfermedades, Nematodos e insectos plagas del tomate de Arbol (Solanum betaseum Cav.)*. Quito: Instituto Nacional Autonomo de Invertigaciones Agropecuarias.
- Rodríguez, M. (2021). *Análisis de la exportación de tomate de árbol ecuatoriano como fruta no tradicional período 2012 - 2018*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Rueda, E., Holguin, R., Preciado, P., Hernandez, M., Hernandez, L., & Ruiz, F. (2015). Identificación y dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos asociados a la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) en el noroeste de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 707-720*.
- Sánchez, S., & Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Ecosistemas, 50-55*.
- Siddique, S., Coomer, A., Baum, T., & Moriz, V. (2022). Recognition and Response in Plant-Nematode Interactions. *Annual Review of Phytopathology*.
- SIPA. (5 de Septiembre de 2021). *Sistema de Información Publica Agropecuaria del Ecuador*. Obtenido de Sistema de Información Publica Agropecuaria del Ecuador: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- Song, M., Li, X., Jing, S., Lei, L., Wang, J., & Wan, S. (2016). Responses of soil nematodes to water and nitrogen additions in an old-field grassland. *Applied Soil Ecology, Vol 102, Pages 53-60*.

UCUENCA

Un, R., Yousuf, A., Kouser, N., Ahmad, K., Majeed, S., Alamri, S., Asghar, A. (2021). Influence of ecological and edaphic factors on biodiversity of soil nematodes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Volume 28, Issue 5, Pages 3049-3059.

USDA. (25 de Junio de 2022). Obtenido de USDA:

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/biology/?cid=nrcs142p2_053866

Vieira, P., & Gleason, C. (2019). Plant-parasitic nematode effectors — insights into their diversity and new tools for their identification. *Current Opinion in Plant Biology* Vol 50, 37-43.

Viera, W., Sotomayor, A., Tamba, M., Vásquez, W., Martínez, A., Viteri, P., & Lenin, R. (2016). Estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en respuesta de resistencia a la Antracnosis (*Colletotrichum acutatum* JH Simmonds). *Acta Agronómica*, 304-311.

Wilschut, R., & Geisen, S. (2021). Nematodes as Drivers of Plant Performance in Natural Systems. *Trends in Plant Science* Vol. 26, 237-247.

Anexo 2: Montaje de muestras de suelo en el laboratorio



Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 3: Vista de nematodos a través de microscopio



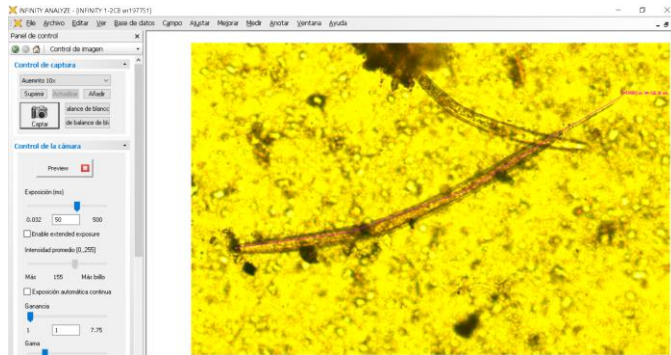
Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 4: Vista de nematodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.



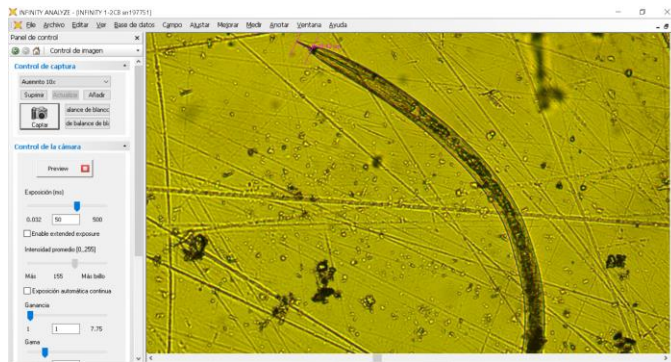
Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 5: Vista de nematodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.



Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 6: Vista de nematodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.



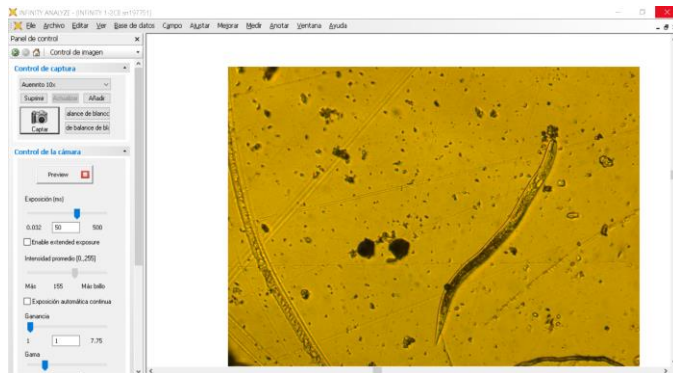
Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 7: Vista de nematodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.



Elaboración: Alvarez, 2022

Anexo 8: Vista de nematodo a través de programa INFINITY ANALYZE- Se pueden observar características de cada género.



Elaboración: Alvarez, 2022