

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“PROSPECCIÓN DE NEMÁTODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE
CAQUI (*Diospyros kaki* L.f) EN LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMA

XIMENA GONZALES HUAMÁN

LIMA - PERÚ

2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art.
24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“PROSPECCIÓN DE NEMÁTODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE
CAQUI (*Diospyros kaki* L. f) EN LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ”**

XIMENA GONZALES HUAMÁN

Tesis para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Erick Espinoza Núñez
Presidente

Ing. Mg.Sc. Ángel Alfonso Palomo Herrera
Asesor

Ing. Mg. Sc. Liliana María Aragón Caballero
Miembro

Ing. Mg. Sc. Medali Heidi Huarhua Zaquinaula
Miembro

LIMA- PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, Julia Huamán Nolasco, por apoyarme incondicionalmente desde el día que decidí ser ingeniera agrónoma, por el sacrificio que significó educarme y ser una profesional a la vez.

A mi papá, Luciano Esteban Gonzales Santillana, quien me enseñó a ser una mujer independiente, persona íntegra y ciudadana con conciencia social. Por compartir sus conocimientos conmigo y ser mi soporte en los días más duros.

A mi hermana, Patricia Gonzales Huamán, quien ha sido mi mayor soporte emocional y amiga incondicional. Por siempre impulsarme a salir de mi zona de confort.

A mi nana, Rosa Valles Marín, quién me cuidó como a su propia hija. Por ser parte de cada una de mis alegrías y tristezas. Por siempre apoyarme incondicionalmente y alentarme a nunca bajar los brazos.

A Ross Pulbrook, amigo de toda la vida, con quien me hubiese gustado celebrar el éxito de mi titulación. Estarás por siempre en mi corazón donde sea que ahora estés.

A ti que has llegado a esta tesis, el camino que has emprendido no será fácil pero encuentra tu motivación y aférrate a ella. Tú puedes.

'Si no sabes a dónde vas, tranquilo, ya llegaste'

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Mg.sc.Ing. Ángel Alfonso Palomo Herrera, quien me ha enseñado el valor de la perseverancia.

A mi mejor amiga, Liz Emily Navarro Carbajal, quien me motivó a no desistir y fue mi mayor apoyo durante la realización de esta tesis.

A mis mejores amigas del colegio, Stephanie Granados y Mónica Peñaran, quienes estuvieron a mi lado durante toda la etapa universitaria.

Al Ing. Santiago Fumagalli de Vivero Perufrut S.A.C. quien apostó por la presente investigación y donó material vegetal para los ensayos de identificación.

A los ingenieros de los fundos que amablemente accedieron a ser parte de la investigación y respondieron a cada una de mis dudas sobre el cultivo, Ing. Patricia Bello- Huerto Mik S.A.C, Ing. Omar Astos – Sociedad Agrícola Frutos del Sur S.A.C, Ing. Roberto –El Paraíso S.A.C, Ing. Jhony Valdera –Fezano S.C.R.L, Ing. Romero e Ing. Oscar Fukuda.

A las molineras, Evelyn Hoyos y Valeria Noriega, quienes me demostraron que un molinero siempre da la mano a otro molinero.

A los profesores, Dr. Erick Espinoza e Ing. Jaime Bautista, quienes me orientaron en la propagación del caqui.

Al Ing. Luis Saire del Laboratorio de Nematología quién me guió y apoyó incondicionalmente en la identificación de los nematodos no solo como profesional sino también como amigo.

Al personal de los laboratorios de fitopatología las Señoras Olga, Julia, Angélica, Elsa, Haydee y los Señores José y Marcelino por su apoyo en el procesamiento de las muestras y su paciencia.

A mis amigos de la universidad, en especial a Yoshi Jhoncon, Adriana Tapia, Reninger Manchay, Camila Frías , Jasmine Jáuregui, Kimberly Inocente , Juan Reyes, Leonardo Quispe y Josbet López por su amistad incondicional y apoyo en la realización de esta tesis.

Finalmente a Jason Ruffcorn y su familia, quienes me impulsaron a comenzar esta tesis y a creer en mis capacidades.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|-------------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.2 | MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.2.1 | Clasificación taxonómica del caqui | 4 |
| 2.2.2 | Características generales del cultivo de caqui | 4 |
| 2.2.3 | Descripción botánica del cultivo | 5 |
| 2.2.4 | Variedades de caqui | 7 |
| 2.2.5 | Patrones de caqui | 7 |
| 2.2.6 | Formas de parasitismo de los nematodos | 8 |
| 2.2.7 | Ciclo de vida de los nematodos | 9 |
| 2.2.8 | Características de nemátodos fitopatógenos | 10 |
| 2.2.9 | Variables externas que influyen el desarrollo de los nematodos | 19 |
| III. | METODOLOGÍA | 25 |
| 3.1 | LUGAR DE ESTUDIO | 25 |
| 3.2 | MATERIALES | 26 |
| 3.3 | FASE DE CAMPO | 26 |
| 3.3.1 | Metodología del muestreo de suelo y raíces en la fase de campo | 27 |
| 3.4 | FASE DE LABORATORIO | 30 |
| 3.4.1 | Extracción de individuos de suelo: Método de centrifuga con solución azucarada al 50% | 31 |
| 3.4.2 | Extracción de nematodos endoparásitos sedentarios dentro de las raíces: Método de licuado | 32 |
| 3.4.3 | Contaje poblacional e identificación de géneros | 33 |
| 3.4.4 | Descripción morfológica de géneros y especies | 34 |
| 3.4.5 | Extracción y montaje de hembras ensanchadas | 34 |
| 3.5 | SEVERIDAD DE DAÑO RADICAL CAUSADO POR <i>Meloidogyne</i> sp. | 35 |
| 3.6 | INCIDENCIA DE GÉNEROS, PROMEDIO Y RANGOS POBLACIONALES ... | 35 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |
| 4.1 | ENTREVISTA A PRODUCTORES DE CAQUI | 37 |
| 4.2 | EVALUACIÓN DE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS ... | 40 |
| 4.3 | ANÁLISIS DE INCIDENCIA SEGÚN EL TOTAL DE MUESTRAS | 44 |
| 4.4 | ANÁLISIS DE INCIDENCIA POR PROVINCIA DE LA REGIÓN LIMA | 46 |
| 4.4.1 | Provincia de Huaura | 46 |
| 4.4.2 | Provincia de Huaral | 48 |
| 4.4.3 | Provincia de Cañete | 49 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 4.4.4 | Comparativo de la incidencia de los géneros en las tres provincias muestreadas | 50 |
| 4.4.5 | Importancia del género <i>Tylenchulus</i> | 52 |
| 4.4.6 | Importancia del género <i>Meloidogyne</i> | 54 |
| 4.5 | DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GÉNEROS Y LAS PRINCIPALES ESPECIES DE NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS PRESENTES EN LAS ZONAS DE ESTUDIO | 56 |
| 4.5.1 | Identificación morfológica de la especie <i>Tylenchulus semipenetrans</i> | 56 |
| 4.5.2 | Identificación morfológica de género y especies de <i>Meloidogyne</i> sp. | 59 |
| 4.5.3 | Identificación morfológica del género <i>Scutellonema</i> sp..... | 61 |
| 4.5.4 | Identificación morfológica de <i>Rotylenchulus</i> sp. | 63 |
| 4.5.5 | Identificación morfológica de la especie <i>Helicotylenchus dihystera</i> | 64 |
| 4.5.6 | Identificación morfológica del género <i>Paratylenchus</i> sp | 67 |
| 4.5.7 | Identificación morfológica del género <i>Tylenchorhynchus</i> sp..... | 68 |
| V. | CONCLUSIONES | 70 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 71 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA | 72 |
| VIII. | ANEXOS | 82 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de los puntos de recolección de muestras de suelo en la Región Lima..... | 25 |
| Figura 2: Fenología general del cultivo de caqui en la región Lima..... | 28 |
| Figura 3: Toma de muestras y llegada a laboratorio: Muestra de raíces (A), Profundidad a la que fue extraída la Muestra de suelos (B), muestra de suelo para procesar en laboratorio (C), muestras ya procesadas listas para su lectura (D)..... | 30 |
| Figura 4: Metodología de la fluctuación de centrifuga para extracción de nematodos del suelo. A: Muestra de suelo esparcido, B: 100cm ³ de suelo, C: Muestras de suelo en 2 L de agua, D: Tamices de 180 y 500 orificios E: Tamizado de la muestra de suelo, F: Verter en un tubo el sobrenadante del tamiz de 500 orificios, G: Tubo con el sobrenadante, H: Azúcar diluida en agua, I: Muestras en tubos con solución de azúcar, J: Solución de suelo con azúcar, K: Colocado de la solución en la centrifuga, L: Centrifugado, M: Lavado de muestra centrifugada en un tamiz de 500 orificios, N: Proceso de muestra centrifugada para su lectura. | 32 |
| Figura 5: Metodología de la licuadora de la extracción de nematodos de las raíces. A: Raíces cortadas, B: Adición de hipoclorito de sodio, C: Licuado a máxima velocidad por un minuto, D: Pasado de restos de raíz en el tamiz, E: Vertido del sobrenadante del tamiz de 500 µm en un vaso precipitado, F: Muestra lista para ser leída..... | 33 |
| Figura 6 : Escala de severidad de daño radical causado por <i>Meloidogyne</i> sp. Figura extraída de Taylor y Sasser (1983) | 35 |
| Figura 7: Proporción del hábito de parasitismo de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de raíces (A) y muestras de suelos (B) | 45 |
| Figura 8: Incidencia de los géneros con relación al número de fondos muestreados en Huaura | 47 |
| Figura 9: Incidencia de los géneros en relación al número de fondos muestreados en Huaral | 49 |
| Figura 10: Incidencia de Géneros de nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de suelos de tres Provincias de la Región Lima | 51 |
| Figura 11: Incidencia de Géneros de nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de raíces de 3 Provincias de la Región Lima | 51 |
| Figura 12: Sintomatología foliar para el muestreo de diagnóstico de las plantas de caqui del campo del señor Romero: Planta sana (A), Planta sana - intermedia (B), Planta intermedia(C), Planta intermedia-muerta (D), Planta muerta (E), Planta de resiembra (F) | 53 |
| Figura 13: Hembra del género <i>Tylenchulus</i> parasitando raíz de caqui | 54 |
| Figura 14: Raíces de caqui con una severidad de grado 4 afectadas por el género <i>Meloidogyne</i> ... | 56 |
| Figura 15: Hembra ensanchada y expuesta del género <i>Meloidogyne</i> parasitando raíz de caqui de la provincia de Huaura | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 16: Juveniles (J2) del género <i>Tylenchulus</i> sp : Cuerpo completo del J2 (A), Región posterior mostrando la cola (B), Región anterior mostrando la forma de la cabeza y el estilete (C) | 57 |
| Figura 17: Hembra de la especie <i>Tylenchulus semipenetrans</i> : Hembras parasitando raíz de caqui (A), Cuerpo completo de hembra ensanchada (B), Cola mucronada típica de la especie (C)..... | 58 |
| Figura 18: Características morfológicas del género <i>Meloidogyne</i> sp : Cuerpo completo del J ₂ (A), Región anterior mostrando la forma de la cabeza y el estilete (B), Región posterior mostrando la cola y la región hialina (C) | 59 |
| Figura 19: Patrones perineales de <i>Meloidogyne incógnita</i> de Huaura (A,B) y Huaral (C,D) | 61 |
| Figura 20: Patrones perineales de <i>Meloidogyne javanica</i> Huaura (A) y Huaral (B)..... | 61 |
| Figura 21: Nematodos pertenecientes al género de <i>Scutellonema</i> sp : Hembra adulta (A), Cola con punta hemisférica (B), Fasmidios presentes en la cola de <i>Scutellonema</i> (C), Parte anterior del nematodo donde se aprecian los estiletes (D) | 63 |
| Figura 22 : Nematodos pertenecientes al género de <i>Rotylenchulus</i> sp : Cuerpo completo de una hembra inmadura <i>Rotylenchulus</i> sp. (A), Parte anterior del cuerpo del nematodo donde se aprecia el estomato estilete (B), Parte posteriores del nematodo donde se aprecia su cola (C)..... | 64 |
| Figura 23: Morfología de <i>Helicotylenchus dihystera</i> : Región anterior, mostrando la cabeza, el estilete y los nódulos basales (A), Forma espiral característica del género (B), Forma de la cola y mucrón (C,F), Espermateca no funcional(D), Forma de la cabeza y el estilete (E)..... | 66 |
| Figura 24 : Nematodos pertenecientes al género de <i>Paratylenchus</i> sp : Cuerpo completo de adulto de <i>Paratylenchus</i> sp. (A), Apreciación de la parte anterior y del estilete (A), Cola del nematodo (C) | 68 |
| Figura 25: Nematodos pertenecientes al género de <i>Tylenchorhynchus</i> sp : Cuerpo completo de la hembra de <i>Tylenchorhynchus</i> sp (A), Región anterior mostrando la forma continua de la región labial y el estilete (B), Región posterior mostrando la forma de la cola lisa de la hembra (C)..... | 69 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Nombre del vivero y de los 8 fundos muestreados para la presente investigación | 26 |
| Tabla 2: Fenología durante el muestreo de los ocho fundos y un vivero de la costa central del Perú | 27 |
| Tabla 3 : N ⁰ de muestras de suelo por fundo de la costa central del Perú..... | 29 |
| Tabla 4: Provincias de origen de las muestras seleccionadas para la descripción de género y especie..... | 34 |
| Tabla 5: Información detallada de cada fundo productor de caqui en la Región Lima..... | 39 |
| Tabla 6: Suma de las poblaciones totales de las muestras de suelos y porcentaje de diversidad | 41 |
| Tabla 7: Suma de las poblaciones totales de las muestras de raíces y porcentaje de diversidad..... | 41 |
| Tabla 8: Población de nematodos fitopatógenos encontrados en las 14 muestras de suelos y raíces colectadas y analizadas provenientes de los 5 fundos muestreados. | 42 |
| Tabla 9: Población de nematodos fitopatógenos encontrados en las 14 muestras de suelos y raíces colectadas y analizadas provenientes de los 3 fundos muestreados | 43 |
| Tabla 10: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en las 28 muestras de suelo de zonas productoras de caqui. | 44 |
| Tabla 11: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en las 28 muestras de raíces de zonas productoras de caqui. | 44 |
| Tabla 12: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Huaura, Lima | 46 |
| Tabla 13: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Huaura, Lima | 47 |
| Tabla 14: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Huaral, Lima..... | 48 |
| Tabla 15: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Huaral, Lima. | 48 |
| Tabla 16: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Cañete, Lima..... | 49 |
| Tabla 17: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Cañete, Lima..... | 50 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Distribución Geográfica de los países productores de Caqui a nivel mundial | 82 |
| Anexo 2: Cronograma de la fenología de caqui (<i>Diospyros kaki</i> L.f) en España | 82 |
| Anexo 3: Etapas del crecimiento fenológico en el árbol de Caqui (<i>Diospyros kaki</i>) | 83 |
| Anexo 4: Características usadas para la identificación de <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne arenaria</i> y <i>Meloidogyne hapla</i> basadas en el patrón perineal de la hembra en ovoposición (Eisenback et al., 1983)..... | 84 |
| Anexo 5: Características usadas para la identificación de <i>Meloidogyne incógnita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne arenaria</i> y <i>Meloidogyne hapla</i> basadas en la cabeza de especímenes machos (Eisenback et al., 1983; Eisenback, 1985) | 85 |
| Anexo 6: Plantas y campos de caqui del fundo del señor Fukuda en Huaral | 86 |
| Anexo 7: Plantas y campos de caqui del fundo del señor Romero en Huaral..... | 86 |
| Anexo 8: Plantas y campo de caqui de la empresa Huerto Mik S.A.C. en Huaral | 86 |
| Anexo 9: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa Sociedad Agrícola Frutos del sur S.A.C. en Huaura | 87 |
| Anexo 10: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa Fezano S.C.R.L. en Cañete | 87 |
| Anexo 11: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa agrícola fundo el paraíso S.A.C. en Huaura | 88 |
| Anexo 12: Poblaciones de los nematodos fitopatógenos y de vida libre de 28 muestras de la costa central del Perú..... | 89 |
| Anexo 13: Planilla de las preguntas realizadas a los productores de caqui en la costa central del Perú | 90 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de identificar los principales nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de caqui (*Diospyros kaki* L.f) en la costa central del Perú. Para realizar la identificación, la investigación se dividió en dos fases: fase de campo y fase de laboratorio. En la fase de campo se muestrearon 28 muestras de raíces y suelos provenientes de 1 vivero y 8 fundos ubicados en las provincias de Huaura, Huaral y Cañete de la región Lima. La fase de laboratorio se desarrolló en el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en el cual se determinó la presencia de siete géneros: *Tylenchulus* sp. , *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Rotylenchulus* sp., *Paratylenchus* sp., *Scutellonema* sp. y *Tylenchorhynchus* sp. La identificación de estos siete géneros fue a nivel morfológico utilizando claves taxonómicas específicas para cada género con excepción del género *Meloidogyne* en el cual además de utilizar las claves taxonómicas también se analizaron los cortes perineales de las hembras. Dentro de esos géneros, se determinó que las especies de nematodos fitopatógenos con mayor incidencia fueron *Tylenchulus semipenetrans*, *Helicotylenchus dihystra*, *Meloidogyne incógnita* y *Meloidogyne javanica* siendo *Tylenchulus semipenetrans* la especie con mayor incidencia (54%) en las muestras de suelo y raíces y una de las especies más importantes ya que se pudo correlacionar su población con la sintomatología del caqui al igual que *Meloidogyne incógnita* y *Meloidogyne javanica* puesto que se observaron nodulaciones en un grado cuatro según la escala de severidad propuesta por Taylor y Sasser (1983) en la raíces.

Palabras clave: *Tylenchulus* sp. , *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., Caqui.

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of identifying the main phytopathogenic nematodes associated with persimmon cultivation (*Diospyros kaki* L.f) in the central coast of Peru. To carry out the identification, the research was divided into two phases: field phase and laboratory phase. In the field phase, 28 root and soil samples were sampled from one greenhouse and nine farms in Huaura, Huaral and Cañete provinces of the Lima region. The laboratory phase was developed in the Nematology Laboratory of the National Agrarian University La Molina (UNALM) in which the presence of seven genera was determined: *Tylenchulus* sp. , *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Rotylenchulus* sp., *Paratylenchus* sp., *Scutellonema* sp. and *Tylenchorhynchus* sp. The identification of these seven genera was at a morphological level using specific taxonomic keys with the exception of the genus *Meloidogyne* in which the perineal sections of the females were analyzed . Within these genera, it was determined that the species of phytopathogenic nematodes with the highest incidence were *Tylenchulus semipenetrans*, *Helicotylenchus dihystrera*, *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. Being *Tylenchulus semipenetrans* the specie with the highest incidence (54%) in soil and root samples and one of the most important species because its population could be correlated with the symptoms of persimmon as well as *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* since nodulations were observed in a grade four according to the severity scale proposed by Taylor and Sasser (1983) in the roots.

Keywords: *Tylenchulus* sp. , *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., Japanese persimmon.

I. INTRODUCCIÓN

El caqui (*Diospyros kaki*) es un cultivo originario de la región sur de China con el cual los empresarios agroexportadores peruanos han empezado a trabajar recientemente (Balza, 2019). Esto debido a tres razones preponderantes: la primera es el valor económico que poseen los frutos en el mercado, la segunda es el éxito del tratamiento pos cosecha para eliminar la característica astringente del cultivar ‘Rojo brillante’ la cual posee el mayor potencial agroexportador en la actualidad y la tercera es porque el posible tiempo de exportación del caqui en el Perú encajaría con un tiempo diferente al que exportan otros países ubicados en el hemisferio norte, permitiéndonos así la posibilidad de ingresar al mercado exterior en épocas de baja oferta del producto (Balza, 2019).

Sin embargo, una de las principales demandas del mercado exterior sobre este cultivo en cualquier época del año es el calibre requerido (León, 2019). Para alcanzar el calibre mediano-grande que es solicitado por los países compradores es necesario estudiar todo el manejo agronómico del cultivo, dentro del cual podríamos resaltar al manejo de los fitopatógenos que afectan la raíz como los nematodos, el cual es un órgano fundamental de la planta (Allendes, s. f.).

En los diferentes países productores de caqui se han realizado reportes formales de nematodos parasitando raíces de caqui. En Chile se ha encontrado la presencia del género *Tylenchulus* (González, 1988), en Nueva Zelanda también se ha reportado al género *Tylenchulus* así como a los géneros *Helicotylenchus* y *Scutellonema* (Knight, 2001), en Corea también se reportó a *Tylenchulus* así como a los géneros *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Radopholus* (Luc, Sikora y Bridge, 2005) y en Brasil se reportó la presencia del género *Meloidogyne* (Inomoto, Monteiro y Ferraz, 1991).

Desafortunadamente en la actualidad en el Perú no hay un reporte formal de la presencia de nematodos afectando raíces de caqui.

Debido a eso la presente investigación busca realizar una prospección de nematodos fitopatógenos, teniendo en cuenta los siguientes objetivos.

Objetivo principal

- Determinar los principales géneros de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de caqui (*Diospyros kaki*) en la costa central del Perú

Objetivo específico

- Ubicar las principales zonas productoras de caqui en la costa central del Perú.
- Realizar la identificación de los géneros de nematodos fitopatógenos asociados al caqui (*Diospyros kaki* L.f)
- Realizar la identificación morfológica de las principales especies de nematodos presentes en caqui (*Diospyros kaki* L.f) en la costa central del Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

A nivel mundial se han realizado reportes formales en los países de Chile, Nueva Zelanda, Corea y Brasil acerca de nematodos parasitando raíces del cultivo de caqui.

En Chile, González (1988) dio el primer reporte de la presencia de elevadas poblaciones del nematodo *Tylenchulus semipenetrans* Cobb en el cultivo de caqui. Este autor encontró que en muestras de suelo las poblaciones alcanzaron los 1200 individuos/250 cm³ mientras que en muestras de raicillas se encontró 300-500 individuos/gramo de raíz observándose así un limitado crecimiento de las raicillas y evidenciando que el caqui es un hospedante muy susceptible a dicho nematodo.

En Nueva Zelanda también se encuentra reportado el nematodo *Tylenchulus semipenetrans* Cobb al igual que los nematodos *Helicotylenchus paraplatus* y *Scutellonema brachyurus* pero sin establecer una relación patógeno-hospedero (Knight, 2001).

En Corea Luc *et al.*, (2005) mencionaron que los nematodos *Pratylenchus scribrieri*, *Meloidogyne* sp y *Radopholus similis* han sido encontrados parasitando raíces de las plantas de caqui; sin embargo, este autor también enfatizó en la susceptibilidad del caqui al nematodo *Tylenchulus semipenetrans* Cobb.

Por otro lado en Brasil, el primer reporte oficial de *Meloidogyne incógnita* parasitando caqui fue dado en São Paulo (Inomoto *et al.*, 1991). Posteriormente Dias-Arieira *et al.*,(2010) llevaron a cabo un estudio en la región de Paraná para conocer los nematodos fitopatógenos presentes en las raíces de árboles de caqui para esa región donde se encontró a *Meloidogyne incógnita* en el 50% de las muestras de dicho cultivo.

Para el caso de Perú, a pesar de no existir un reporte formal respecto a la presencia de nematodos parasitando las raíces de caqui, se cuenta con información sobre la presencia de algunos géneros de nematodos fitopatógenos como: *Tylenchulus*, *Meloidogyne* y *Rotylenchulus*.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Clasificación taxonómica del caqui

Es importante señalar que este cultivo es originario de la región sur de China pero producido principalmente en Japón (Morton, 1987). Recibe diferentes nombres en los distintos países productores como Shizi en China, Kaki en Japón y Japanese persimmon en los Países Bajos («*Diospyros kaki* (persimmon)», 2019); sin embargo, todos esos nombres responden a una sola taxonomía:

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

Phylum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Ebenales

Familia: Ebenaceae

Género: *Diospyros*

Especie: *Diospyros kaki* L.f

2.2.2 Características generales del cultivo de caqui

Actualmente este cultivo se encuentra distribuido en zonas subtropicales y templadas pero también puede producirse en zonas tropicales a nivel mundial debido a que se adapta a diferentes regímenes de temperatura a diferencia de otros caducifolios, aunque no exhibe el máximo de su rendimiento en esas condiciones. Según «FAOSTAT» (s.f), los países productores de caqui a nivel mundial según su orden de producción son (Anexo 1):

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1. China | 9. China Taiwán |
| 2. China, continental | 10. Italia |
| 3. España | 11. Israel |
| 4. República de Corea | 12. Irán |
| 5. Japón | 13. Nepal |
| 6. Brasil | 14. Nueva Zelanda |
| 7. Azerbaiyán | 15. Eslovenia |
| 8. Uzbekistán | 16. Chile |
| | 17. Australia |

Mientras que para el Perú, León (2018) señala que el cultivo de Caqui se encuentra distribuido en las zonas de Huaral, Supe, Huacho, Pisco, Chincha Cañete (Lima) e Ica. Además, Balza (2019) señala que se vienen desarrollando pruebas con este cultivo entre las zonas de Chao y Pisco.

Algo incierto sobre el caqui es su requerimiento de horas frío para la ruptura de la dormancia, esto debido a que algunos autores señalan que necesita de 200-400 horas frío de una temperatura menor o igual a 7.2 °C a pesar de que se ha observado ruptura de la dormancia a 14°C (Pio, 2003).

Así mismo, el caqui se adapta a regiones con una amplia gama de humedad del suelo. Su requerimiento hídrico es de 1000 a 1500 mm de lluvia anuales pero si es que recibe lluvia excesiva esto puede ocasionar una caída fisiológica de los frutos (Pio, 2003).

En relación a las condiciones edáficas, el caqui tiene un buen desenvolvimiento en diferentes tipos de suelo prefiriendo aquellos suelos con pH 6.5-7, buena permeabilidad, drenaje y profundos por lo que los suelos con textura arenoso-arcilloso podrían ser los de mejor condición para el caqui (Pio, 2003).

2.2.3 Descripción botánica del cultivo

Es un frutal perenne hexaploide ($2n=6X=90$) de crecimiento lento en los primeros años y que llega a alcanzar hasta los seis metros de alto (Pio, 2003). A pesar de pertenecer a la familia Ebenaceae, esta especie pertenece a un pequeño grupo que se adaptó al clima temperado y adoptó el hábito deciduo o más conocido como caducifolio cuando la mayoría de géneros dentro de esta familia son de hábito siempre verde (Pio, 2003).

Hernández (1999) señala que su sistema radicular presenta una importante raíz pivotante, que deberá despuntarse para favorecer la formación de raíces laterales que son finas y frágiles.

Su copa suele ser redonda y ramificada, sus ramas son relativamente frágiles a los vientos y a las cargas excesivas de frutos (Pio, 2003). Además, sus yemas son axilares pudiendo ser de dos tipos: vegetativas, los cuales son alargadas y agudas, o mixtas (florales y vegetativas), las cuales son cortas y largas compuestas por un primordio central y dos laterales cubiertos por escama duras (Pio, 2003).

La hoja del caqui es simple con una forma elíptica u obovada, ápice acuminado, peciolada, glabras e iluminosas, un borde entero y serrado y su nervadura es del tipo pinnada ya que presenta una disposición alternada siendo del tipo decidua (Gilman y Watson, 1993).

Las flores del caqui nacen de las axilas de las hojas de yemas mixtas de las ramas del año anterior y suelen abrirse después de los brotes y de las hojas (Macarthur, 2003). Estas suelen ser de 3 tipos: flores masculinas, flores femeninas y flores completas. Las flores femeninas son solitarias, con una longitud de 1.5-2.5 cm; las flores masculinas son pequeñas con 0.8-1.8 cm de longitud, presenta estambres normales, ovario atrofiado, su grano de polen suele estar viable por 72 horas y las flores completas o hermafroditas tienen un tamaño intermedio, suelen ser solitarias o agrupadas en un grupo de tres flores, de las cuales solo la del medio es hermafrodita y las laterales son masculinas (Pio, 2003).

Además, Yasui (1915) describió a la especie *Diospyros kaki* L.f como monoica, teniendo flores masculinas y flores femeninas por separado, además, también se ha reportado otro hábito de crecimiento en el cual las plantas de caqui pueden ser exclusivamente pistilíferas; es decir, con flores solamente femeninas y polígamas monoicas, en donde se encuentran flores hermafroditas, flores pistilíferas y flores estaminadas ; sin embargo, estas últimas suelen producir frutos deformes y de menor calibre por lo que no son atractivas para el mercado (Giordani, 2002).

Por otro lado, la mayoría de frutos de caqui son esféricos, achatados y partenocárpicos por lo que no necesitan de fecundación. El color del fruto varía según el tipo de cultivar pudiendo ser desde un amarillo o naranja hasta un rojo profundo (Kosseva, Joshi y Panesar, 2017; Woolf y Ben-Arie, 2011). Este fruto presenta ácidos orgánicos, carbohidratos, vitaminas, taninos, polifenoles, fibra triterpenoides, carotenoides y antioxidantes quienes contribuyen a su valor nutricional y medicinal (Altuntas, Rustem y Kaya, 2011).

La presencia de taninos solubles en la maduración de la fruta es el causante de la astringencia en los frutos del caqui (Badenes, 2014). Esta característica sirve para poder clasificar los frutos del caqui en dos tipos: frutos astringentes, cuando presentan taninos, y frutos no astringentes, cuando no presentan taninos (Kanzaki, 2016).

Además, es un fruto del tipo climatérico (Woolf y Ben-Arie, 2011) por lo que Kluge y Tessmer (2018) señalan que este cultivo presenta una curva de crecimiento del tipo sigmoide doble cuyos periodos de crecimiento están denominados como fase 1, donde ocurre una abundante división celular del mesocarpio, y fase 3, en la que las células del mesocarpio se alargan y el espacio intercelular aumenta. Estas fases ocurren de forma rápida, pero están separadas por una fase 2 que es de crecimiento lento en la cual se detiene la división celular y se estabiliza el crecimiento (Kluge y Tessmer, 2018).

En relación a su fenología, en España, uno de los principales productores de este cultivo, se conoce que la plena floración tiene lugar entre los meses de mayo y junio siendo la fecha media de madurez comercial la última semana del mes de octubre y la primera del mes de noviembre (Badenes, 2014). Mientras que en la zona de la costa central del Perú se ha podido observar que la floración del caqui ocurre entre los meses de octubre y noviembre, la cuaja del fruto ocurre entre los meses de diciembre y enero y la cosecha del fruto entre abril y mayo.

El cronograma de fenología en España se puede apreciar en el Anexo 2 de manera más detallada, así como las etapas fenológicas desde yema hinchada hasta madurez del fruto pueden ser apreciadas en el Anexo 3.

2.2.4 Variedades de caqui

En China existen alrededor de 2000 cultivares conocidos de los cuales 800 son sembrados en Japón (principal productor) pero menos de 100 son considerados importantes. Dentro de ellos destacan los cultivares Fuyu, Jiro, Gosho, Suruga, Hiratanenashi, Hachiya, Aizumishirazu, Yotsumizo y Yokomo (Morton, 1987).

En el Perú se conoce que al año 2019 existían 200 has de caqui en el país, en las cuales resaltaban las variedades Rojo Brillante, Triumph o Sharon y Jiro (Balza, 2019).

Estas variedades se pueden agrupar según la característica de astringencia de los frutos por lo que podemos señalar que:

- Variedades astringentes: caqui ‘Rojo Brillante’ y caqui ‘Triumph o Sharon’
- Variedades no Astringente: caqui ‘Jiro’ que es menos productivo y con menor valor organoléptico que los del primer grupo (Giordani, 2002).

2.2.5 Patrones de caqui

En regiones donde se producen las diferentes variedades de caqui se utilizan patrones, los cuales son obtenidos a partir de semilla, sobre los cuales se injertan las variedades comerciales deseadas de caqui.

Las tres especies más utilizadas como patrón son *Diospyros kaki* L.f. , *Diospyros virginiana* L.f. y *Diospyros lotus* L.f. resultando para muchos investigadores como el mejor patrón la especie *Diospyros kaki* L.f. debido a que ha mostrado un mayor rango de compatibilidad comercial (Hodgson, 1940; Macarthur, 2003) .

En campo este patrón, *Diospyros kaki* L.f., requiere de suelos bien drenados y ligeros, es sensible a la sequía, menos resistente al frío y no tolera un pH alto del suelo. Además, una de sus mayores problemáticas es que ocasiona crecimiento lento y produce raíces finas, lo cual hace que su propagación en vivero sea más dificultosa (Badenes, 2014).

Por otro lado, para la segunda especie de patrón Cohen, Gur, Barkai, y Blumenfeld (1991) concluyeron que a diferencia del patrón *Diospyros kaki* el patrón *Diospyros virginiana* ocasionaba un mal crecimiento y producía un declinamiento del cultivo. Además, este patrón ocasiona una alta presencia de rebrotes y una mayor heterogeneidad, aunque es más tolerante a los encharcamientos que los demás patrones (Badenes, 2014).

Por último, en relación a la tercera especie de patrón, *Diospyros lotus*, se sabe que tiene una buena afinidad con variedades astringentes y sobre todo un muy buen comportamiento con la variedad 'Fuyu' en Estados Unidos, además se conoce que este patrón tolera temperaturas más bajas y es más tolerante a la sequía a comparación de los otros patrones e induce a una producción precoz cuando es utilizado como portainjerto, pero que sin embargo tiene sensibilidad a la salinidad (Pio, 2003).

A pesar de la sensibilidad a las sales que presenta *Diospyros lotus*, en el Perú actualmente viene siendo el más usado por los agricultores de la costa central, justamente por su producción precoz a diferencia del virginiano que demora más en su producción.

2.2.6 Formas de parasitismo de los nematodos

El parasitismo en nematodos hace referencia al comportamiento alimenticio que tiene el nematodo frente a la raíz del hospedero, en ese sentido los nematodos fitopatógenos se pueden alimentar del tejido de las plantas en diferentes formas (Schumann y D'Arcy, 2010).

Algunos se alimentan con su estilete desde la parte externa del tejido como ectoparásitos mientras que otras especies de nematodos permanecen en la misma planta e ingresan a su tejido para alimentarse desde adentro como endoparásitos (Schumann y D'Arcy, 2010).

La mayoría de ectoparásitos son migratorios, moviéndose a través del suelo de célula en célula conforme se alimentan, pero algunos se mantienen sedentarios y se alimentan de células especializadas de las plantas en zonas de alimentación inducidas por los nematodos. Muchas especies de ectoparásitos causan pequeños daños evidentes en las raíces de las plantas, pero solo pocas especies ocasionan daños severos a las raíces (Schumann y D'Arcy, 2010).

Por otro lado, los nematodos endoparásitos se alimentan mientras se mueven dentro del tejido de la raíz de la planta, matando células y dejando estas células muertas conforme avanzan. Este tipo de nematodos inducen la formación de sitios especializados de alimentación y permanecen ahí hasta su muerte (Schumann y D'Arcy, 2010).

2.2.7 Ciclo de vida de los nematodos

Los nematodos fitopatógenos presentan un ciclo de vida simple y la mayoría de ellos tienen un ciclo de vida similar. Ellos se desarrollan desde huevo, atraviesan cuatro fases larvales o también conocidos como estadios juveniles para llegar a convertirse en adultos. Los juveniles en muchos géneros son similares a los adultos en apariencia y estructura excepto por las características sexuales. En la mayoría de especies, los nematodos salen del huevo como juveniles de segundo estadio y en algunos géneros salen como juveniles de estadio 1. Comúnmente, los juveniles se mueven a través de películas de agua de 0.2 a 0.5 mm de grosor buscando una planta hospedante adecuada y un sitio en el cual alimentarse (Shurtleff y Averre III, 2000).

A pesar de que es más frecuente que el segundo estadio juvenil sea el que parasita las plantas, otros estadios incluyendo los adultos, pueden ser estadios infecciosos para muchas especies de plantas (Schumann y D'Arcy, 2010).

Entre los estadios sucesivos del desarrollo, los nematodos mudan, deshaciéndose de la vieja cutícula y formando una nueva cutícula, conforme incrementan en tamaño y se desarrollan sexualmente para poder llegar al último estadio que es usualmente el adulto sexualmente maduro que puede ser masculino o femenino.

El proceso de muda envuelve 3 etapas; la primera de ellas es la apólisis que consiste en la separación de la cutícula de la epidermis o hipodermis, la segunda de ellas es la formación de una nueva cutícula desde la superficie más externa de la epidermis y la última etapa es conocida como ecdisis, que es donde sucede el desprendimiento de la vieja cutícula. Además, la diferenciación de tejido y crecimiento de los nematodos ocurre entre mudas (Shurtleff y Averre III, 2000).

Los nematodos de la mayoría de especies usualmente completan su ciclo de vida en cerca de 3 a 6 semanas durante la época de crecimiento de las raíces si es que está presente la suficiente humedad y si es que la temperatura del suelo se encuentra en el rango óptimo para las especies, el cual usualmente es de 20-30°C (Shurtleff y Averre III, 2000).

2.2.8 Características de nemátodos fitopatógenos

Los nematodos en general son organismos microscópicos y pluricelulares, no segmentados, con simetría bilateral y triploblásticos con un pseudoceloma. No poseen un esqueleto, pero sí una hipodermis que les da un soporte flexible para sus músculos. No poseen un sistema circulatorio o respiratorio definido, pero sí un sistema nervioso especializado y órganos sensoriales (Lambert y Bekal, 2002).

Dentro de este phylum podemos encontrar a los nematodos fitopatógenos que son el 15% del total de especies de nematodos en el mundo y son considerados una plaga a nivel mundial debido a su acción patogénica (Lambert y S, 2002). Además de ello, los nematodos fitopatógenos tienen un alto impacto económico estimado en US\$ 100 billones/año según Lezaun (2016), evidenciándose así un incremento notorio en su impacto tras el reporte de Sasser y Carter en 1987 en el que señalan que causan pérdidas de US\$77 billones/año y al de Zapata, Villegas-Estrada, y Guzmán quienes en el 2011 señalaron que estas especies causan pérdidas de US\$80 billones/año.

Este grupo de nematodos poseen una longitud entre 250 μm y 12 μm , se distinguen por la presencia de un estilete cuya función es punzar las células de las plantas, para extraer alimentos y también para secretar proteínas y metabolitos que ayuden al nematodo a parasitar la planta. Además, poseen glándulas salivales que producen secreciones que pueden ser emitidas por el estilete y que ayudan al nematodo en la invasión y parasitismo de las plantas (Lambert y Bekal, 2002).

a. Género *Tylenchulus*

Es un género de nematodos endoparásitos debido a que la hembra introduce el estilete en la parte más interna de la raíz ocasionando que el nematodo quede fijado (Maafi *et al.*, 2012).

Anatómicamente los machos de este género presentan cuerpo vermiforme, recto o ligeramente arqueado después de la fijación, con estrías transversales (Maafi *et al.*, 2012). Su marco labial no se encuentra desarrollado, cuentan con un estilete delicado con pequeñas perillas redondeadas y su faringe no está bien desarrollada con bombillas terminales (Maafi *et al.*, 2012). Anillo nervioso posterior al bulbo mediano, poro excretor situado a 52.1-58.7% de la cabeza y un testículo individual, que ocupa 30-42% de la longitud del cuerpo, espículas delgadas, arqueado, bursa ausente (Maafi *et al.*, 2012). Cola cilíndrica y gruesa, con la parte terminal redondeada (Maafi *et al.*, 2012).

Las hembras adultas se encuentran fijadas en la raíz por la parte anterior, quedando en forma de gancho ya que están curvadas ventralmente; su cuerpo hinchado para el 45.6-54.0% de la longitud total del cuerpo contiene una porción más ancha en el poro excretor, estrechándose abruptamente en la parte posterior a la vulva pero con estrías transversales muy débiles, no visibles en la porción hinchada (Maafi *et al.*, 2012). Además, las hembras poseen una vulva posterior, pero no terminal, sin quiste uterino (Maafi *et al.*, 2012). En relación con su región labial es hemisférica, no separada del cuerpo y con un marco cefálico débilmente desarrollado (Maafi *et al.*, 2012). Su estilete es bien desarrollado con grandes botones redondeados (Maafi *et al.*, 2012).

Los Juveniles 2 poseen cuerpos delgados, curvos, ligeramente ventrales con estrías transversales muy débiles, casi no reconocibles y con una terminación de la porción posterior del cuerpo hialino finamente puntiaguda o mucronada; su región del labio con un marco cefálico débil es redondeada y no separada del cuerpo (Maafi *et al.*, 2012). Presentan un estilete bien desarrollado con grandes botones redondeados (Maafi *et al.*, 2012).

Su identificación a nivel de género y especie se puede dar con claves dicotómica como las que exponen Siddiqi (2000) y Maafi *et al.*, (2012).

El género *Tylenchulus* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea, Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida, Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950.

Superfamilia: Criconematoidea

Familia: Tylenchulidae

Subfamilia: Tylenchulinae .

Género: *Tylenchulus* Cobb (1913)

Uno de los principales representantes de este género es el nematodo *Tylenchulus semipenetrans* más conocido como ‘nematodo de los cítricos’ quien se reproduce por partenogénesis debido a que los machos, que son de vida libre y viven muy poco tiempo, no llegan a fecundar a las hembras; este nematodo tiene como umbral económico los 100 individuos/100 cm³ de suelo en

cítricos (Soto, 2016) y en otros frutales como la vid se conoce un umbral económico de 400 individuos/100 cm³ (Door, 2017). Además, afecta raíces de hasta 3 meses y produce un decaimiento lento en los cítricos afectando el crecimiento en general. Además de establecer una relación parasítica con los cítricos este nematodo también puede afectar a otros cultivos como vid, olivos y caqui (Aballay, 2020).

b. **Género *Meloidogyne***

Los nematodos pertenecientes a este género son nematodos endoparásitos sedentarios obligados que ocasionan la mayor cantidad de pérdidas de cultivos a nivel mundial debido a que son nematodos polífagos que tienen más de 3000 hospedantes alternativos (Hernández-Ochandía et al., 2012).

La mayoría de los estudios desarrollados alrededor de este género se centran en cuatro especies: *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* y *Meloidogyne hapla*. Las diferencias morfológicas de estas especies pueden ser apreciadas en el Anexo 4 y 5.

Dentro de su ciclo de vida, los huevos están en una masa gelatinosa (excepción: *Meloidogyne spartinae* donde los huevos se depositan individualmente sin matriz gelatinosa) en la parte superficial de los nódulos de la raíz o en la parte superficial/interna de los mismos que pasa de ser hialina a marrón oscura (Moens, Perry y Starr, 2009).

El estadio, dentro de su ciclo de vida, con el que se comienza la infección de la planta es el estadio Juvenil 2 debido a que las secreciones del estilete de este nematodo inducen la formación de un sitio de alimentación permanente con células gigantes y el desarrollo de una agalla (Schumann y D'Arcy, 2010). Los Juveniles 2 son del tipo vermiformes. Presentan un área labial no compensada, un marco cefálico y una lanza delicada. Su segunda etapa sedentaria es tardía, hinchada (cola de espiga) mientras que su tercera y cuarta etapa ocurren dentro de la cutícula de la segunda etapa, sin estilete.

Los machos presentan un área labial baja, no compensada, anulada irregularmente. y un campo lateral con cuatro líneas. La forma de su cabeza y del estilete ayudan a la diferenciación de las diferentes especies, así como la distancia desde el orificio de la glándula esofágica dorsal (DGO) a la base del estilete de los machos también se usa para la distinción entre algunas especies (De Almeida, Soares, Da Silva, y Dos Santos, 2008).

La hembra es sedentaria, globosa con cuello saliente sin una etapa femenina pre-adulta vermiforme y una cutícula moderadamente gruesa; con una anulación que forma un patrón similar a una huella digital alrededor de la vulva y el ano que nos permite reconocer la especie. Su disco labial posee forma de campana, y no está separado de los sectores labiales; además, presenta marco cefálico y lanza delicada. Cuenta con una vulva y ano terminal; con su región perineal al ras o ligeramente elevada y no presenta etapa de quiste, los huevos no son retenidos en el cuerpo femenino, pero son depositados en una matriz gelatinosa (Sasser y Carter, 1987).

El género *Meloidogyne* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea, Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida, Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950.

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Heteroderidae, Schuurmans, Sterkhoven 1941.

Subfamilia: Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.

Género: *Meloidogyne*, Göldi 1892.

Su identificación a nivel de género y especie se puede dar con claves dicotómicas como las que exponen Taylor y Sasser (1983) y Eisenback (1985).

Se conoce que en cultivos como el maíz este nematodo presenta un umbral económico con poblaciones de 50-99 individuos/100 cm³ de suelo, el maní tiene un umbral económico de 1-9 individuos/100 cm³ de suelo (Jagdale, 2013), para el caso de frutales como la vid se ha visto que a partir de 20 individuos/100 cm³ de suelo muestra síntomas que afectan su rendimiento y variables asociadas a su crecimiento (Dagatti B, Becerra y Herrera, 2014).

Knight (2001) y la base de datos NEMAPLEX de la Universidad de California evidencian que las especies *Meloidogyne naasi* y *Meloidogyne hapla* se encuentran relacionadas al cultivo de caqui.

c. **Género** *Rotylenchulus*

Este nematodo endoparásito sedentario está ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo por lo que presenta un rango amplio de hospederos, una gran capacidad para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales y se acumula sobre suelos y raíces gracias a la rapidez de su ciclo biológico (Brito, 2005).

Para este nematodo que se alimenta del tejido cortical del floema generando la decoloración de las raíces así como su secado y en casos de infecciones avanzadas puede generar una pérdida de hojas, el estadio infectivo es el Juvenil 4 quién es el que penetra la raíz y se torna sedentario (Ventura, 2012).

Respecto a su anatomía, este género presenta dimorfismo sexual (Brito, 2005). La hembra inmadura es alargada en forma de C, con cola corta, una glándula esofágica que está agrupada sobre el lumen del esófago, cuenta con dos ovarios y su vulva está a la mitad del cuerpo (Brito, 2005). La parte anterior del cuerpo es más afilada, y se clava en la raíz mientras que los machos son vermiformes con esófago degenerado y estilete débil, los juveniles y los machos están libres en los suelos y alrededor de las plantas (Brito, 2005).

El género *Rotylenchulus* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Valenzuela, 2014):

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea Von Linstow 1950, Dougherty 1958

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Hoplolaimidae

Subfamilia: Rotylenchulinae

Género: *Rotylenchulus*

La identificación de este nematodo se puede dar con una simple clave dicotómica como la expuesta en Robinson, Inserra, Caswell-Chen, Vovlas y Troccoli (1997).

Dentro de las principales especies para este género podemos encontrar a *Rotylenchulus reniformis* quien se ha encontrado parasitando cultivos como algodón, hortalizas como el

tomate y frutales como el café. Además, se conoce que en cultivos como la piña el umbral de daño esta entre 120-400 nematodos/100 cm³ de suelo, para el cultivo de melón el umbral de daño es 50 individuos/100 cm³ de suelo, para el cultivo de tomate es de 100 nematodos/100 cm³ de suelo y para el cultivo de pimiento es de 300 individuos/100 cm³ de suelo (Monar, 2012).

d. **Género** *Scutellonema*

Las especies de este género están ampliamente distribuidas y tienen un hábito de parasitismo endoparásito y ectoparásito migratorio en raíces y tubérculos, sobre todo en regiones cálidas (Crozzoli, 2002).

Estos nematodos destruyen las células de las cortezas durante su alimentación, ocasionando lesiones necróticas y marrones, un crecimiento reducido de raíces y clorosis en las hojas generando que el tejido del hospedero sea más susceptible a la infección por parte de hongos y bacterias (Shurtleff y Averre III, 2000).

Shurtleff y Averre III (2000) menciona que en relación con su anatomía los machos y hembras tienen en general la misma apariencia, ambos son vermiformes, pero los machos casi nunca están presente y usualmente las características morfológicas de las hembras son las más utilizadas para la identificación. Su cabeza es anulada y puede estar marcada con estrías longitudinales, su estilete se encuentra muy bien desarrollado con una longitud de 24-31 µm y fuertemente esclerotizado, con nódulos basales prominentes.

El género *Scutellonema* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Ferris, 2021b):

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea Von Linstow 1950, Dougherty 1958

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida Thorne 1949

Suborden: Tylenchina Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Hoplolaimidae

Subfamilia: Hoplolaiminae

Género: *Scutellonema*

La identificación de este nematodo se puede dar con una simple clave dicotómica como la expuesta en Shurtleff y Averre III (2000).

Este género ha sido encontrado en el cultivo de caqui según la base de datos NEMAPLEX de la Universidad de California.

Dentro de las principales especies para este género podemos encontrar a *Scutellonema brachyurus* en el cual se ha observado que en niveles de 100 individuos/100 cm³ de suelo puede generar daños observables en tabaco mientras que en niveles de 500 individuos/100 cm³ de suelo se observan daños en plantas como aloe vera (Agudelo y Harshman, 2011).

En la base de datos NEMAPLEX de la Universidad de California se relaciona al nematodo *Scutellonema brachyurum* con el cultivo de caqui.

e. **Género** *Helicotylenchus*

Las especies de este género son cosmopolitas, polífagas, migratorias ectoparásitas, sedentarias y endoparásitas. Todos los estadios son encontrados en los suelos, raíces y otras partes subterráneas de las plantas sobre todo en zonas donde se cultivan musáceas.

Estos nematodos ocasionan lesiones pequeñas y localizadas en la corteza de la raíz y en otras partes subterráneas de las plantas, como resultado de la muerte de las células cuando se alimentan. Los puntos de entrada favoritos están detrás de las puntas de raíces y en la intersección de las raíces laterales con las raíces principales. Cuando el daño es severo, las raíces primarias son marchitas, cortas y decoloradas con pocas raíces laterales, y el tejido cortical se desprende con facilidad (Shurtleff y Averre III, 2000).

Respecto a su anatomía, en los machos de este género se observa un dimorfismo sexual secundario leve. En las hembras el cuerpo es vermiforme usualmente, adoptando una forma en espiral cuando se encuentra relajada, con una región labial continua a ligeramente desplazada, generalmente anulada, pero nunca estriada longitudinalmente (Shurtleff y Averre III 2000).

Además, el género *Helicotylenchus* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Ferris, 2020):

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida Thorne 1949

Suborden: Tylenchina Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Hoplolaimidae

Subfamilia: Rotylenchulinae

Género: *Helicotylenchus*

La identificación de este nematodo se puede dar con una simple clave dicotómica como la expuesta en Mendonça (1976).

Dentro de las principales especies para este género podemos encontrar a *Helicotylenchus dihystra*, este nematodo en niveles de 400 individuos/100 cm³ de suelo ocasiona daños relevantes en cultivos como la berenjena, tomate y trigo (Froza y Maqbool, 1995).

Por otro lado, Knight (2001) y la base de datos NEMAPLEX de la Universidad de California evidencian que las especies *Helicotylenchus dihystra*, *Helicotylenchus labiatus*, *Helicotylenchus paraplatyurus* y *Helicotylenchus pseudorobustus* se encuentran relacionadas al cultivo de caqui.

f. **Género** *Paratylenchus*

Los nematodos del alfiler, nombre común con el que se reconoce a los nematodos de este género, son muy pequeños, cosmopolitas y con hábito de parasitismo ectoparásito migratorio en las raíces y en algunos casos ectoparásito sedentario, en el cual se alimentan de raíces laterales del hospedero que se encuentran parasitando (Munawar, Yevtushenko, Palomares Rius y Castillo, 2021).

Para que este nematodo tenga un mayor efecto en la producción del cultivo se requiere una elevada población; esas poblaciones a veces se desarrollan especialmente en suelos de textura fina. Este nematodo ocasiona la marchitez de la raíz y un tamaño corto y escasa raíz por lo que los daños severos de este nematodo ocasionan una disminución en el vigor (Shurtleff y Averre III, 2000).

Las hembras jóvenes adultas insertan sus estiletes cortos (<40µm) en las células epidermales o en las bases de los pelos radiculares mientras que cuando los machos están presentes tienen un estilete reducido o ausente así como un esófago degenerado lo que podría indicar que probablemente no se alimentan. La longitud del cuerpo de estos nematodos es de 0.18-0.6 mm y suelen tener una anulación circular lisa así como 4 líneas laterales (Ferris, 2021a).

Además, el género *Paratylenchus* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Ferris, 2021a) :

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida Thorne 1949

Suborden: Tylenchina Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Paratylenchidae

Subfamilia: Paratylenchinae Thorne 1949

Género: *Paratylenchus*

La identificación de este nematodo se puede dar con una simple clave dicotómica como la expuesta en Shurtleff y Averre III (2000).

Knight (2001) evidencia que la especie *Paratylenchus projectus* se encuentra relacionada al cultivo de caqui.

Por otro lado, para este género podemos encontrar que en cultivos como la lechuga presenta como umbral de daño económico a valores mayores de 362 individuos/100 cm³ de suelo (Claerbout *et al.*, 2020).

g. **Género** *Tylenchorhynchus*

El género *Tylenchorhynchus* se encuentra distribuido a lo largo de todo el mundo, especialmente en norte américa, Europa y Asia del norte siendo la mayoría de especies bisexuales y polífagas con un hábito de parasitismo diverso; es decir, dentro de este género hay especies que son migratorias ectoparásitas inclusive endoparásitas en las puntas de raíces jóvenes (Shurtleff y Averre III 2000).

Estos nematodos suelen alimentarse de células epidermales que se encuentran en la intersección de los pelos radiculares y las células de elongación de la región ; sin embargo, un solo nematodo se alimenta menos de 10 minutos en una misma área por lo que usualmente sólo una alta población de nematodos puede debilitar y destruir suficientes raíces para causar un retraso del crecimiento, clorosis y reducción del rendimiento, en algunos casos también se puede apreciar defoliación y marchitez de la planta (Shurtleff y Averre III 2000).

Respecto a su anatomía, tanto los machos como las hembras son pequeños de 0.5-1 mm de longitud y la cutícula de su cuerpo es débilmente anulada. Su estilete es delgado y ligeramente corto con 15-30 μm de largo. (Shurtleff y Averre III 2000).

Por otro lado, el género *Tylenchorhynchus* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Ferris, 2019):

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea Von Linstow 1950, Dougherty 1958

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida Thorne 1949

Suborden: Tylenchina Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Tylenchorhynchidae

Subfamilia: Telotylenchinae

Género: *Tylenchorhynchus* Cobb (1913)

En relación con el umbral económico de los nematodos fitopatógenos de este género se conoce que a niveles de 32 individuos/100 cm^3 de suelo («Daños provocados por *Tylenchorhynchus* spp.», 2017).

2.2.9 Variables externas que influyen en el desarrollo de los nematodos

Es importante conocer cuáles son las variables que pueden influenciar en el desarrollo o ciclo de vida de los nematodos fitopatógenos para así poder entender su presencia y no presencia en diferentes zonas geográficas y a su vez, comprender que hay factores más determinantes que otros sobre un género de nematodos fitopatógenos como lo mencionan Guzman-Plazola *et al.*, (2008) para el caso del género *Meloidogyne*, quienes sostienen que la distribución espacial de las especies del género *Meloidogyne* se encuentra positivamente correlacionada con la textura del suelo y negativamente correlacionadas con la materia orgánica, por lo que la textura del suelo sería un factor determinante por encima de la materia orgánica para la biología de este género.

Es por ello que a continuación se detallaran diversas variables externas y su relación con el desarrollo de los nematodos.

a. Temperatura del suelo

Frápolti (s. f.) señala que: “La temperatura afecta la reproducción, el ciclo biológico, movimiento, desarrollo y supervivencia de los nematodos y que los límites dentro de los cuales se producen las condiciones óptimas son de 15 °C a 30°C. Además, sostiene que temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 35°C son fatales para la mayoría de los nematodos fitopatógenos, aunque algunos están adaptados a condiciones extremas” (p.24)

Por otro lado se conoce que la temperatura también influye sobre la distribución que pueda tener el nematodo sobretodo en relación a la capacidad de sobrevivir a altas o bajas temperaturas y que conforme se incrementa la temperatura, el ciclo de vida del nematodo se acelera y este se puede cumplir en un menor tiempo (Frápolti, 2000).

Para algunos géneros de nematodos se ha estudiado el rango específico tal es el caso de los géneros *Meloidogyne*, *Tylenchulus* y *Helicotylenchus*.

Se conoce que los nematodos del género *Meloidogyne* no prosperan en suelos con temperaturas por debajo de los 10 °C y que en regiones donde la temperatura se encuentra entre 26 °C y 34°C el ciclo de vida de este género se puede cumplir en cuatro o seis semanas (Vera, 2014).

Por otro lado, en el género *Tylenchulus* se conoce que la temperatura óptima de eclosión del huevo se encuentra entre 20°C y 25°C, mientras que la temperatura óptima de penetración del juvenil a la raíz se sitúa alrededor de los 25°C (Valcarce de ángulo, 1978).

Así mismo, se ha determinado que a 25 °C el ciclo de vida del género *Helicotylenchus* dura de 24 a 36 días generando una oviposición en grupos de 8 a 26 huevos (Jima, 2018).

b. Humedad del suelo

La humedad del suelo hoy en día está bastante ligada al tipo de sistema de riego que presentan los campos agrícolas. En el trabajo realizado por Julca *et al.* (2001) se evidencia que el riego por gravedad, producto del flujo de agua por escorrentía, favorece a una reinfestación periódica de los campos agrícolas con nematodos fitopatógenos esto debido a por cómo se da la distribución del agua bajo este sistema , el agua se distribuye a lo largo y ancho cubriendo la totalidad de la superficie, generando así un incremento constante de la población de nematodos a diferencia del riego por goteo cuyo movimiento y distribución de agua es localizado ,debido a que penetra verticalmente por gravedad e intervienen las fuerzas de adherencia y cohesión quienes hacen que el agua se mueva a través de pequeños poros

por capilaridad, limitando así la zona de alcance de los nematodos y su distribución en el suelo (Buxens, 1979)

Así mismo Mendoza *et al.*, (2019) determinaron que el incremento de la lámina de agua en el suelo influencia sobre el incremento de la población de nematodos en raíces más no de nematodos en el suelo, evidenciando que el riego por gravedad favorece a una mayor infestación de los nematodos que afectan la raíz a diferencia del riego por goteo; ya que la lámina de riego en el riego por gravedad es mayor que en el riego por goteo, debido a que para una misma evapotranspiración del cultivo ambos sistemas de riego tienen una diferente eficiencia, siendo de 90 a 95% en el riego por goteo y de 65% en el caso del riego por gravedad (MAGAP, 2014).

Por otro lado, Piedra (2015) menciona que en su mayoría, las dinámicas poblacionales de los nematodos fitopatógenos dependen del agua presente en el suelo pero que los suelos anegados no son favorables para el desarrollo de los nematodos debido a que en estos suelos el exceso de agua satura los poros de aire que se encuentran en el perfil y los organismos anaeróbicos liberan toxinas que influyen negativamente sobre la población de nematodos tal como lo menciona Frápolli (2000), por lo que encontraremos nematodos activos en suelos con niveles de humedad del 40-60% de la capacidad de campo.

Además, se debe tener en cuenta que, si bien los nematodos dependen del agua para su desarrollo y dinámica poblacional, existen géneros más susceptibles a la falta de agua que otros ya que se conoce que hay huevos de algunas especies que pueden sobrevivir a la sequía debido a la protección que les da una capa mucilaginosa que los envuelve; la cual es producida por la hembra (Frápolli, 2000).

c. Textura del suelo

Conocer la textura del suelo es esencial ya que: “el tamaño de las partículas y los micro poros hacen que el movimiento del aire y agua sea más restringido” (Carrillo *et al.*, 2015) lo cual influye en la adaptabilidad que cada especie de nematodo fitopatógeno pueda presentar a ciertas texturas edáficas ya que: “un nematodo no puede moverse entre las partículas de suelo cuando el diámetro de los poros es menor que el ancho del cuerpo del nematodo” (Stirling, 1988).

En la investigación realizada por Carrillo *et al.* (2015) se determinó que existe una correlación entre los géneros de nematodos fitopatógenos y el tipo de textura que presenta el suelo, siendo la textura arenosa franca la más óptima para el desarrollo del ciclo de vida

de los nematodos fitopatógenos pero esencialmente para los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, lo que reforzaría lo señalado por Guzman-Plazola *et al.* (2008) quienes señalan que en suelos arenosos el género *Meloidogyne* se encuentra en una alta frecuencia y produce un alto índice de agallas, mientras que otros géneros como: *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus*, se desarrollan bien en suelos con textura arenoso franco, franco arenoso, franco arcillo arenosa y arenosa.

Otro punto resaltante de la investigación realizada por Carrillo *et al.* (2015) es que se determinó que por cada incremento de 1% de arcilla la población de nematodos fitopatógenos se reduce entre 4 a 5 individuos, lo cual hace ver que en suelos con texturas limosas como la textura franca arcillo arenoso, el ciclo de vida de los nematodos fitopatógenos se encuentra limitado.

d. Composición química del suelo

La composición química del suelo está relacionada con el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la nutrición del suelo.

Las poblaciones de nematodos fitopatógenos no se ven afectadas en distribución o severidad por el pH ni la conductividad eléctrica del suelo ; sin embargo, nematodos como *Tylenchulus semipenetrans* se encuentran en altas densidades poblacionales cuando están en suelos alcalinos lo cual representa un problema en el manejo ya que la degradación de los nematicidas en el suelo incrementa en un pH mayor de 7.0 mientras que nematodos como *Meloidogyne* ven afectada su número de juveniles, inefectividad y desarrollo conforme se incrementan las concentraciones de sales en el suelo (Verdejo-Lucas y McKenry, 2005).

En relación a la materia orgánica, la investigación realizada por Guzman-Plazola *et al.* (2008) determinó que existe una correlación negativa entre la materia orgánica y la severidad de los nematodos, más específicamente del género *Meloidogyne*. Además, señalan que esa correlación negativa se puede deber a que en suelos con mayor contenido de materia orgánica existe una mayor concentración de microorganismo antagonistas de nematodos fitopatógenos.

Por último la nutrición del suelo está relacionada con los nematodos, sobre todo el nitrógeno, fósforo y potasio. Dentro de ellos el potasio ayuda a reducir los síntomas ocasionados por la alimentación de los nematodos debido a que este elemento incide sobre las relaciones hídricas y las paredes celulares de las raíces (Warner, 2009).

2.2.10 Muestreo de nematodos en campo

Realizar un buen muestreo de la unidad de estudio es importante ya que eso nos permitirá obtener datos reales de la situación del campo, por lo que será necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de tomar una decisión con relación al muestreo.

La primera consideración es en relación al momento adecuado para obtener la muestra de suelo, a lo que Dickerson *et al.* (2000) señalan que el tiempo adecuado del muestreo se da en el verano o temprano en el invierno ya que como mencionan Shurtleff y Averre III (2000), si la identidad de los nematodos en las zonas a muestrear es desconocida, es recomendable realizar el muestreo cuando la fenología dentro de la campaña ya está en una etapa avanzada, lo cual suele suceder en esas estaciones del año, porque en ese momento es cuando la población se encuentra más elevada.

La segunda consideración es en relación con la zona del campo de la cual se debe colectar la muestra. La muestra de suelo deberá ser colectada de cualquier zona en la parcela donde se evidencie que las plantas no crecen bien; es decir, en zonas donde se aprecie una sintomatología diferente a la del resto de plantas, pero evitando tomar muestras de plantas muertas o severamente afectadas, porque en estos casos las poblaciones de nematodos son reducidas (Shurtleff y Averre III 2000).

Además, a la hora de recolectar esa muestra de suelo, que se deberá encontrar ligeramente por debajo de la capacidad de campo, se debe descartar los primeros 3-5 cm de la parte superficial del suelo debido a que esa zona es más sensible a daño por temperaturas extremas, por lo que la zona óptima de colección de suelo se encontrará a 15-20 cm por debajo de la capa superficial removida hasta llegar a los 30-38cm para el caso de árboles frutales.

La tercera y última consideración es en relación a cuántas muestras se deberán colectar. Shurtleff y Averre III (1997) mencionan que si el área es menor o igual que 1.6 hectáreas se deberá obtener 1 muestra, si el área se encuentra comprendida entre 1.6-3 hectáreas el terreno se debe dividir en 2 bloques y se deberá tomar 1 muestra de cada bloque que estará constituida de 12 submuestras cada una y que si el área es mayor de 3 hectáreas para determinar el número de muestras se deberá considerar la uniformidad de crecimiento del cultivo anterior y si el cultivo creció de manera uniforme se deberá seleccionar 2 bloques no mayores de 1.6 hectáreas, que sean representativos de todo el campo a muestrear y se colectara 1 muestra constituida de 12 submuestras de cada bloque.

Se debe tomar en consideración que el número de muestras estará sujeto al propósito del ensayo ya que para el caso de un muestreo de diagnóstico, el cual nos permite saber si el nematodo es el causante de la sintomatología, se requieren 2 muestras : 1 de plantas sanas que se encuentren cerca de las plantas enfermas y 1 de plantas que se encuentran atrofiadas o enfermas, y si es que solo se desea realizar un muestreo poblacional, el cual se realiza para conocer la población de nematodos presentes en el suelo 1 muestra está bien.

III. METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos fases; la fase de campo, que se realizó a lo largo de la costa central del Perú. Específicamente en las provincias de Huaral, Huaura y Cañete de la Región Lima (Figura 1); y la fase de laboratorio, la cual se llevó a cabo en el laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de la Molina, Región Lima.

Así mismo, se identificaron empresas en la Región Ica y Ancash, pertenecientes a la costa central del Perú, que trasplantaron caqui en sus fundos; sin embargo, no quisieron formar parte de la presente investigación.



Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de los puntos de recolección de muestras de suelo en la Región Lima.

3.2 MATERIALES

Los materiales utilizados en la fase de campo fueron: caja térmica, lampa, GPS, cámara fotográfica, etiquetas para la diferenciación de las muestras, fichas de campo, bolsas de polietileno, navaja y bolsas negras.

Los materiales utilizados en la fase de laboratorio fueron: refrigerador, estereoscopio, microscopio, centrífuga, tubos de centrifuga, licuadora, tamices de 180 y 500 mesh, vasos de precipitación de 250 ml, Contómetro, laminas porta y cubre objetos, pipeta, cañita de pescar nematodos, vasos descartables de 250 ml, ácido láctico, azúcar, balanza , hipoclorito de sodio, bomba de pecera, glicerina y esmalte de uñas

3.3 FASE DE CAMPO

Se muestrearon ocho fundos y un vivero. Los cuales se mencionan junto con sus coordenadas geográficas en la Tabla 1.

Tabla 1: Nombre del vivero y de los 8 fundos muestreados para la presente investigación

| EMPRESA, FUNDOS Y VIVERO | LATITUD ("S) | LONGITUD ("W) |
|--|---------------------|----------------------|
| FUNDO CHANCAYLLO 1 | 11°29'04.4"S | 77°18'28.6"W |
| FUNDO CHANCAYLLO 2 | 11°29'09.6"S | 77°18'28.1"W |
| EMPRESA HUERTO MIK S.A.C. FUNDO CHANCAYLLO 3 | 11°31'37.4"S | 77°17'18.7"W |
| VIVERO | 11°16'35.0"S | 77°20'33.1"W |
| FUNDO DE LA EMPRESA EL PARAISO S.A.C. | 11°12'25.4"S | 77°23'56.4"W |
| FUNDO DE LA EMPRESA SOCIEDAD AGROPECUARIA FRUTOS DEL SUR S.A.C. | 11°12'33.3"S | 77°23'44.6"W |
| FUNDO DEL SEÑOR FUKUDA | 11°27'04.9"S | 77°15'11.4"W |
| FUNDO DEL SEÑOR ROMERO | 11°23'29.4"S | 77°03'37.4"W |
| FUNDO DE LA EMPRESA FEZANO S.C.R.L. | 13°06'05.8"S | 76°23'11.3"W |

Se realizó una entrevista a los encargados de cada fundo (Anexo 13). Se realizaron preguntas relacionadas a los siguientes temas: tipo de siembra del caqui, procedencia del material vegetal, variedad de caqui presente en el fundo, patrones presentes en sus fundos, sistema de riego, problemas fitosanitarios, aplicaciones de nematostáticos u otros productos químicos al suelo, flujo de crecimiento de las raíces, historial de los campos en donde están ubicados las, plantaciones de caqui, densidad de los fundos, textura, conductividad eléctrica y pH del suelo.

3.3.1 Metodología del muestreo de suelo y raíces en la fase de campo

Los muestreos de suelo y raíces se realizaron entre noviembre del 2019 y febrero del 2020, durante el verano, debido a que las altas temperaturas se relacionan con una mayor tasa de reproducción de la mayoría de nematodos fitopatógenos, esperándose obtener altas poblaciones durante los muestreos (Frápolli, 2000).

La etapa fenológica durante los muestreos fue entre floración, cuajado y crecimiento de frutos (Figura 2). En algunos fundos, la floración era retirada para promover un mayor crecimiento y desarrollo vegetativo (Tabla 2).

Tabla 2: Fenología durante el muestreo de los ocho fundos y un vivero de la costa central del Perú

| FUNDOS Y VIVERO | | FECHA DE MUESTREO | FENOLOGÍA AL MOMENTO DEL MUESTREO | RETIRADO DE FLORES |
|--|--------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | FUNDO CHANCAYLLO 1 | 19/02/2020 | CUAJADO DE FRUTO | SI |
| EMPRESA HUERTO MIK S.A.C | FUNDO CHANCAYLLO 2 | 17/12/2020 | CUAJADO DE FRUTO | SI |
| | FUNDO CHANCAYLLO 3 | 17/12/2020 | CUAJADO DE FRUTO | SI |
| | VIVERO | 17/12/2019 | CUAJADO DE FRUTO | SI |
| FUNDO DE LA EMPRESA EL PARAISO S.A.C | | 19/02/2020 | CRECIMIENTO DEL FRUTO | SI |
| FUNDO DE LA EMPRESA SOCIEDAD AGROPECUARIA FRUTOS DEL SUR S.A.C | | 17/12/2019 | CUAJADO DE FRUTO | NO |
| FUNDO DEL SEÑOR FUKUDA | | 1/11/2019 | FLORACIÓN-CUAJADO DE FRUTOS | NO |
| FUNDO DEL SEÑOR ROMERO | | 17/12/2019 | CUAJADO DE FRUTO | NO |
| FUNDO DE LA EMPRESA FEZANO S.C.R.L | | 20/12/2019 | CUAJADO DE FRUTO | NO |

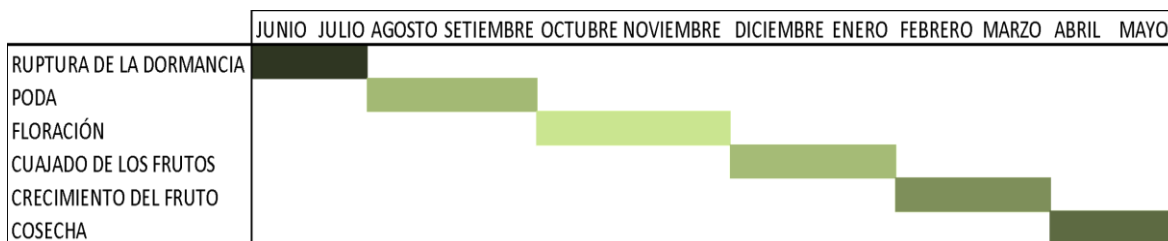


Figura 2: Fenología general del cultivo de caqui en la región Lima

Para la toma de cada muestra se realizó una lotización en función al tamaño del fundo o la presencia de síntomas en la parte aérea.

En los fundos del señor Romero, Fezano S.C.R.L., Sociedad Agrícola Frutos del Sur S.A.C. y en el Vivero de Huerto MIK S.A.C. se lotizó en función de la sintomatología, para poder relacionar población con síntomas:

- En el fundo Romero se tomaron seis muestras correspondientes a planta sana, planta sana-intermedia, planta intermedia, planta intermedia-muerta, planta muerta y plantas resembradas.
- En el fundo Fezano S.C.R.L se tomaron tres muestras correspondientes a planta sana, planta intermedia y planta pequeña.
- En el fundo de la empresa Sociedad Agrícola Frutos del Sur S.A.C. se tomó: una muestra de un lote que fue sembrado con estacas de bajo vigor y que presentaban síntomas de hojas estresadas y enrolladas ligeramente; para el resto del fundo que no mostraba síntoma alguno se lotizó en función a su área, obteniéndose tres muestras adicionales.
- En el vivero de la empresa Huertos Mik S.A.C. se tomaron cuatro muestras: una muestra de las plantas sanas y tres muestras de las plantas con sintomatologías aéreas de clorosis y enrollamientos ligeros.

En los fundos de Huerto Mik S.A.C. (Chancayllo 1, Chancayllo 2, y Chancayllo 3), El Paraíso SAC, y del Señor Fukuda, donde no hubo sintomatología, se lotizó considerando el desarrollo homogéneo de la plantación y el área, tomándose una muestra cada 1.6 hectáreas. En fundos con áreas mayores a 3 hectáreas, se seleccionaron dos zonas representativas de todo el campo para realizar respectivamente dos muestreos. En ningún lote se reportó historial de problemas nematológicos.

En total se colectaron veintiocho muestras. El número de muestras por fundo se encuentra detallado en la Tabla 3.

Cada muestra estuvo compuesta por 12 submuestras. Cada sub muestra fue obtenida con una humedad a capacidad de campo y una profundidad de 20-25 cm que equivalen a 100g de suelo y 10 g de raíces (Figura 3).

Después de colectadas las 12 submuestras se procedió a mezclarlas. Se puso 1 kg de la mezcla en una bolsa de polietileno debidamente etiquetada con los datos de: localidad, fecha en que se tomó la muestra, cultivo, nombre de fundo o vivero y número de muestra.

Tabla 3 : N° de muestras de suelo por fundo de la costa central del Perú

| NOMBRE DEL FUNDO | DISTRITO | PROVINCIA | REGIÓN | N° de hectáreas (has) | N° de muestras / Fundo |
|---|-----------------------|------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| FUNDO CHANCAYLLO 1 | CHANCAY | HUARAL | LIMA | 4.2 | 3 |
| EMPRESA HUERTO MIK S.A.C FUNDO CHANCAYLLO 2 | CHANCAY | HUARAL | LIMA | 1.6 | 1 |
| FUNDO CHANCAYLLO 3 | CHANCAY | HUARAL | LIMA | 5.7-6 | 2 |
| VIVERO | SAYAN | HUAURA | LIMA | | 4 |
| FUNDO DE LA EMPRESA EL PARAISO S.A.C | SAYAN | HUAURA | LIMA | 7.11 | 4 |
| FUNDO DE LA EMPRESA SOCIEDAD AGROPECUARIA FRUTOS DEL SUR S.A.C | SAYAN | HUAURA | LIMA | 64 | 4 |
| FUNDO DEL SEÑOR FUKUDA | HUARAL | HUARAL | LIMA | 1 | 1 |
| FUNDO DEL SEÑOR ROMERO | HUARAL | HUARAL | LIMA | 1 | 6 |
| FUNDO DE LA EMPRESA FEZANO S.C.R.L | SAN VICENTE DE CAÑETE | CAÑETE | LIMA | 1 | 3 |

Finalmente, las muestras colectadas fueron transportadas al laboratorio de la Universidad Nacional agraria La Molina en una caja de tecnopor para evitar el secado de la muestra.



Figura 3: Toma de muestras y llegada a laboratorio: Muestra de raíces (A), Profundidad a la que fue extraída la Muestra de suelos (B), muestra de suelo para procesar en laboratorio (C), muestras ya procesadas listas para su lectura (D)

3.4 FASE DE LABORATORIO

La identificación morfológica de géneros y de las principales especies de nematodos de las muestras de caqui se realizó en el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las muestras en el laboratorio se almacenaron hasta el día siguiente en un refrigerador a 11°C. Luego, fueron procesadas para la extracción de poblaciones de nematodos del suelo y de la raíz.

Para extraer las poblaciones del suelo se realizó el método de la centrifuga y para las poblaciones de las raíces el método del licuado.

3.4.1 Extracción de individuos de suelo: Método de centrifuga con solución azucarada al 50%

Para la extracción de los individuos de suelo se utilizó como base lo descrito por Jenkins en el año de 1964. Primero se homogenizó cada muestra proveniente de campo. El proceso de homogenización se realizó en una bandeja grande en la cual se extendió el suelo y se mezcló 4 veces con ayuda de una espátula. Posterior a ello, se colocó 100 cm³ de la muestra en un vaso precipitado.

Esa muestra de 100 cm³ de suelo fue colocado en un recipiente donde se añadió 2 L de agua y se agitó con la espátula para separar los nematodos de las partículas del suelo. Se dejó reposar la suspensión por 10-15 segundos permitiendo que las partículas más grandes sedimentaran.

Después, la suspensión se vertió primero a través del tamiz 180 orificios seguido del tamiz de 500 orificios. Se descartó lo que contuvo el primer tamiz de 180 orificios ya que contuvo el material grueso y restos orgánicos mientras que el suelo pasado por el último tamiz contuvo a los nematodos.

La suspensión del tamiz de 500 orificios se lavó para obtener el material fino con los nematodos, se depositó en un tubo de centrifugación y se añadió una solución de azúcar a una concentración del 50%. Se centrifugó por 1 minuto a 1000 rpm. Se recogió el sobrenadante en un tamiz de 500 orificios donde se enjuagó hasta eliminar el azúcar y se colocó en un vaso precipitado.

Todos estos pasos se grafican en la Figura 4.



Figura 4: Metodología de la fluctuación de centrifuga para extracción de nematodos del suelo. A: Muestra de suelo esparcido, B: 100cm³ de suelo, C: Muestras de suelo en 2 L de agua, D: Tamices de 180 y 500 orificios E: Tamizado de la muestra de suelo, F: Verter en un tubo el sobrenadante del tamiz de 500 orificios, G: Tubo con el sobrenadante, H: Azúcar diluida en agua, I: Muestras en tubos con solución de azúcar, J: Solución de suelo con azúcar, K: Colocado de la solución en la centrifuga, L: Centrifugado, M: Lavado de muestra centrifugada en un tamiz de 500 orificios, N: Proceso de muestra centrifugada para su lectura.

3.4.2 Extracción de nematodos endoparásitos sedentarios dentro de las raíces: Método de licuado

Las raíces del caqui, previamente separadas del suelo, fueron lavadas cuidadosamente con agua y cortadas en trozos menores a 0.5 cm de largo.

Esas raíces se juntaron y mezclaron para así homogenizarlas. Se extrajo 5g al azar de esa mezcla homogenizada de raíces. Estos 5g fueron licuados con 100 cm³ de hipoclorito de sodio a una concentración de 0.5% durante 20 segundos, lo cual permitió la salida de los nematodos presentes en la raíz.

Este licuado pasó por los tamices de 180 orificios y 500 orificios, respectivamente. Lo que quedó en el tamiz de 500 orificios se lavó y fue colectado en un vaso precipitado (Figura 5).



Figura 5: Metodología de la licuadora de la extracción de nematodos de las raíces. A: Raíces cortadas, B: Adición de hipoclorito de sodio, C: Licuado a máxima velocidad por un minuto, D: Pasado de restos de raíz en el tamiz, E: Vertido del sobrenadante del tamiz de 500 µm en un vaso precipitado, F: Muestra lista para ser leída.

3.4.3 Contaje poblacional e identificación de géneros

Luego de realizar los métodos de extracción se vertió la suspensión con los nematodos en un vaso y se enrazó a 100 ml. Se tomó una submuestra de 10 ml para el conteo poblacional de las muestras de suelo (individuos/100 cm³ de suelo) y 5 ml para el conteo poblacional de las muestras de raíces (individuos/ 1 g de raíz).

Se observaron las características morfológicas de los nematodos presentes en las 28 muestras para la identificación de géneros, mientras que para la identificación de especies se requirió de la toma de medidas del cuerpo, ancho, estilete, forma de la cabeza, forma de la

terminación de la cola y características específicas de los géneros con mayor frecuencia e importancia.

3.4.4 Descripción morfológica de géneros y especies

La descripción morfológica se trabajó con muestras seleccionadas (Tabla 4) en las cuales se observaron las características morfológicas que fueron útiles para la identificación de géneros y se realizaron las mediciones de longitud del cuerpo, estilete, forma de la cabeza, forma de la terminación de la cola y características específicas para la identificación de especies.

Las características descritas en las muestras seleccionadas son idénticas para todas las muestras de las provincias donde se encontraron los individuos del mismo género y especie.

Tabla 4: Provincias de origen de las muestras seleccionadas para la descripción de género y especie

| GÉNEROS DE NEMATODOS | PROVINCIA |
|-------------------------|--------------------|
| <i>Tylenchulus</i> | HUAURA |
| <i>Meloidogyne</i> | HUAURA Y HUARAL |
| <i>Scutellonema</i> | HUAURA |
| <i>Rotylenchulus</i> | HUARAL |
| <i>Helicotylenchus</i> | HUAURA |
| <i>Paratylenchus</i> | HUAURA |
| <i>Tylenchorhynchus</i> | HUARAL |

3.4.5 Extracción y montaje de hembras ensanchadas

Para la identificación de las hembras se extrajeron 5 hembras al azar por muestra de la raíz proveniente de campo con una aguja de disección. Cada una de ellas se montó en un portaobjeto, que luego se llevó al estereoscopio a 35 X para su identificación y toma de medidas morfométricas.

Para el caso especial del género *Meloidogyne*, se realizaron montajes del patrón perineal de 5 hembras por muestra. Con la ayuda del microscopio se ubicó el diseño perineal en la hembra madura y se procedió a cortarlo en forma rectangular. Los cortes perineales fueron colocados en un portaobjeto conteniendo una pequeña gota de glicerina; orientando la vulva del diseño hacia la parte superior del portaobjeto, así como la parte interior de la cubierta del cuerpo hacia abajo. Se colocó un cubreobjeto y se selló con esmalte de uñas, colocando las etiquetas con su código respectivo.

3.5 SEVERIDAD DE DAÑO RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* sp.

Se realizó la lectura de la severidad de nodulación en las raíces siguiendo la escala de severidad propuesta por Taylor y Sasser (1983) (Figura 6).

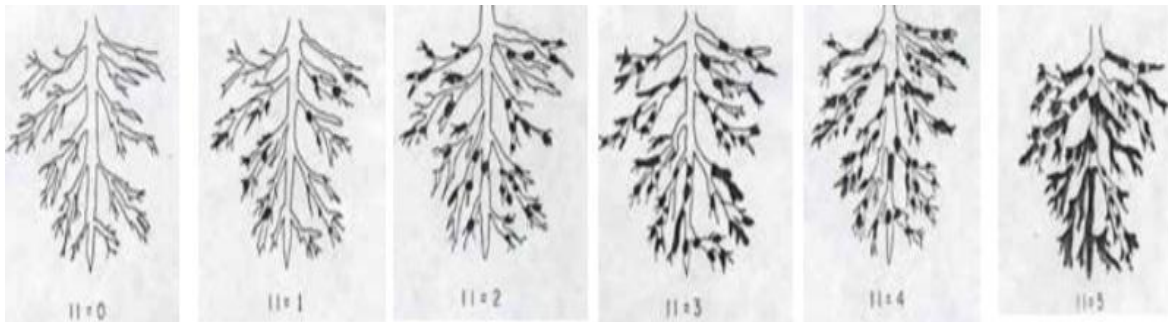


Figura 6 : Escala de severidad de daño radical causado por *Meloidogyne* sp. Figura extraída de Taylor y Sasser (1983)

3.6 INCIDENCIA DE GÉNEROS, PROMEDIO Y RANGOS POBLACIONALES

Para el análisis de los datos, se determinó la incidencia de cada uno de los géneros fitopatógenos en cada una de las provincias estudiadas mediante la fórmula Ogawa (1986):

$$\text{Incidencia (I)} = (\text{N}^\circ \text{ de muestras infestadas} / \text{total de muestras}) * 100$$

Para el promedio poblacional por género se calculó la media aritmética:

$$\text{Promedio poblacional } (\bar{x}) = (\text{N}^\circ \text{ de individuos} / \text{N}^\circ \text{ total de muestras})$$

El rango poblacional por género se determinó conociendo el valor mínimo de individuos del total de las muestras y el valor máximo de individuos del total de las muestras.

3.7 DIVERSIDAD DE GÉNEROS.

La diversidad de los géneros expresa la relación porcentual entre el número de especies de un determinado género y el número especies totales de la muestra.

A través de la siguiente fórmula se conoció la diversidad del total de las muestras, con esta fórmula se calculó la diversidad de todos los géneros con sus valores correspondientes.

$$\text{Índice de diversidad: } \text{divR} = (n_i/N)*100$$

Donde:

divR = Diversidad relativa de los géneros

n_i = Número de especies de un género

N = Sumatoria de todos los géneros de las muestras

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ENTREVISTA A PRODUCTORES DE CAQUI

Los ocho fundos y un vivero que accedieron a formar parte de la investigación se encontraban localizados en las provincias de Huaura, Huaral y Cañete ubicados a lo largo de la costa central del Perú (Tabla 3). La presencia de productores de caqui en estas zonas del Perú ya había sido reportada de manera general por León Trinidad en el año 2018

En la provincia de Huaura estaban localizados: el vivero de la empresa Huerto Mik S.A.C., un fundo de la empresa agrícola Fundo El Paraíso S.A.C. y un fundo de la empresa Sociedad Agrícola Frutos del Sur S.A.C.

Todas las plantas de caqui en esta provincia provenían de España, injertadas con la variedad Rojo Brillante y fueron trasplantadas a raíz desnuda. El porta injerto en todas las plantas fue la variedad Lotus con excepción del fundo de la empresa agrícola Fundo El Paraíso S.A.C. cuyo porta injerto era una variedad Criolla.

El riego era por goteo y el flujo de crecimiento de las raíces se daba después del brotamiento de las plantas, aproximadamente entre los meses de noviembre y diciembre.

Con relación a problemas sanitarios, en la empresa agrícola Fundo el Paraíso S.A.C. se observó un reducido desarrollo de las plantas para su edad y nodulaciones en las raíces.

Los suelos donde se plantó caqui, anteriormente ya eran suelos cultivados. A excepción de la empresa agrícola fundo El Paraíso S.A.C. En este fundo no se tenía historial nematológico, mientras que en el fundo de Sociedad Agrícola Frutos del Sur S.A.C. ya se tenía un previo historial.

En la provincia de Huaral estaban localizados: el fundo del señor Oscar Fukuda, del señor Romero y 3 fundos de Huerto Mik S.A.C.

En los fundos del señor Romero, y Huertos MIK S.A.C. (fundo Chancayllo 1 y 2), el caqui fue trasplantado a raíz desnuda, mientras que en el fundo Chancayllo 3 (Huertos MIK S.A.C.) se trasplantó mediante plantas en bolsas provenientes de almacigo.

En el fundo del señor Fukuda se realizó en una parte del campo, siembra directa con semilla proveniente de Japón de una variedad Criolla. La otra parte se sembró con estacas extraídas de las plantas de siembra directa.

En la provincia de Huaral, el portainjerto utilizado fue el de la Variedad Lotus, mientras que el injerto fue la variedad Rojo Brillante, ambos provenientes de España.

El riego era mediante goteo, mientras que solo en el fundo del señor Romero el riego era por gravedad.

De la información recibida, se determinó que los flujos de crecimiento radicular ocurrían en dos épocas. Uno abundante en septiembre, y otro flujo de crecimiento menor en diciembre.

Los problemas sanitarios encontrados en Huerto MIK S.A.C. fueron pudriciones radiculares asociados con *Lasiodiplodia* sp. como agente causal según los análisis fitopatológicos, mientras que en el fundo de Señor Romero las pudriciones radiculares encontradas no fueron analizadas.

Respecto a nematodos, se tenían antecedentes de análisis nematológicos en todos los fundos a excepción del Sr. Romero, quien se realizaba por primera vez un análisis de nematodos.

En la provincia de Cañete estaba el fundo de la empresa Fezano S.C.R.L. Las plantas injertadas de caqui provenían de España y fueron trasplantadas a raíz desnuda.

Los porta injertos eran de las variedades Virginiana y Lotus, mientras que el injerto era de la variedad Rojo Brillante. El riego era por gravedad, observándose pudriciones de raíces y tallos. El cultivo previo al caqui fue un cítrico, teniendo historial de análisis nematológicos previos a la presente investigación.

En todas las provincias, la densidad de plantación fluctuaba entre 800 y 977 plantas/ha, mientras que en Europa la densidad fluctúa entre 666-741 plantas/ha (Badenes, 2014).

Respecto a la textura, se encontró en la mayoría de fundos, textura franco arenosa y arenosa, siendo la textura óptima reportada la arcillosa-arenosa (Pio, 2003).

La conductividad eléctrica oscilaba entre 1.2-1.3 dS/m, el cual está por debajo del valor tolerado que es 1.8 dS/m (CIRENCORFO, 1989).

El pH se encontró entre 7.8-8.3, este valor se encuentra dentro del pH máximo tolerado por el caqui que es 8.5 (CIRENCORFO, 1989); sin embargo, la literatura señala que el caqui se desarrolla muy bien en suelos con pH de 6-7 (Morton, 1987).

Toda esta información se encuentra detallada en la Tabla 5.

Tabla 5: Información detallada de cada fundo productor de caqui en la Región Lima

| NOMBRE | EMPRESA HUERTO MIK S.A.C | | | | FUNDO EL PARAISO S.A.C | SOCIEDAD AGROPECUARIA FRUTOS DEL SUR S.A.C | FUNDO FUKUDA | FUNDO ROMERO | FUNDO FEZANO S.R.L |
|--|--|--|--|--|--|---|---------------------|--|-----------------------|
| | FUNDO CHANCAYLLO 1 | FUNDO CHANCAYLLO 2 | FUNDO CHANCAYLLO 3 | VIVERO | | | | | |
| LATITUD (°S) | 11°29'04.4"S | 11°29'09.6"S | 11°31'37.4"S | 11°16'55.0"S | 11°12'25.4"S | 11°12'33.3"S | 11°27'04.9"S | 11°23'29.4"S | 13°06'05.8"S |
| LONGITUD (°W) | 77°18'28.6"W | 77°18'28.1"W | 77°17'18.7"W | 77°20'33.1"W | 77°23'56.4"W | 77°23'44.6"W | 77°15'11.4"W | 77°03'37.4"W | 76°23'11.3"W |
| DISTRITO | CHANCAY | CHANCAY | CHANCAY | SAYAN | CHANCAY | SAYAN | HUARAL | HUARAL | SAN VICENTE DE CAÑETE |
| PROVINCIA | HUARAL | HUARAL | HUARAL | HUAJURA | HUAJURA | HUAJURA | HUARAL | HUARAL | CAÑETE |
| REGION | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA | LIMA |
| FECHA DE MUESTRA COLECTADA | 19/02/2020 | 17/12/2020 | 17/12/2020 | 17/12/2019 | 19/02/2020 | 17/12/2019 | 1/11/2019 | 17/12/2019 | 20/12/2019 |
| FECHA DE MUESTRA PROCESADA | 20/02/2020 | 18/12/2019 | 18/12/2019 | 18/12/2019 | 20/02/2020 | 18/02/2019 | 2/11/2019 | 18/12/2019 | 21/12/2019 |
| FECHA DE SIEMBRA | 1/02/2016 | 2014 | 2019 | 1/11/2018 | 1/04/2018 | 1/02/2018 | Jul-19 | Jul-19 | 21/12/2019 |
| FECHA DE RE SIEMBRA | 2020 | 2020 | 2020 | | | AGOSTO-SET2018 | CONSTANTE | CONSTANTE | |
| EDAD A LA FECHA DE EVALUACIÓN | 5 años | 7 AÑOS | 1 AÑO | 1.5 AÑOS | 1 año 10 meses | 1 AÑO 10 MESES | 3.5 AÑOS | 3.5 AÑOS | |
| TIPO DE SIEMBRA | RAIZ DESNUDA | RAIZ DESNUDA | TRANSPLANTE DE BOLSA | RAIZ DESNUDA (ESTACA ENRAIZADA) | RAIZ DESNUDA | RAIZ DESNUDA | SEMILLA | RAIZ DESNUDA | RAIZ DESNUDA |
| PROCEDENCIA DEL CULTIVO | ESPAÑA | ESPAÑA | ESPAÑA | ESPAÑA | ESPAÑA | ESPAÑA | JAPON | ESPAÑA | ESPAÑA |
| CULTIVO | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI | CAQUI |
| VARIEDAD | ROJO BRILLANTE | ROJO BRILLANTE | ROJO BRILLANTE | ROJO BRILLANTE | ROJO BRILLANTE | ROJO BRILLANTE | Ryu | - | ROJO BRILLANTE |
| PATRON | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS | LOTUS Y VIRGINIANO |
| SISTEMA DE RIEGO | GOTEADO | GOTEADO | GOTEADO | GOTEADO | GOTEADO | GOTEADO DOBLE CINTA | GOTEADO DOBLE CINTA | GRAVEDAD | GRAVEDAD |
| TORNOS DE RIEGO | 2-3 veces | 2-3 veces | 2-3 veces | 4-5 VECES AL DÍA | 1 TURNO | 3 TURNOS | 7000 | | |
| METROS CUBICOS/CAMPAÑA CAUDAL DE LOS GOTEOS | 1.6 l/tra | 1.6 l/tra | 1.6 l/tra | | 3L T/TRA | VARIABLES | | | |
| PROBLEMAS RADICULARES | PUDRICIONES (Lasiodiplodia) | PUDRICIONES (Lasiodiplodia) | PUDRICIONES (Lasiodiplodia) | NO SE OBSERVAN | SE OBSERVARON NODULACIONES | NO HA HABIDO POR ELIMAS (EN CASI 3 AÑOS) | NO SE OBSERVAN | PUDRICIONES | PUDRICIONES |
| ULTIMA APLICACIÓN DE NEMASTATICO | CARBOFURAN SETIEMBRE 2017 | CARBOFURAN SETIEMBRE 2018 | CARBOFURAN SETIEMBRE 2019 | | NUNCA SE APLICÓ NADA | NINGUNA APLICACIÓN | NINGUNA APLICACIÓN | NINGUNA APLICACIÓN | NINGUNA APLICACIÓN |
| ULTIMA APLICACIÓN DE ALGUN PRODUCTO AL SUELO | fosfito de potasio | | fosfito de potasio | | | 15 DIC (PRODUCTOS BIOLÓGICOS) | | | |
| EN QUE MES VIENE EL FLUJO DE CRECIMIENTO DE RAÍZ ? | después del brotamiento nov-dic | después del brotamiento nov-dic | después del brotamiento nov-dic | | | SETIEMBRE PARA LA PRIMAVERA VINO FUERTE Y DE AHÍ POCO Y UNO CASI PEQUEÑO EN DICIEMBRE Y DE AHÍ NADA | | | |
| FECHA DE LA ULTIMA INCORPORACIÓN DE M.O | NO APLICAN M.O, SOLAMENTE MATERIA ORGANICA LIQUIDA | NO APLICAN M.O, SOLAMENTE MATERIA ORGANICA LIQUIDA | NO APLICAN M.O, SOLAMENTE MATERIA ORGANICA LIQUIDA | | GUANO DE VACA ABRIL 2018 (9 KG PLANTA) | HACE 1 AÑO 9 MESES (EN LA SIEMBRA) | | NO APLICAN M.O, SOLAMENTE MATERIA ORGANICA LIQUIDA | |
| DENSIDAD | 800 plantas/ha | 800 plantas/ha | 1000 a 2000 plantas/ha | 25000 PLANTAS | | 977 plantas/ha | | | |
| HECTAREAS | 4.2 | 1.6 | 5.7-6 | | 7.11 | 64 | 1 | 1 | |
| VALLE O DESIERTO | VALLE | VALLE | VALLE | DESIERTO | DESIERTO | DESIERTO | VALLE | VALLE | VALLE |
| TEXTURA DEL SUELO | FRANCO ARENOSO | FRANCO ARENOSO | FRANCO Y ARCILLOSO | | ARENOSO | ARENOSO | | | |
| CONDUC TIVIDAD ELECT RICA | 1.2-13 | 1.2-13 | 1.2-13 | | | | | | |
| pH | 7.8-8.3 | 7.8-8.3 | 7.8-8.3 | | 8.25 | | | | |
| SUS TRATO | RAIZ DESNUDA | RAIZ DESNUDA | ARENA+ COMPOST FIBROSO (DENSIDAD BAJA)+ PAJILLA DE ARROZ | ARENA+ COMPOST FIBROSO (DENSIDAD BAJA)+ PAJILLA DE ARROZ | N.A | N.A | SEMILLA | RAIZ DESNUDA | |
| HISTORIAL DE CAMPO (CULTIVOS ANTERIORES) | CAQUI PATRON DE HUARAL | CAQUI PATRON DE HUARAL | yuca maíz | | NO HUBO (ERIAZO) | ESPARRAGO | CITRICOS | MANZANO | CITRICOS |
| CULTIVOS CERCANOS | SOLO CAQUI | SOLO CAQUI | SOLO CAQUI | | CITRICOS | CITRICOS | PAL TO | CITRICOS | CITRICOS |
| MANEJO DEL CULTIVO | NO APLICAN HORMONAS, LO MÁS DIFICIL DE MANEJAR ES EL REQUERIMIENTO HIDRICO | NO APLICAN HORMONAS, LO MÁS DIFICIL DE MANEJAR ES EL REQUERIMIENTO HIDRICO | NO APLICAN HORMONAS, LO MÁS DIFICIL DE MANEJAR ES EL REQUERIMIENTO HIDRICO | | | 2L TDE AUXINAS EN SETIEMBRE | | | |
| SE OBSERVAN SINTOMAS EN EL CAMPO ? | PLANTAS PEQUEÑAS, HOJAS AMARILLENTAS | PLANTAS PEQUEÑAS, POCA RAIZ | PLANTAS PEQUEÑAS, HOJAS AMARILLENTAS | | SI, SE OBSERVAN NODULACIONES EN LAS RAÍCES Y PLANTAS PEQUEÑAS (GENERALIZADO) | NO SE OBSERVAN | NO SE OBSERVAN | SI, SE OBSERVARON PLANTAS SANAS, PLANTAS INTERMEDIAS Y PLANTAS MUERTAS | SI SE OBSERVAN |

Nota: Los espacios en blanco corresponden a información no brindada por los fundos

4.2 EVALUACIÓN DE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS

De todos los muestreos realizados (suelo y raíces), se identificaron 7 géneros de nematodos fitopatógenos: *Tylenchulus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Rotylenchulus* sp, *Paratylenchulus* sp, *Meloidogyne* sp, *Scutellonema* sp y *Tylenchorhynchus* sp (Tabla 8 y 9). En los análisis de raíces, se detectaron solo 4 de los 7 géneros encontrados (Tabla 7), mientras que, en los análisis del suelo, se detectaron los 7 géneros (Tabla 6).

De los 100 cm³ de suelos analizados de cada una de las muestras de suelos, el total de individuos de todas las poblaciones de nematodos fitopatógenos encontrados, fue de 37895 individuos y del gramo de raíz analizado en cada una de las muestras de raíces, el total de individuos de todas las poblaciones de nematodos fitopatógenos encontrados, fue de 1171 individuos.

Así mismo, la suma total de las poblaciones del género *Tylenchulus* en todas las parcelas muestreadas fue de 37 605 individuos/100 g de suelo y 1067 individuos/ 1 g de raíz. Esto representa el 99% y el 91.1% de la diversidad total de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de suelos y raíces respectivamente, evidenciándose así que este género presenta una mayor población total en comparación con los otros géneros identificados (Tabla 6 y 7).

El segundo género con mayor diversidad total en todas las parcelas muestreadas fue el género *Meloidogyne* con 210 individuos/100 g de suelo y 80 individuos/ 1 g de raíz, lo cual representa el 0.55% y el 6.8% de la población total de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de suelos y raíces, respectivamente (Tabla 6 y 7).

El tercer género con mayor diversidad total fue el género *Helicotylenchus* con 60 individuos/100 g de suelo lo cual representa el 0.16% de la diversidad total del suelo mientras que para las muestras de raíces el género que se encontró en tercer lugar fue el género *Paratylenchus* quien presentó 50 individuos/100 g de suelo representando el 0.13% de la diversidad total de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de raíces (Tabla 6 y 7).

Así mismo el género *Paratylenchus* es el cuarto género con mayor diversidad en las muestras de suelo con 50 individuos/100 g de suelo representando el 0.13% de la diversidad total de los nematodos fitopatógenos encontrados en el suelo mientras que para las muestras de raíces fue el género *Scutellonema* con 4 individuos/ 1 g de raíz representando el 0.3% de la

diversidad total de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de las raíces (Tabla 6 y 7).

Finalmente, la población total encontrada de los géneros *Rotylenchulus* y *Tylenchorhynchus* fue de 40 y 10 individuos/100 g de suelo, respectivamente. Esto representó el 0.11% y 0.03% de la diversidad total de nematodos fitopatógenos del suelo (Tabla 6 y 7).

Tabla 6: Suma de las poblaciones totales de las muestras de suelos y porcentaje de diversidad

| GÉNEROS DE NEMATODOS | POBLACIONES | DIVERSIDAD |
|-------------------------|-------------|------------|
| | TOTALES | (%) |
| <i>Tylenchulus</i> | 37605.00 | 99.00% |
| <i>Meloidogyne</i> | 210.00 | 0.55% |
| <i>Scutellonema</i> | 10.00 | 0.03% |
| <i>Rotylenchulus</i> | 40.00 | 0.11% |
| <i>Helicotylenchus</i> | 60.00 | 0.16% |
| <i>Paratylenchus</i> | 50.00 | 0.13% |
| <i>Tylenchorhynchus</i> | 10.00 | 0.03% |

Tabla 7: Suma de las poblaciones totales de las muestras de raíces y porcentaje de diversidad

| GÉNEROS DE NEMATODOS | POBLACIONES | DIVERSIDAD |
|----------------------|-------------|------------|
| | TOTALES | (%) |
| <i>Tylenchulus</i> | 1067.00 | 91.1% |
| <i>Meloidogyne</i> | 80.00 | 6.8% |
| <i>Scutellonema</i> | 4.00 | 0.3% |
| <i>Paratylenchus</i> | 20.00 | 1.7% |

Tabla 8: Población de nematodos fitopatógenos encontrados en las 14 muestras de suelos y raíces colectadas y analizadas provenientes de los 5 fundos muestreados.

| | GÉNEROS DE NEMATODOS | EL PARAISO | | | | CHANCAYLLO 1 | | | CHANCAYLLO 2 | | HUERTOS MIK CHANCAYLLO 3 | | | VIVERO | | |
|------------------------------------|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| | | Paraíso A | Paraíso B | Paraíso C | Paraíso D | Chancayllo 1 turno 1 | Chancayllo 1 turno 2 | Chancayllo 1 turno 3 | Chancayllo 2 Turno riego 4 | Chancayllo 3 turno de riego 1-2 | Chancayllo 3 turno de riego 3 | Plantas grande de vivero 1, 2,3 | Planta de vivero 1 pequeña | Planta de vivero 2 pequeña | Planta de vivero 3 pequeña | |
| Nº INDIVIDUOS / 100 cc suelo | <i>Tylenchulus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Meloidogyne</i> | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Rotylenchulus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Helicotylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Tylenchorhynchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Nº INDIVIDUOS / 1 gr raíz | <i>Tylenchulus</i> | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | |
| | <i>Meloidogyne</i> | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Nota: Las poblaciones de los nematodos fitopatógenos y de vida libre se encuentran en el Anexo 12

Tabla 9: Población de nematodos fitopatógenos encontrados en las 14 muestras de suelos y raíces colectadas y analizadas provenientes de los 3 fundos muestreados

| | | FUNDO ROMERO | | | | | FUNDO FEZANO | | | | FUNDO FRUTOS DEL SUR | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| GÉNEROS DE NEMATODOS | | Planta de resiembra | Planta intermedia | Planta sana-intermedia | Planta sana | Planta muerta | Planta intermedia-muerta | Planta sana | Planta pequeña | Planta intermedia | Turno 1 (valvulas 1,2,3,4,5,6) | Turno 2 (valvulas 9,12) | Turno 2 (valvulas 7,8,10,11) | Turno 3 (13,14,15,16, 17,18) |
| N° INDIVIDUOS / 100 cm3 suelo | <i>Tylenchulus</i> | 2200 | 12420 | 860 | 480 | 3800 | 7520 | 300 | 2100 | 1220 | 220 | 2840 | 160 | 0 |
| | <i>Meloidogyne</i> | 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Rotylenchulus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Helicotylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 |
| | <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 20 | 20 |
| | <i>Tylenchorhynchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N° INDIVIDUOS / 1 g raiz | <i>Tylenchulus</i> | 40 | 80 | 20 | 65 | 10 | 395 | 0 | 115 | 10 | 30 | 115 | 40 | 15 |
| | <i>Meloidogyne</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 0 |

Nota: Las poblaciones de los nematodos fitopatógenos y de vida libre se encuentran en el Anexo 12

4.3 ANÁLISIS DE INCIDENCIA SEGÚN EL TOTAL DE MUESTRAS

El género con mayor incidencia en las muestras de suelos fue *Tylenchulus* sp seguido por *Helicotylenchus* sp, *Rotylenchulus* sp, *Paratylenchulus* sp, *Meloidogyne* sp, *Scutellonema* sp y *Tylenchorhynchus* sp (Tabla 10); mientras que para las muestras de raíces el género con mayor incidencia fue *Tylenchulus* sp seguido por *Paratylenchus* sp, *Meloidogyne* sp y *Scutellonema* sp (Tabla 11).

Estos resultados evidenciaron que el género *Tylenchulus* sp, es el género con mayor incidencia en las muestras de suelo y en las muestras de raíces. Así mismo, este género presenta la mediana poblacional y los rangos poblacionales más altos en 100 cm³ de suelo (Tabla 10) y 1 g de raíz (Tabla 11).

Tabla 10: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en las 28 muestras de suelo de zonas productoras de caqui.

| Géneros | Incidencia % | N° indiv/100cm ³ suelo | |
|-------------------------|--------------|-----------------------------------|---------|
| | | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 54% | 194 | 0-12420 |
| <i>Meloidogyne</i> | 7% | 3 | 0-190 |
| <i>Scutellonema</i> | 4% | 8 | 0-10 |
| <i>Rotylenchulus</i> | 11% | 20 | 0-20 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 18% | 26 | 0-20 |
| <i>Paratylenchus</i> | 11% | 31 | 0-20 |
| <i>Tylenchorhynchus</i> | 4% | 31 | 0-10 |

Tabla 11: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en las 28 muestras de raíces de zonas productoras de caqui.

| Géneros | Incidencia % | N° indiv/1 g raíz | |
|----------------------|--------------|-------------------|-------|
| | | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 54% | 38 | 0-395 |
| <i>Meloidogyne</i> | 4% | 3 | 0-80 |
| <i>Scutellonema</i> | 4% | 0.14 | 0-4 |
| <i>Paratylenchus</i> | 11% | 0.71 | 0-10 |

Por otro lado, de los siete géneros identificados en las muestras de suelos cuatro son nematodos de hábito ectoparásito (*Scutellonema*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* y *Tylenchorhynchus*) y tres son nematodos de hábito endoparásito (*Meloidogyne*, *Tylenchulus* y *Rotylenchulus*). Mientras que para las muestras de raíces de los cuatro géneros identificados dos son de hábito ectoparásito (*Scutellonema* y *Paratylenchus*) y dos son de hábito endoparásito (*Meloidogyne* y *Tylenchulus*) (Figura 7).

Los nematodos ectoparásitos generan lesiones superficiales en la raíz debido a que se alimentan de su córtex por un periodo corto (Zapata *et al.*, 2011) a diferencia de los nematodos endoparásitos que generan lesiones internas en la raíz puesto que forman sitios especializados de alimentación que dificultan la translocación de los nutrientes a la parte aérea de la planta (Schumann y D'Arcy, 2010; Zapata *et al.*, 2011).

Sin embargo, la presencia de *Paratylenchus* en las raíces de caqui a pesar de ser un nematodo de hábito ectoparásito se puede deber a que en algunos casos está presente como ectoparásito sedentario. Es decir, se puede encontrar alimentándose de raíces laterales del hospedero por un periodo más prolongado a lo habitual (Munawar *et al.*, 2021). Mientras que el género *Scutellonema* además de ser de hábito ectoparásito puede ser de hábito endoparásito, pero migratorio; es decir, penetra completamente dentro de la raíz pero no está fijo a ella por lo que migra a través de los tejidos (Munawar *et al.*, 2021).

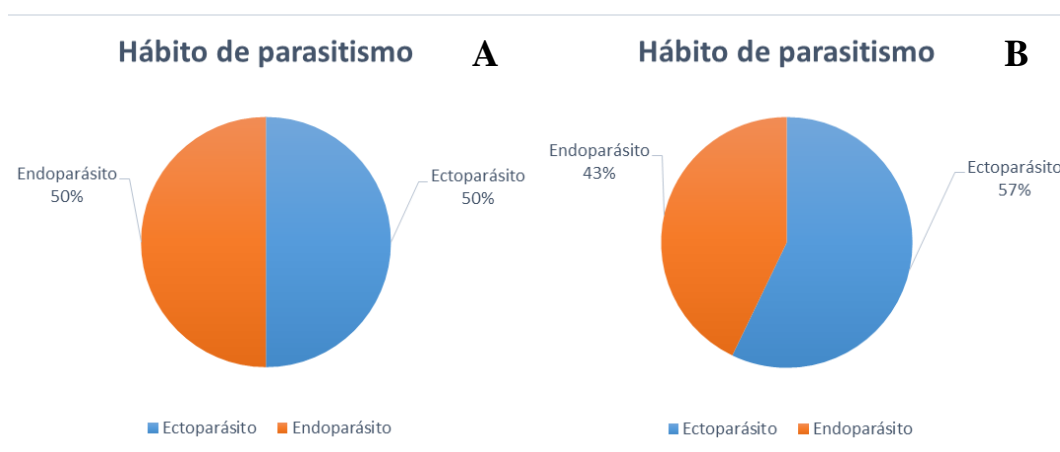


Figura 7: Proporción del hábito de parasitismo de los nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de raíces (A) y muestras de suelos (B)

4.4 ANÁLISIS DE INCIDENCIA POR PROVINCIA DE LA REGIÓN LIMA

4.4.1 Provincia de Huaura

Se identificó 5 géneros de fitopatógenos en las muestras de suelos: *Tylenchulus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Paratylenchulus* sp, *Meloidogyne* sp y *Scutellonema* sp (Tabla 12); y 4 géneros en las muestras de raíces: *Tylenchulus* sp, *Paratylenchulus* sp, *Meloidogyne* sp y *Scutellonema* sp. (Tabla 13).

El género con mayor incidencia fue *Tylenchulus* sp con 25% de incidencia en las muestras de suelo y 58% de incidencia en muestras de raíz seguido del género *Paratylenchus* sp con una incidencia de 25% en muestras de suelo y 17% de incidencia en muestras de raíz; finalmente, el género *Helicotylenchus* sp con un 17% de incidencia solo en las muestras de suelo, debido a que el hábito de parasitismo de este género es del tipo ectoparásito migratorio.

Los géneros con menor incidencia fueron *Meloidogyne* sp y *Scutellonema* sp con un 8% de incidencia en las muestras de suelo y en las muestras de raíces cada uno.

Tabla 12: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Huaura, Lima

| Géneros | Incidencia % | Nº de indiv/100 cm ³ de suelo | |
|------------------------|-----------------|---|--------|
| | | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 25% | 480 | 0-2840 |
| <i>Meloidogyne</i> | 8% | 2 | 0-20 |
| <i>Scutellonema</i> | 8% | 0.7 | 0-10 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 17% | 2 | 0-10 |
| <i>Paratylenchus</i> | 25% | 4 | 0-20 |

Tabla 13: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Huaura, Lima

| Géneros | Incidencia % | N° indiv/1 g raíz | |
|----------------------|--------------|-------------------|-------|
| | | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 58% | 26 | 0-115 |
| <i>Meloidogyne</i> | 8% | 6 | 0-80 |
| <i>Scutellonema</i> | 8% | 0.3 | 0-4 |
| <i>Paratylenchus</i> | 17% | 1 | 0-10 |

Además, se determinó que en el 67% de los fundos muestreados en Huaura se encontró la presencia del género *Tylenchulus* sp. Mientras que cada uno de los géneros: *Helicotylenchus* sp, *Paratylenchus* sp, *Meloidogyne* sp y *Scutellonema* sp se encontraron en un 33% de los fundos muestreados (Figura 8).

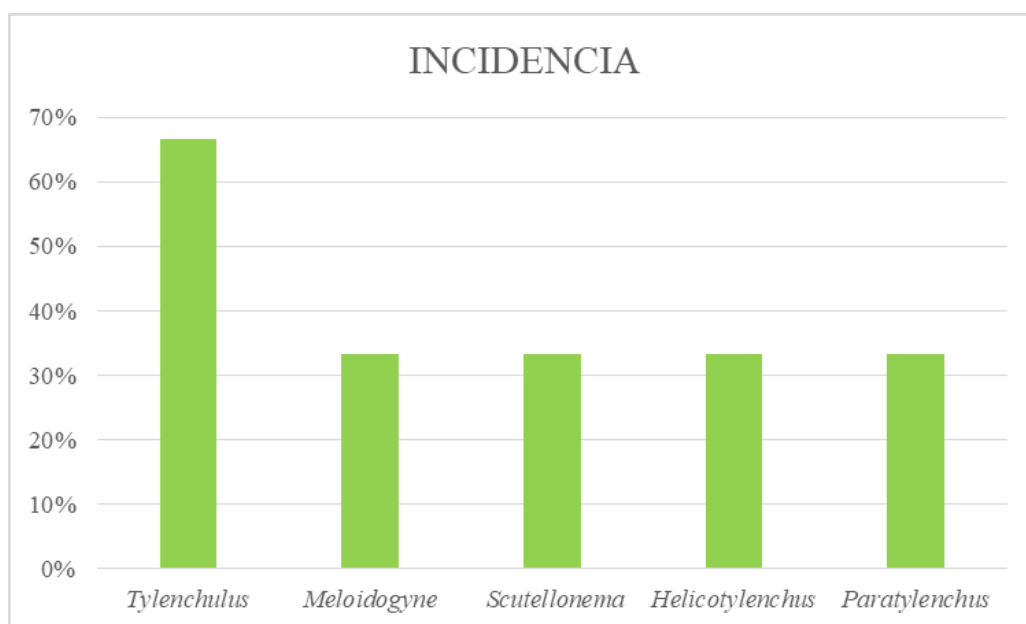


Figura 8: Incidencia de los géneros con relación al número de fundos muestreados en Huaura

4.4.2 Provincia de Huaral

Se identificó 5 géneros en las muestras de suelos: *Tylenchulus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Tylenchorhynchus* sp, *Meloidogyne* sp y *Rotylenchulus* sp (Tabla 14) y 2 géneros en las muestras de raíces: *Tylenchulus* sp y *Paratylenchus* sp. (Tabla 15).

El género con mayor incidencia fue *Tylenchulus* sp con 69% de incidencia en las muestras de suelo y 46% de incidencia en muestras de raíz seguido del género *Rotylenchulus* sp y *Helicotylenchus* sp, ambos con una incidencia de 15% en muestras de suelo y sin presencia en raíces de caqui.

Los géneros con menor incidencia fueron *Meloidogyne* sp y *Tylenchorhynchus* sp con un 8% de incidencia en las muestras de suelo y sin presencia en las muestras de raíces y el género *Paratylenchus* sp con un 8% de incidencia en muestras de raíces y sin presencia en las muestras de suelo.

Tabla 14: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Huaral, Lima

| Géneros | Nº de indiv/100 cm ³ suelo | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------|---------|
| | Incidencia % | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 69% | 2312 | 0-12420 |
| <i>Meloidogyne</i> | 8% | 16 | 0-190 |
| <i>Rotylenchulus</i> | 15% | 3 | 0-20 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 15% | 3 | 0-20 |
| <i>Tylenchorhynchus</i> | 8% | 0.8 | 0-10 |

Tabla 15: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Huaral, Lima.

| Géneros | N de ind/1 g de raíz | | |
|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | Incidencia % | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 46% | 51 | 0-395 |
| <i>Paratylenchus</i> | 8% | 0.4 | 0-5 |

Además, se determinó que en el 60% y 40% de los fundos muestreados en Huaral se encontró la presencia del género *Tylenchulus* sp y *Helicotylenchus* sp respectivamente, mientras que cada uno de los géneros: *Paratylenchus* sp, *Meloidogyne* sp, *Rotylenchulus* sp y *Tylenchorhynchus* sp se encontraron en un 20 % de los fundos muestreados (Figura 9).

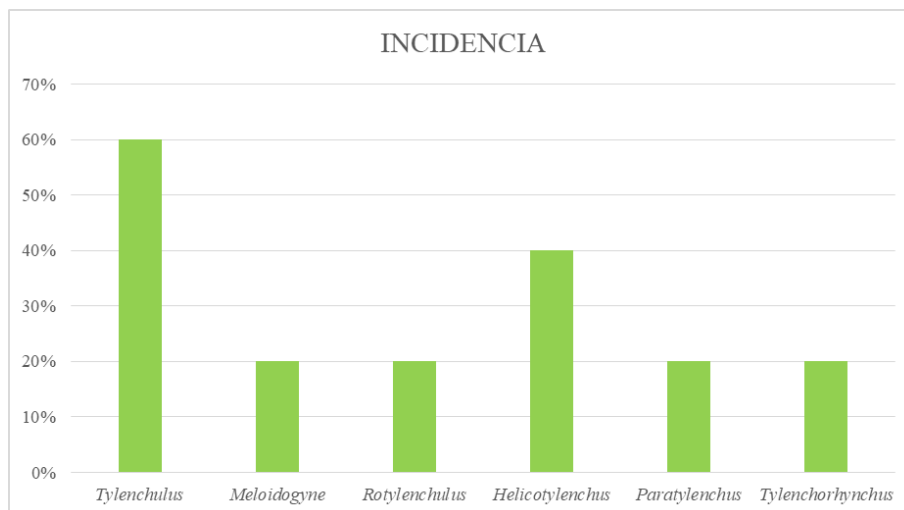


Figura 9: Incidencia de los géneros en relación al número de fundos muestreados en Huaral

4.4.3 Provincia de Cañete

De este valle se identificó 3 géneros en las muestras de suelo: *Tylenchulus* sp, *Rotylenchulus* sp y *Helicotylenchus* sp (Tabla 16) y 1 género en las muestras de raíces: *Tylenchulus* sp. (Tabla 17).

El género con mayor incidencia fue *Tylenchulus* sp con 100% de incidencia en las muestras de suelo y 67% de incidencia en las muestras de raíces seguido de los géneros *Rotylenchulus* sp y *Helicotylenchus* sp quienes presentaron una incidencia de 33% cada uno en muestras de suelo y sin incidencia en muestras de raíces de caqui; sin embargo, este análisis solo se realizó en 1 fundo.

Tabla 16: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en suelo de caqui en Cañete, Lima

| Géneros | Nº de indiv/100 cm ³ suelo | | |
|------------------------|---------------------------------------|-------|----------|
| | Incidencia % | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 100% | 1220 | 300-2100 |
| <i>Rotylenchulus</i> | 33% | 0 | 0-10 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 33% | 0 | 0-10 |

Tabla 17: Incidencia, media y rango de densidades de población de nematodos fitopatógenos en raíces de caqui en Cañete, Lima

| Géneros | Nº de indiv/1 g raíz | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|
| | Incidencia % | Media | Rango |
| <i>Tylenchulus</i> | 67% | 10 | 0-115 |

Para esta provincia no se realizó el análisis de la incidencia en base al número de fundos en los que se encuentra presenta el género debido a que solo se muestreo un fundo.

4.4.4 Comparativo de la incidencia de los géneros en las tres provincias muestreadas

El mayor número de géneros en las muestras de suelos se encontró en las provincias de Huaura y Huaral mientras que la provincia de Cañete tuvo el menor número de géneros (Figura 10).

En las provincias de Cañete y Huaral el género con la incidencia más alta fue *Tylenchulus* con valores de 100% y 69% respectivamente; en tanto que en la provincia de Huaura las incidencias más altas fueron de los géneros *Tylenchulus* y *Paratylenchus* con 25% para ambos géneros.

En la provincia de Cañete también se encontró a los géneros *Rotylenchulus* y *Helicotylenchulus* con un 33% de incidencia para cada uno, en la provincia de Huaura también se encontró a los géneros *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Scutellonema* con una incidencia de 17%, 8% y 8% , respectivamente; y en la provincia de Huaral también se encontró a *Rotylenchulus*, *Helicotylenchulus*, *Meloidogyne* y *Tylenchorhynchus* con una incidencia de 15% para los dos primeros y una incidencia de 15% para los dos últimos.

Demostrando así que los géneros, *Tylenchulus* y *Helicotylenchus*, se encontraron en tres provincias; los géneros *Rotylenchulus* y *Meloidogyne* se encontraron solo en dos de las tres provincias; mientras que *Scutellonema*, *Tylenchorhynchus* y *Paratylenchus*, solo se detectaron en una de las 3 provincias (Figura 10).

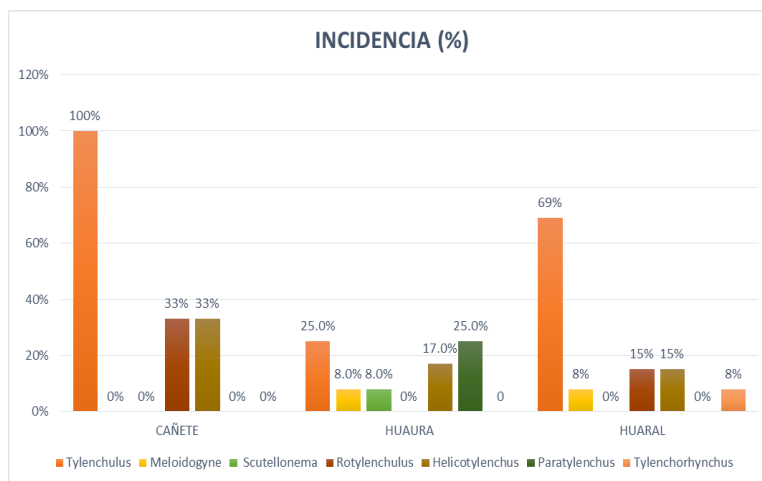


Figura 10: Incidencia de Géneros de nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de suelos de tres Provincias de la Región Lima

Por otro lado, si comparamos la diversidad en las muestras de raíces, la provincia de Huaura presentó la más alta diversidad de géneros, seguido de la provincia de Huaral y por último la provincia de Cañete (Figura 11).

El género que presentó la mayor incidencia en las 3 provincias de Cañete, Huaura y Huaral fue el género *Tylenchulus* sp con valores de 67%, 58% y 46% respectivamente, seguido del género *Paratylenchus* que solo estuvo presente en las provincias de Huaura y Huaral con valores de 17% y 8% respectivamente mientras que los géneros *Meloidogyne* sp. y *Scutellonema* sp. solamente estuvieron presentes en la provincia de Huaura con valores de 8% cada uno tal como se aprecia en la Figura 11.

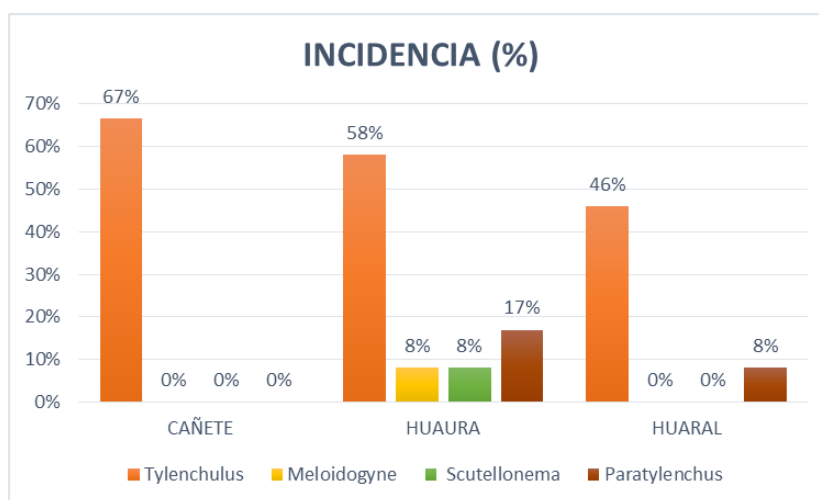


Figura 11: Incidencia de Géneros de nematodos fitopatógenos encontrados en las muestras de raíces de 3 Provincias de la Región Lima

4.4.5 Importancia del género *Tylenchulus*

En los fundos del señor Romero, Fezano S.C.R.L., Sociedad Agrícola Frutos de Sur S.A.C. y el Vivero de Huerto MIK S.A.C. se visualizaron sintomatologías aéreas.

En el fundo del Señor Romero, ubicado en Huaral, encontramos síntomas de amarillamiento, decaimiento, defoliación, además de deterioro radicular (Figura 12). Esto permitió realizar un muestreo y análisis de diagnóstico con relacionándose síntomas con población y determinándose que el agente causal nematológico del problema era *Tylenchulus* sp.

Los resultados del análisis de diagnóstico mostraron que las plantas sanas tuvieron una población de 480 individuos/100cm³ de suelo y 65 individuos/ g de raíz , las plantas sanas-con síntomas intermedios tuvieron una población de 860 individuos/100cm³ de suelo y 20 individuos/g de raíz, las plantas con síntomas intermedias tuvieron una población de 12 420 individuos/100cm³ de suelo y 80 individuos/gr de raíz, las plantas con síntomas intermedios-a plantas muertas tuvieron una población de 7520 individuos/100cm³ suelo y 395 individuos/g de raíz, las plantas muertas tuvieron una población de 3800 individuos/100cm³ suelo y 10 individuos/g de raíz y una planta de resiembra de 2200 individuos/100cm³ de suelo y 65 individuos/g de raíz (Figura 12).

En el fundo de la empresa Fezano S.C.R.L. , ubicado en Cañete, encontramos síntomas de amarillamiento, decaimiento y defoliación. Esto nos permitió realizar un muestreo y análisis de diagnóstico en ese campo donde se correlacionó síntomas con población y se determinó que el agente nematológico causal del problema era el género *Tylenchulus* sp.

Los resultados del análisis de diagnóstico mostraron que las plantas sanas tuvieron una población de 300 individuos/100cm³ de suelo y 0 individuos/ g de raíz, las plantas intermedias tuvieron una población de 1220 individuos/100cm³ de suelo y 10 individuos/ g de raíz; y las plantas pequeñas tuvieron una población de 2100 /100cm³ de suelo y 115 individuos/ g de raíz.

En el lote del fundo de la Empresa Sociedad Agrícola Frutos de Sur S.A.C., ubicado en Huaura, donde se realizó el muestreo y análisis de diagnóstico las hojas se veían estresadas y enrolladas ligeramente. Se pudo correlacionar síntomas con población.

Los resultados del análisis de diagnóstico mostraron que las plantas en ese lote tuvieron una población de 2840 individuos/ 100 cm³ de suelo y 115 individuos/ g de raíz. En las otras 3 muestras que se tomaron de este fundo las poblaciones que se tuvieron fueron: 220

individuos/100cm³ de suelo y 30 individuos/ g de raíz, 1600 individuos/100cm³ de suelo y 40 individuos/ g de raíz; y 0 /100cm³ de suelo y 15 individuos/ g de raíz.

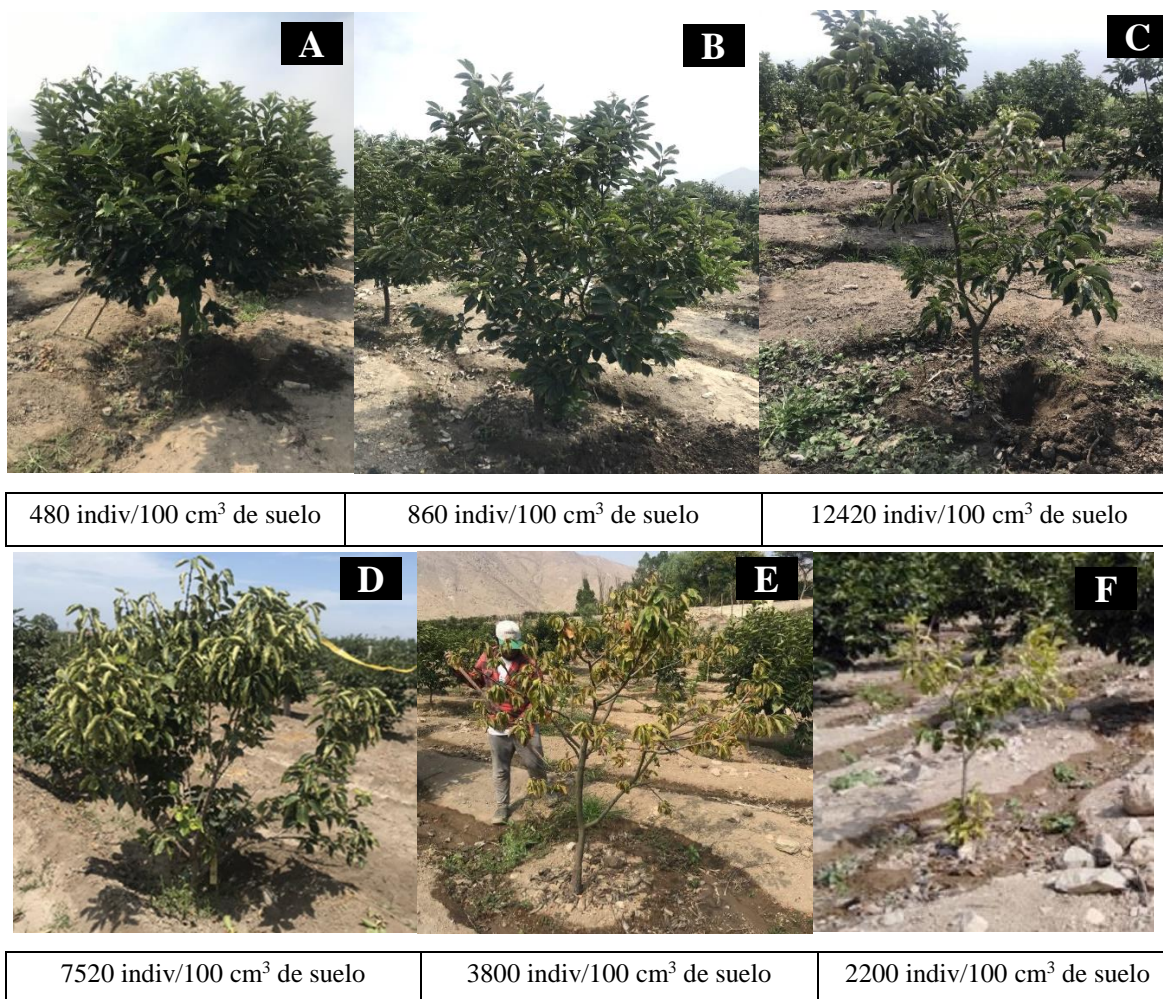


Figura 12: Sintomatología foliar para el muestreo de diagnóstico de las plantas de caqui del campo del señor Romero: Planta sana (A), Planta sana - intermedia (B), Planta intermedia(C), Planta intermedia-muerta (D), Planta muerta (E), Planta de resiembra (F)

En el vivero de la empresa Huerto Mik S.A.C., ubicado en Huaura, se encontró algunas plantas con síntomas de amarillamiento y decaimiento (Figura 12). Esto nos permitió realizar un muestreo y análisis de diagnóstico. Sin embargo, no se pudo correlacionar síntomas con población debido a que no se encontró evidencia suficiente. En el suelo no hubo nematodos fitopatógenos y en la raíz solo en dos muestras se identificó al género *Tylenchulus* sp. en una población de 20 individuos/ g de raíz. Es muy poco probable que el género *Tylenchulus* sp fuese el agente causante de las sintomatologías en las plantas del vivero.

A pesar de que González (1988) reportó que este nematodo ocasiona sintomatologías en las plantas de caqui con una población de 480 individuos/100cm³ y 300-500 individuos/g de

raíz podemos señalar que para la presente investigación con una población de 860 individuos/100cm³ de suelo y 20 individuos/g de raíz se percibió sintomatologías leves de decaimiento en la parte aérea mientras que con poblaciones mayores a 3800 individuos/100cm³ de suelo, se observó una significativa defoliación. Además, después de que las plantas alcanzaron los 12 420 individuos/100 cm³ de suelo los juveniles comenzaron a disminuir y las hembras que parasitan las raíces (Figura 13) exhibieron un incremento poblacional sustancial antes de que la planta muera.



Figura 13: Hembra del género *Tylenchulus* parasitando raíz de caqui

Es importante tener en cuenta que los nematodos son microorganismos bióticos que se alimentan de otros organismos vivos sin llegarlos a matar (Figura 13). Al alimentarse, los nematodos perforan la pared celular de las raíces, secretan saliva que introducen en los tejidos y absorben parte del contenido celular ocasionando un debilitamiento en el sistema radicular. Conforme el tejido se debilita, se reduce el alimento del nematodo (Zapata *et al.*, 2011).

Al no haber suficiente alimento los nematodos comenzarán a morir. Esto se verá reflejado en la disminución de la población, por lo que podemos sostener que en las plantas donde se evidencian sintomatologías aéreas pronunciadas es muy probable que la población de nematodos tienda a ser reducida comparado con otras sintomatologías menos pronunciadas (Zapata *et al.*, 2011).

4.4.6 Importancia del género *Meloidogyne*

Se encontró en dos muestras de suelo: una de ellas perteneciente al fundo de la empresa agrícola fundo el paraíso S.A.C. en Huaura y la otra al fundo del señor Romero en Huaral; y en 1 muestra de raíz del fundo de la empresa agrícola fundo el paraíso S.A.C. en Huaura. Solo en este último fundo se observó poco desarrollo vegetativo para la edad de las plantas

muestreadas (Anexo 11) así como nodulaciones en las raíces (Figura 14) en las que se pudo apreciar la presencia de hembras y masas de huevos de color marrón oscuro (Figura 15).

Las raíces noduladas (Figura 14) fueron evaluadas con la escala de severidad de daño radical propuesto por Taylor y Sasser (1983). Mediante esta evaluación se estableció que las raíces se encontraban afectadas en un grado 4; es decir, las raíces presentaban un 51-75% de daño por nodulaciones.

Finalmente, es importante señalar que en las muestras de Huaura se observó un alto índice de la maleza *Euphorbia serpens* var. *Serpens* alrededor de los árboles (Anexo 11). Especies de este mismo género han sido reportadas como hospederos alternos del género *Meloidogyne* (Mondragón, 2009) por lo que es recomendable mantener un adecuado manejo cultural de esta maleza.



Figura 14: Raíces de caqui con una severidad de grado 4 afectadas por el género *Meloidogyne*

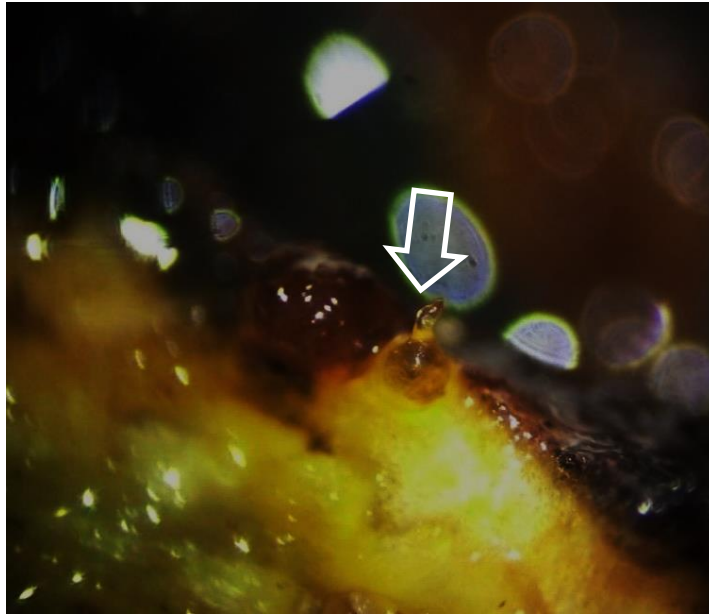


Figura 15: Hembra ensanchada y expuesta del género *Meloidogyne* parasitando raíz de caqui de la provincia de Huaura

4.5 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GÉNEROS Y LAS PRINCIPALES ESPECIES DE NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS PRESENTES EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

4.5.1 Identificación morfológica de la especie *Tylenchulus semipenetrans*

Los juveniles (Figura 16) encontrados en las muestras de la empresa frutos del sur S.A.C. en la provincia de Huaura presentaban un estomatoestile y nódulos pequeños pero notorios con unos labios cónicos y sin esclerotización en la cabeza (Figura 16). Además, no presentaron una superposición ventral y dorsal. Con relación a su cola esta era subaguda y con una terminación puntiaguda que no llegaba a ser filiforme pero era más delgada que la del género *Meloidogyne* (Figura 16) por lo que se trataba del género *Tylenchulus*.

Debido a que no se podía apreciar todas las características necesarias (visibilidad del ano) para llegar a especie a nivel de juveniles, se extrajo las hembras de las raíces y se apreció sus características morfológicas (Figura 17).|

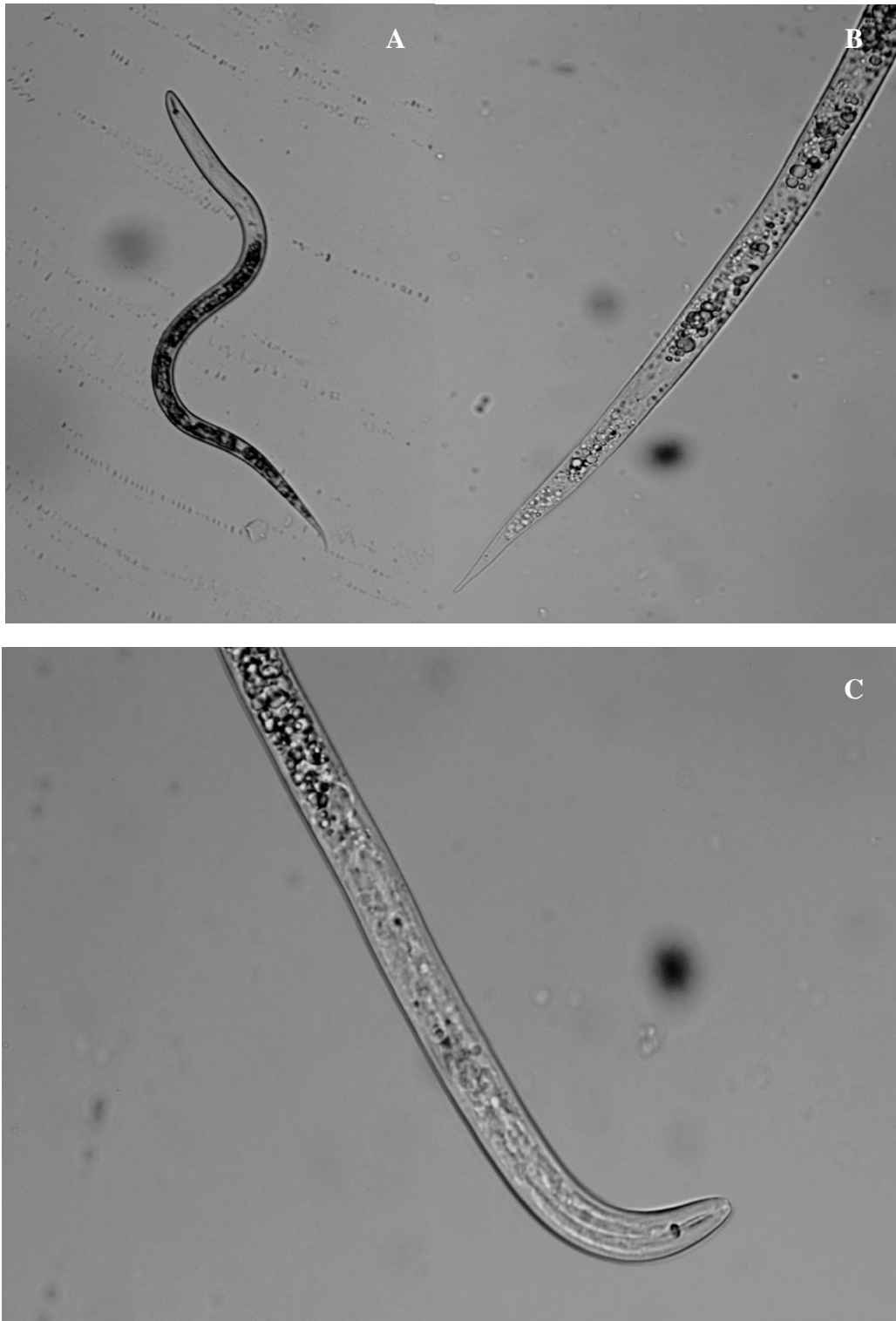


Figura 16: Juveniles (J2) del género *Tylenchulus* sp : Cuerpo completo del J2 (A), Región posterior mostrando la cola (B), Región anterior mostrando la forma de la cabeza y el estilete (C)

Las hembras encontradas parasitando las raíces (Figura 17) tenían la parte anterior del cuerpo introducida dentro de la raíz mientras que la cola ensanchada (porción obesa) permanecía en la parte externa de la raíz. La cola era cónica.

La porción ensanchada de la hembra fue mayormente menor de 58%, sólo con la característica de la hembra se pudo seguir avanzando en la clave y llegar solo usando a la hembra a definir como especie a *Tylenchulus semipenetrans*.

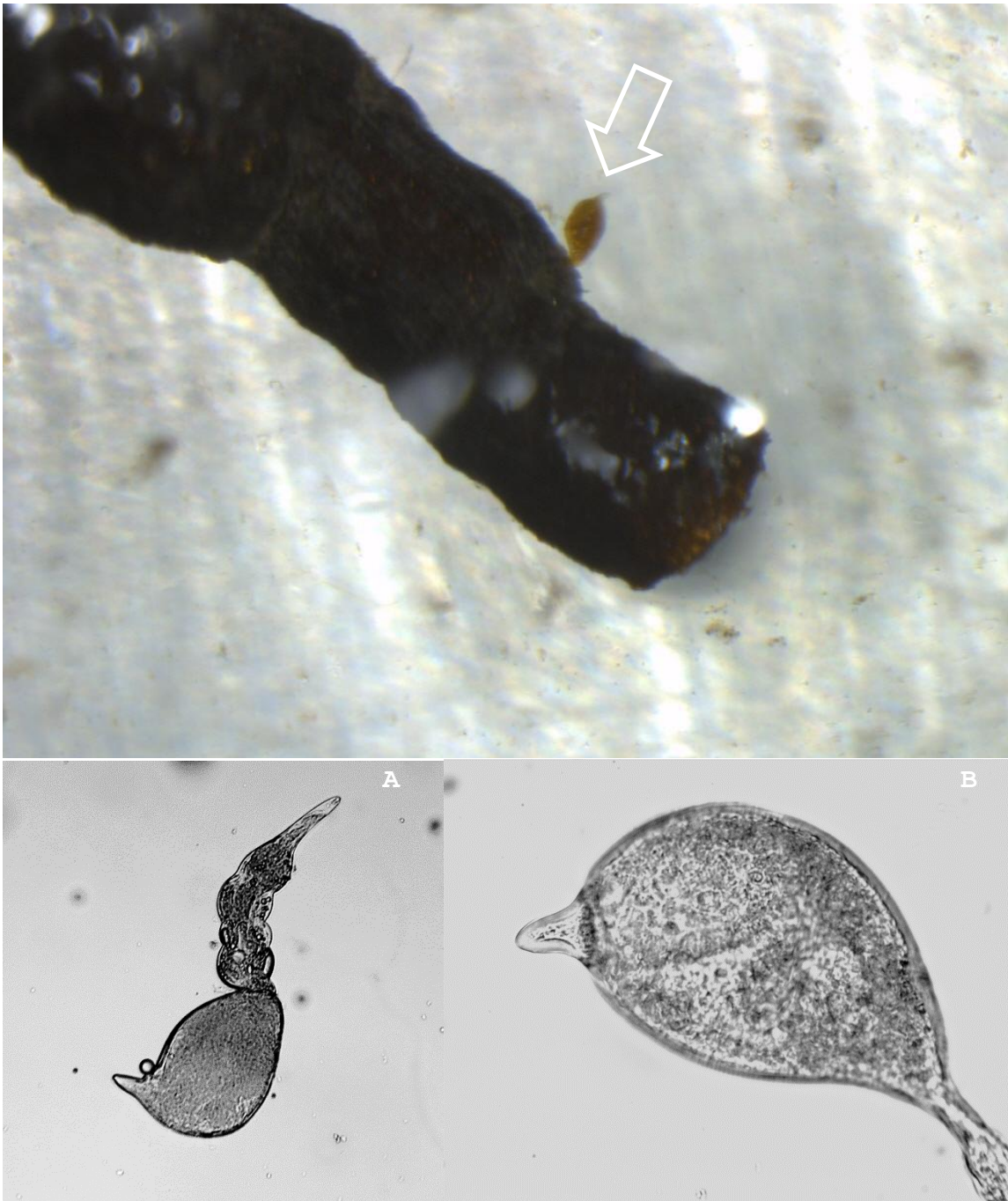


Figura 17: Hembra de la especie *Tylenchulus semipenetrans*: Hembras parasitando raíz de caqui (A), Cuerpo completo de hembra ensanchada (B), Cola mucronada típica de la especie (C)

La identificación de la presencia de esta especie corrobora lo anteriormente señalado por Knight (2001) y la base de datos NEMAPLEX de la Universidad de California. Ambos evidencian que la especie *Tylenchulus semipenetrans* es un nematodo que establece una

relación patógeno-hospedero con el cultivo de caqui ya que en Nueva Zelanda ha sido encontrado en una alta densidad poblacional en raíces de caqui en una zona libre de malezas lo cual prueba su relación de parasitismo.

4.5.2 Identificación morfológica de género y especies de *Meloidogyne* sp.

Los juveniles (J₂) extraídos de las muestras de suelo de los fundos el paraíso y del fundo Romero fueron útiles para la identificación del género. Estos tenían forma cilíndrica y vermiforme (Figura 18), no se apreciaba esclerotización en la cabeza pero tenían un estomato estilete muy delgado con un disco labial redondeado, sin anillos en la región cefálica y con nódulos pequeños (Figura 18). Además, las glándulas del esófago presentaron una superposición ventral al intestino y en relación a su cola esta era subaguda y con una porción hialina cerca a la punta de la cola, la cual es una característica primordial para la identificación del género *Meloidogyne* (Figura 18).

De esos mismos fundos, se extrajo las hembras de las raíces (Figura 15) y se apreciaron sus patrones perineales (Figura 19 y 20) para la identificación de las especies.

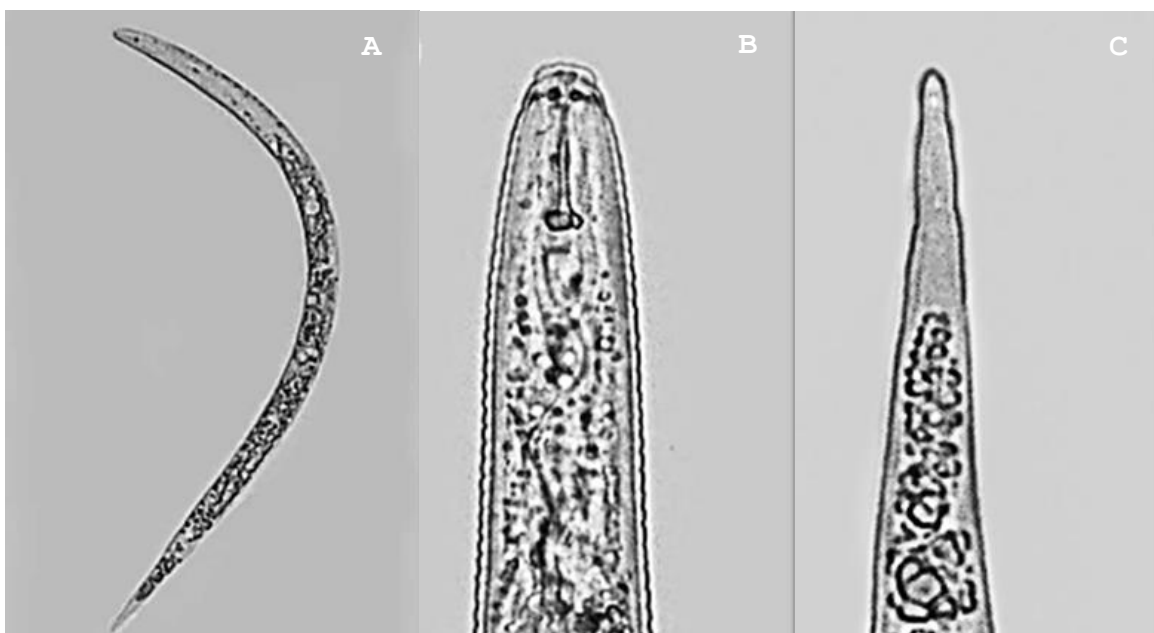


Figura 18: Características morfológicas del género *Meloidogyne* sp : Cuerpo completo del J₂ (A), Región anterior mostrando la forma de la cabeza y el estilete (B), Región posterior mostrando la cola y la región hialina (C)

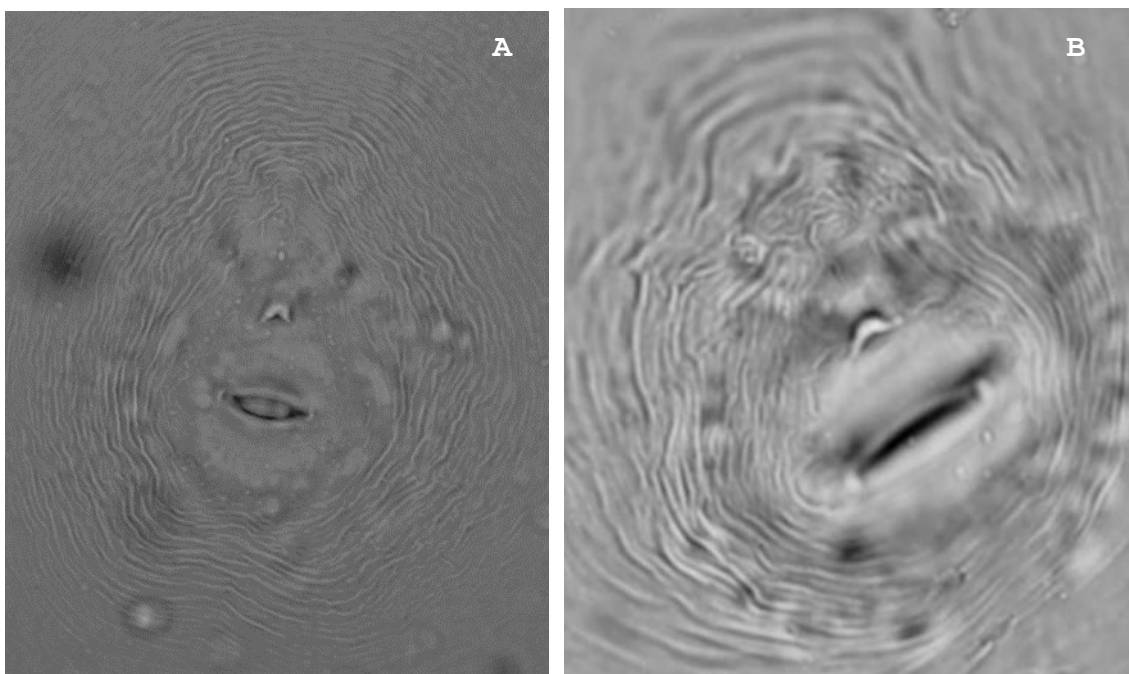
En la Figura 19, se aprecian patrones perineales con un arco dorsal alto a medianamente alto y cuadrangular. El campo lateral es visible específicamente en la Figura 19 (D) pero en la mayoría de muestras colectadas no fue tan notorio. Las estrías son lisas, onduladas y

moderadamente finas. Se observa frecuentemente la dirección de las estrías hacia la vulva. Estas características coinciden con la descripción de *Meloidogyne incógnita*, la cual ya había sido reportada anteriormente parasitando raíces de caqui en Brasil (Inomoto *et al.*, 1991)

Por otro lado, en la Figura 20 se puede observar patrones perineales con incisuras laterales bien visibles que los dividen en regiones dorsales y ventrales. Pocas o ninguna estría cruzan las incisuras laterales y algunas se dirigen hacia la vulva. Este patrón perineal pertenece a la especie *Meloidogyne javanica*, la cual ya había sido reportada parasitando caqui en la India (Sethi, Gaur, Kaushal, Srivastava y Khan, 1988).

Estas características coinciden con lo señalado por Eisenback (1985) acerca de los juveniles y las huellas perineales de las especies de *Meloidogyne* sp., todas estas características se encuentran detalladas en el Anexo 4 y 5.

Finalmente, se puede señalar que, en relación a las dos especies identificadas, hubo una mayor presencia de población de *Meloidogyne incógnita* (90%) que de *Meloidogyne javanica* (10%) en relación a las muestras de Huaral y Huaura donde se encontró este género; sin embargo, no se puede confirmar una relación de parasitismo ya que las zonas donde se encontraron estas especies se encontraban con una alta cantidad de malezas lo cual puede favorecer su presencia.



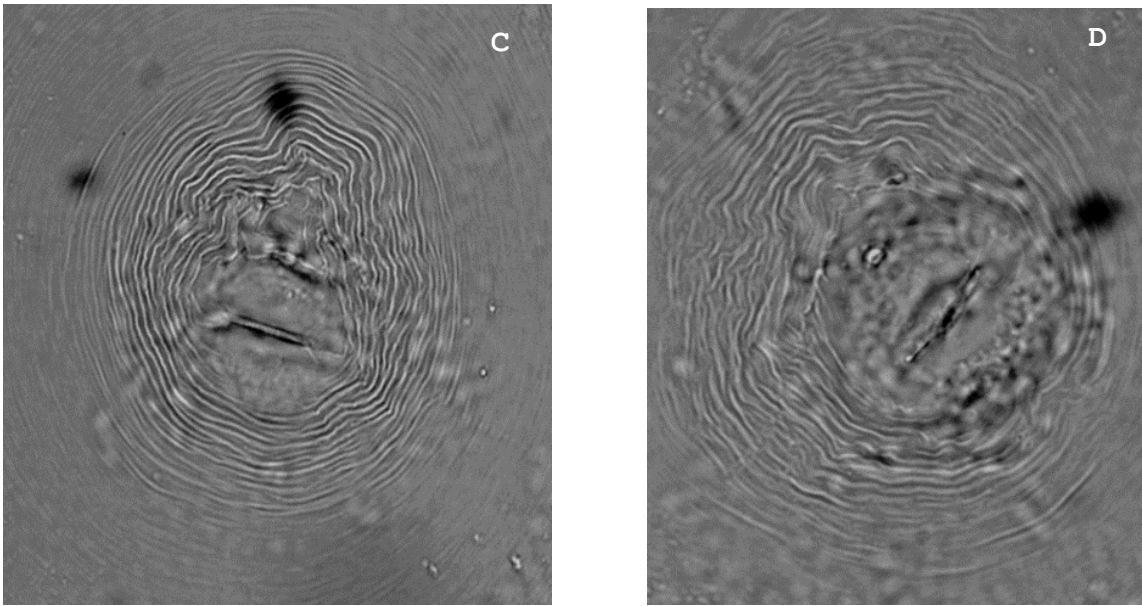


Figura 19 : Patrones perineales de *Meloidogyne incognita* de Huaura (A,B) y Huaral (C,D)

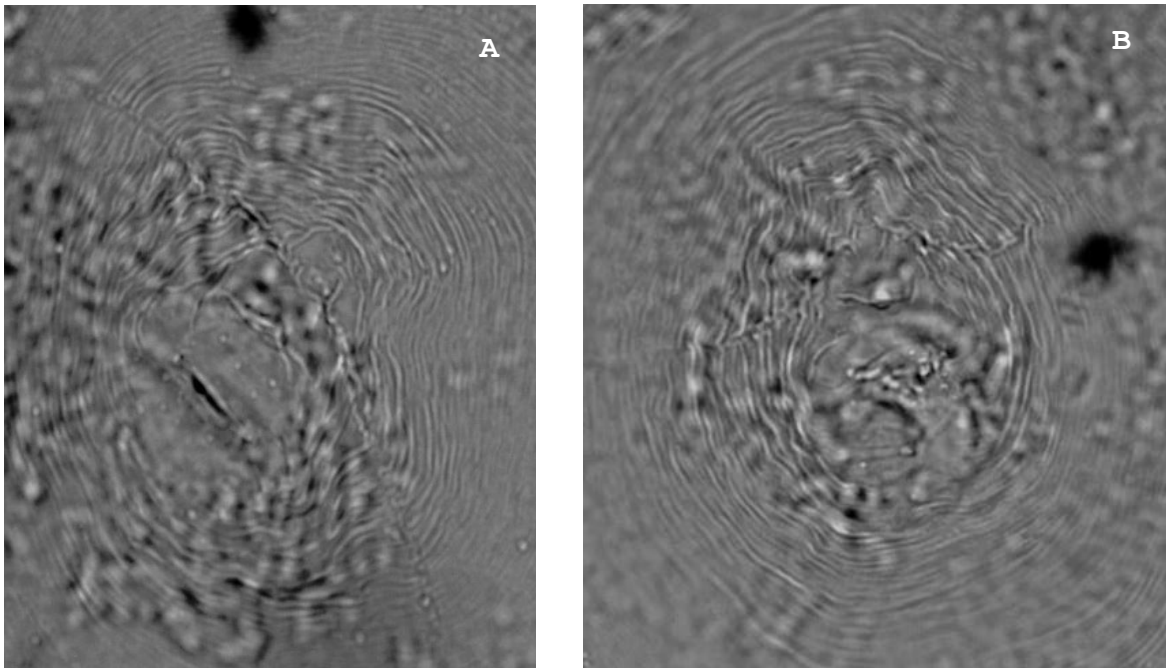


Figura 20 : Patrones perineales de *Meloidogyne javanica* Huaura (A) y Huaral (B).

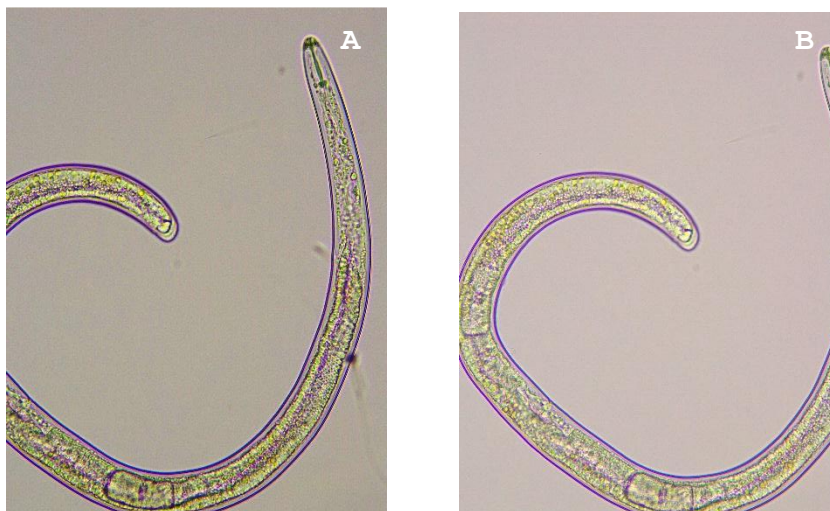
4.5.3 Identificación morfológica del género *Scutellonema* sp.

Los nematodos encontrados en fundo el paraíso, único donde se identificó este género, presentaban una región labial fuertemente esclerotizada, un poco sobresaliente y hemisférica con un estomatoestilete bien desarrollado con nódulos prominentes de un grosor moderado (Figura 21). Además, presentaron una superposición dorsal (Figura 21).

Su cola tenía una punta hemisférica con una orientación ventral donde se encontró la presencia del escutelo el cual es un fasmidio cerca al ano, característico de este género (Figura 21). Se observaron dos ovarios presentes en las hembras de este género.

Todas las características antes mencionadas coinciden con lo expuesto en la clave dicotómica (Kolombia *et al.*, 2017) donde se señaló que este género presenta ausencia de estrías longitudinales en el anillo basal del labio y estilete bien desarrollado con protuberancias basales redondeadas a ovaladas y superficie anterior irregular. Además, en relación a su morfología presentan una longitud de 0.3-1.5 mm y son cilíndricos con excepción a la zona cercana a las extremidades. Su cabeza es anulada y su estilete se encuentra muy bien desarrollado con una longitud de 24-31 μm y fuertemente esclerotizado, con nódulos basales prominentes. Es por ello que se determinó que nematodos como los de la imagen pertenecen al género *Scutellonema* sp.

Para la identificación de especies, el uso de solo características morfológicas puede llevar a un margen de error muy alto por lo que se recomienda realizar la identificación morfológica acompañada de la molecular. Además, para la identificación morfológica de este género se precisa la presencia de hembras ya que a lo largo de la clave dicotómica la presencia o ausencia de la espermateca es un factor importante para la identificación (Kolombia *et al.*, 2017).



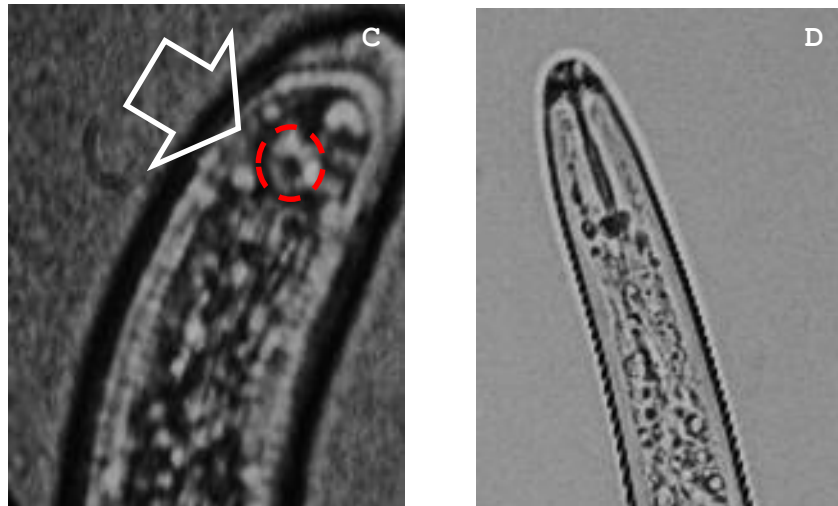


Figura 21: Nematodos pertenecientes al género de *Scutellonema* sp : Hembra adulta (A), Cola con punta hemisférica (B), Fasmidios presentes en la cola de *Scutellonema* (C), Parte anterior del nematodo donde se aprecian los estiletes (D)

4.5.4 Identificación morfológica de *Rotylenchulus* sp.

Los nematodos juveniles encontrados en el fundo Chancayllo 1 presentaban esclerotización en la cabeza y contaban con un estomatoestilete bien desarrollado y largo (Figura 22). Presentaron una superposición dorsal, su cola tenía una punta hemisférica (Figura 22). No se observó ovarios en las hembras de este género.

Todas las características antes mencionadas coinciden con lo expuesto en la clave dicotómica de Dasgupta *et al.*, (1968) donde se señala que la longitud total del estilete y tamaño y la forma de los nódulos del estilete proporcionan caracteres taxonómicamente importantes. La región de los labios continua y no resalta (Figura 22). Los ovarios de las hembras inmaduras son muy pequeños y sin desarrollar. La cola es puntiaguda en las hembras inmaduras (Figura 22).

Es por ello que se determinó que nematodos como los de la imagen pertenecen al género *Rotylenchulus* sp.

Para la identificación de la especie se requiere de la presencia de la hembra; sin embargo, en los fundos donde se identificó este género no se encontró hembras.

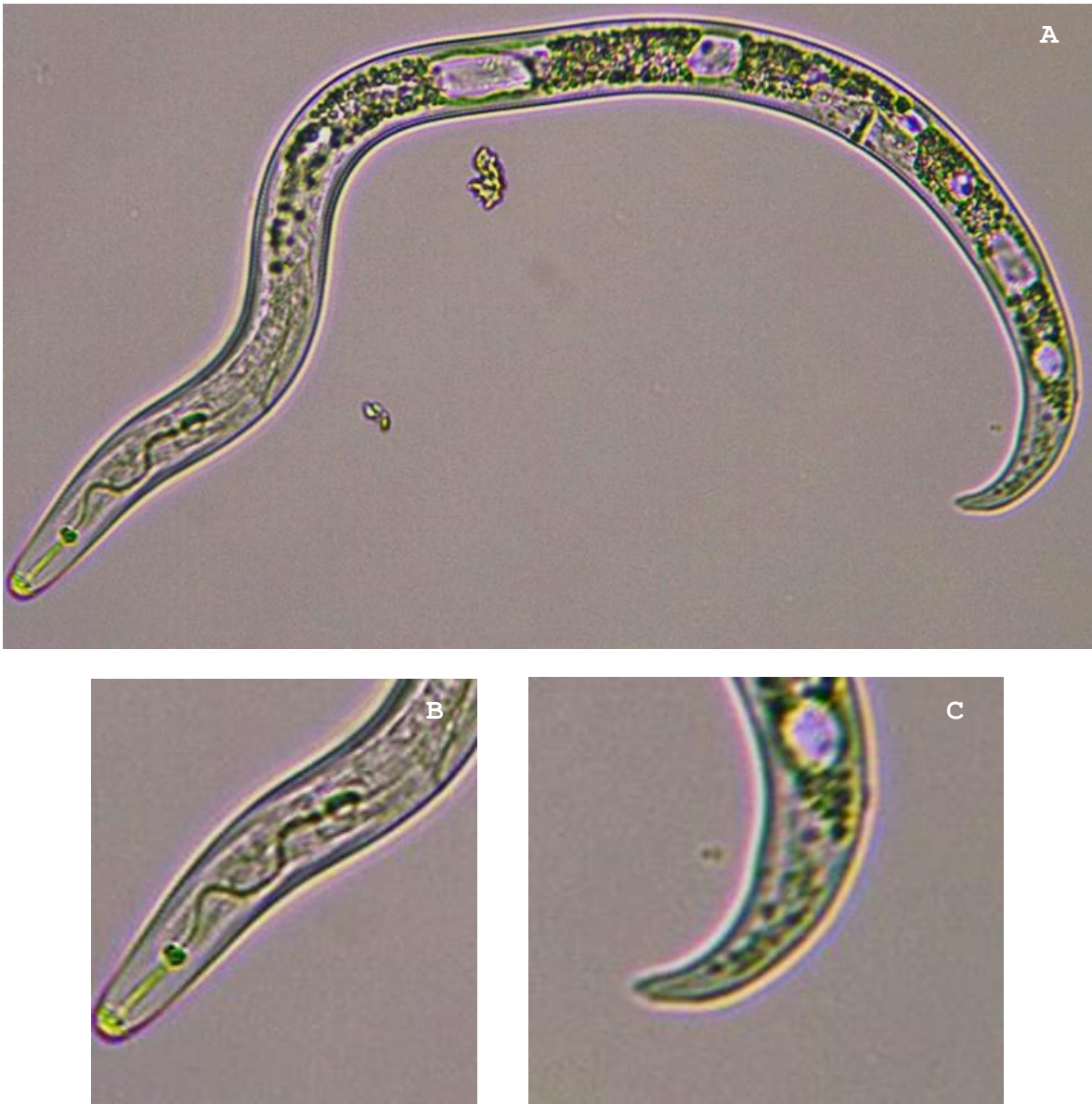


Figura 22 : Nematodos pertenecientes al género de *Rotylenchulus* sp : Cuerpo completo de una hembra inmadura *Rotylenchulus* sp. (A), Parte anterior del cuerpo del nematodo donde se aprecia el estomato estilete (B), Parte posteriores del nematodo donde se aprecia su cola (C)

4.5.5 Identificación morfológica de la especie *Helicotylenchus dihystra*.

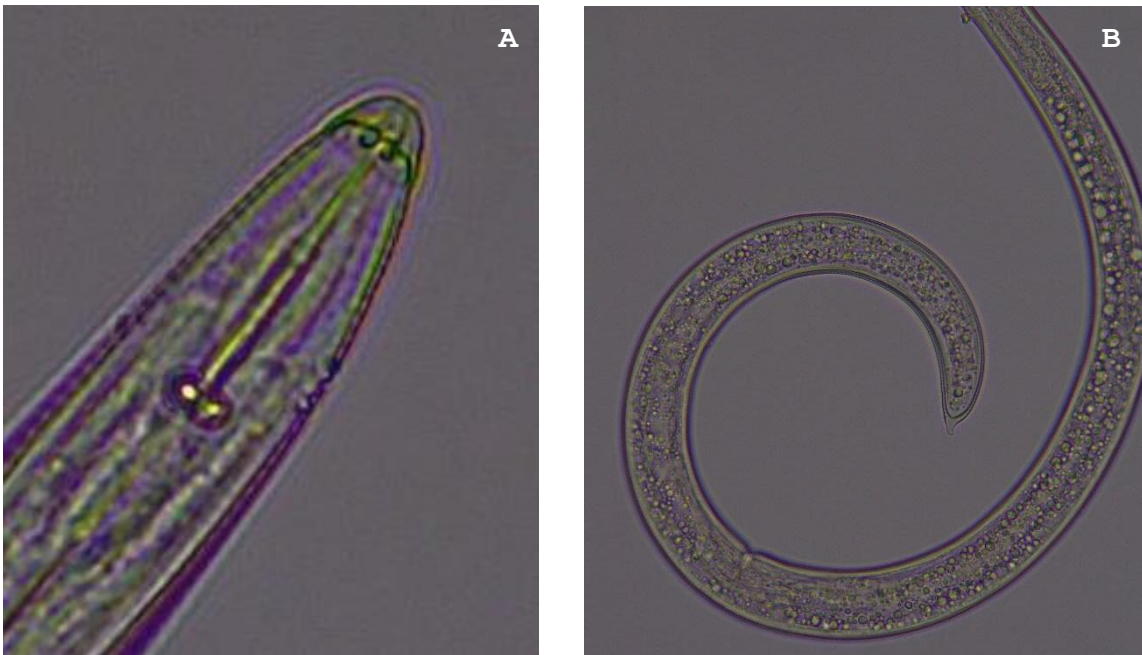
Para la identificación de este género y especie involucrada, se evaluaron características morfológicas puntuales según la clave de Mendonça (1976) de las muestras obtenidas en fundo de la empresa frutos del sur S.A.C.

En primer lugar, el cuerpo se encontró en forma de arco o espiral (Figura 23). El cual es una de las características principales del género ya que cuando el cuerpo de este nematodo se encuentra en reposo adquiere una posición en espiral o también conocida como del número 6 (Shurtleff y Averre III, 1997).

Se observó que la proyección de la cola era estrecha o corta, aunque algunos autores consideran esta característica como variable (Subbotin *et al.*, 2011). La cola asimétrica de la hembra presenta una proyección ventral corta ($c'=1.15$) o delgada (Figura 23). Además, se evidencia una espermateca no funcional; es decir, sin espermatozoides (Figura 23).

En segundo lugar, el cuerpo en forma de arco o espiral la región labial de este nematodo era hemisférica con anulación notoria (Figura 23) y fasmidios situados a 5-13 ámulos anteriores al ano (Figura 23). Por otro lado, las líneas internas de los campos laterales se mantenían separadas hasta el término de la cola (Figura 23).

Por lo tanto, se trata de la especie *Helicotylenchus dihystra*, una de las especies más comunes en el mundo y el cual también se ha reportado parasitando caqui según la base de datos 'NEMAPLEX' y Knight (2001).



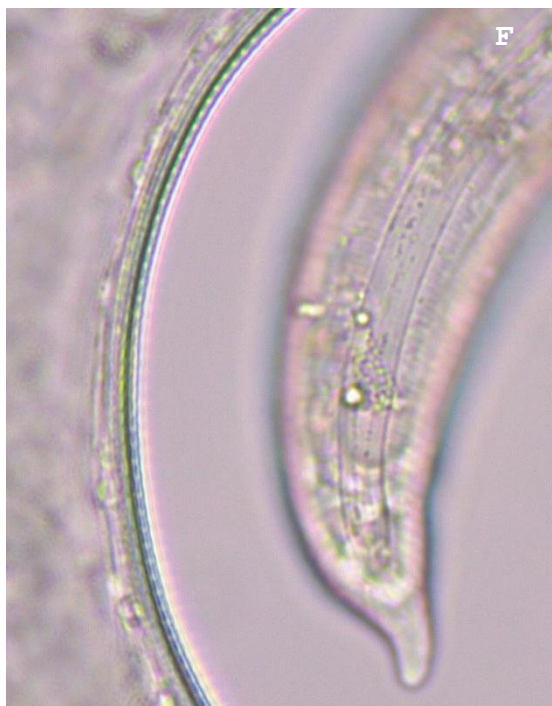
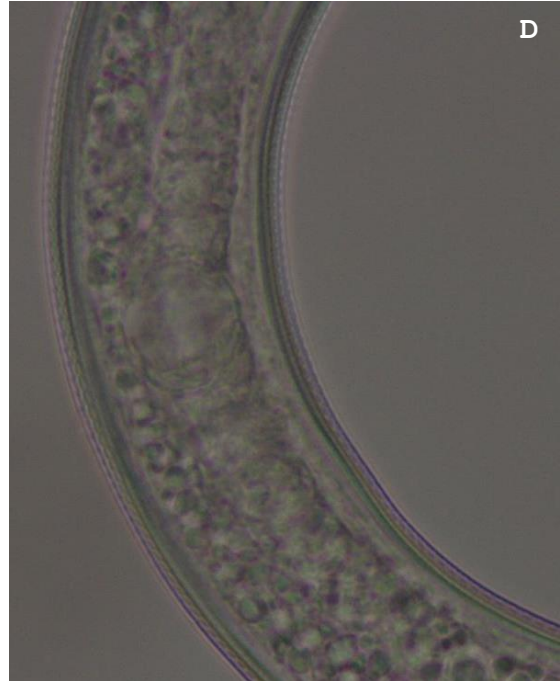
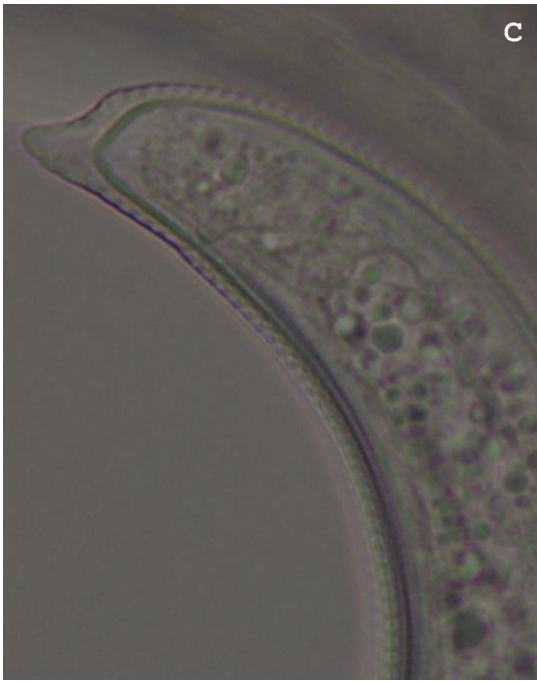


Figura 23: Morfología de *Helicotylenchus dihystra* : Región anterior, mostrando la cabeza, el estilete y los nódulos basales (A), Forma espiral característica del género (B), Forma de la cola y mucrón (C,F), Espermateca no funcional(D), Forma de la cabeza y el estilete (E)

4.5.6 Identificación morfológica del género *Paratylenchus* sp

Los juveniles de las muestras de la empresa frutos del sur S.A.C. no presentaban esclerotización en la cabeza pero sí contaban con un estomatoestilete variable y largo con nódulos prominentes con región labial roma (sin punta) y achatada en su parte anterior (Figura 24). No presentaron una superposición ventral y dorsal. Su cola puntiaguda era curvada ventralmente en forma de C (Figura 24). Se observó 1 ovario presente en las hembras de este género.

El tamaño pequeño de su cuerpo fue la característica más importante para su identificación. Agrios (1988) señala a este género como el de menor tamaño entre todos los nematodos.

Todas las características antes mencionadas coinciden con lo expuesto en la clave dicotómica de Ghaderi, Kashi y Karegar (2014), quien sostiene que las hembras tienen un tamaño menor a 0.7 mm de longitud y se curva ventralmente en forma de C después de ser fijados (Figura 24). Una región cefálica continua, conoide, lisa o finamente anulada (Figura 24) con un estilete de 10 a 120 μm y una cola conoide a hemisférico, con extremo agudo a redondeado, ocasionalmente digitado, dentado, en forma de gancho o en forma de pico. Es por ello que se determinó que nematodos como los de la imagen pertenecen al género *Paratylenchus* sp.

Las especies de este género tienen una gran similitud morfológica y valores morfométricos superpuestos lo cual dificulta su adecuada identificación. Las características utilizadas para la identificación de especie son el largo del estilete, número de líneas laterales y la presencia o ausencia de superposición de la vulva; sin embargo, al tener esas características similares muchos autores tienden a sinonimizar morfológicamente a las especies pero la biología molecular ha demostrado que esas especies sinonimizadas no son las mismas especies (Munawar *et al.*, 2021).





Figura 24 : Nematodos pertenecientes al género de *Paratylenchus* sp : Cuerpo completo de adulto de *Paratylenchus* sp. (A), Apreciación de la parte anterior y del estilete (A), Cola del nematodo (C)

4.5.7 Identificación morfológica del género *Tylenchorhynchus* sp.

Se apreció que los juveniles y hembras encontradas en el fundo Chancayllo 2, único fundo donde se les encontró, no presentaban esclerotización en la cabeza pero si contaban con un estomatoestilete delgado bien desarrollado y corto con nódulos pequeños y prominentes. Su región cefálica era sobresaliente y poseían una región labial hemisférica (Figura 25), característico de la familia Belonolaimidae.

El esófago tenía forma triangular pero no presentaba una superposición ventral ni dorsal y en su parte posterior presentaba un campo lateral marcado por 4 líneas característico del género. Su cola era delgada en forma cónica o cilíndrica con punta redondeada (Figura 25). Además, se observó los ovarios emparejados presentes en las hembras de este género (Figura 25).

Todas las características antes mencionadas coinciden con lo expuesto en la clave dicotómica de Handoo (2000) siendo la característica más importante para distinguir este género según este autor la presencia de 4 líneas laterales. Estas fueron observadas cercanas a las espículas de los machos con ayuda del microscopio óptico (Figura 25).

No se encontró el número adecuado de hembras para realizar un análisis morfométrico del número de líneas laterales, tamaño de su estilete, del número de anulaciones en su cola, número de anulaciones en su región labial y el largo de su cuerpo; las cuales son características requeridas para la identificación de especie en las diferentes claves dicotómicas. Además, no se encontraron machos. En algunos casos, las diferencias en la

morfología de los órganos reproductivos de los machos, así como el tamaño y forma de la espícula y gubernaculum son utilizados en la diagnosis de las especies.

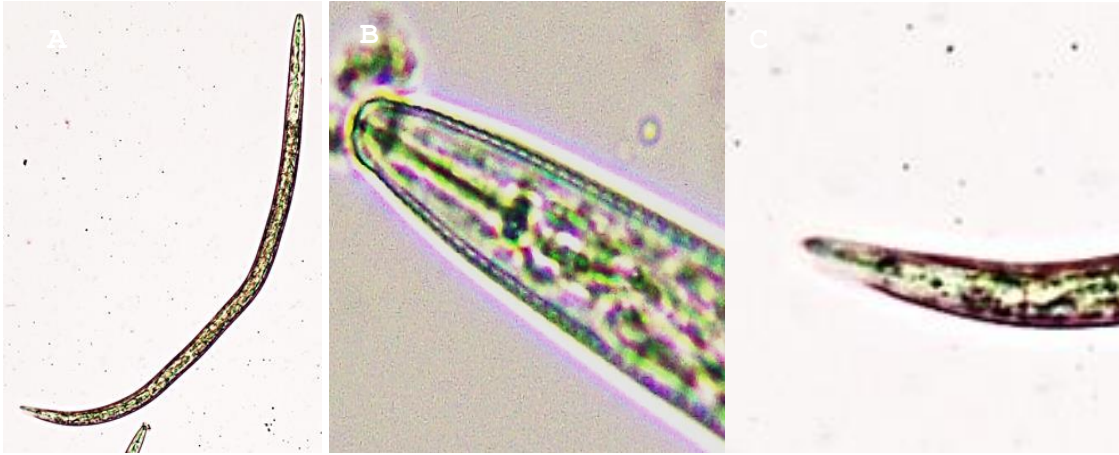


Figura 25: Nematodos pertenecientes al género de *Tylenchorhynchus* sp : Cuerpo completo de la hembra de *Tylenchorhynchus* sp (A), Región anterior mostrando la forma continua de la región labial y el estilete (B), Región posterior mostrando la forma de la cola lisa de la hembra (C)

V. CONCLUSIONES

- En la región Lima, solo encontramos caqui en las provincias de Huaura, Huaral y Cañete.
- Los géneros de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de caqui fueron *Tylenchulus*, *Meloidogyne*, *Scutellonema*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchulus*, *Paratylenchus* y *Tylenchorhynchus*.
- Las especies de nematodos fitopatógenos identificados fueron: *Tylenchulus semipenetrans*, *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne javanica* y *Helicotylenchulus dihystra*.

VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigaciones para determinar el umbral poblacional de *Tylenchulus semipenetrans* para ocasionar síntomas en el cultivo de caqui.
- Realizar ensayos de manejo de *Tylenchulus semipenetrans* a nivel in vitro con productos químicos y/o biológicos y a nivel de campo donde se evalúe la población de nematodos con relación al flujo del crecimiento radicular con el fin de implementar un manejo integrado de este nematodo.
- Identificar el biotipo de *Tylenchulus semipenetrans* que está presente en las zonas productoras de caqui en la costa central del Perú a nivel morfológico y molecular.
- Determinar si existe una relación entre *Tylenchulus semipenetrans* con los diferentes porta injertos empleados en caqui (Lotus, Virginiano y Criollo).

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aballay, E. (2020). Un problema de larga data en los huertos de todo el mundo. *Redagícola Perú*. Recuperado de <https://www.redagricola.com/pe/un-problema-de-larga-data-en-los-huertos-de-todo-el-mundo/>
- Agrios, G. (1988). *Plant Pathology—3rd Edition* (3.^a ed.). Academic Press. Recuperado de <https://www.elsevier.com/books/plant-pathology/agrios/978-0-12-044563-9>
- Agudelo, P., & Harshman, D. (2011). First Report of the Spiral Nematode *Scutellonema brachyurum* on Lilyturf in the United States. *Plant Disease*, 95, 74-74. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-10-0665>
- Allendes Lagos. (s. f.). La importancia de las raíces en cultivos frutales. Recuperado 29 de julio de 2021, de Consultas Agrícolas website: <https://consultasagricolas.com/2020/10/19/la-importancia-de-las-raices-en-cultivos-frutales/>
- Altuntas, E., Rustem, C., & Kaya, C. (2011). Physical and chemical properties of persimmon fruit. *International Agrophysics*, 25, 89-92.
- Badenes, M. L. (2014). Caqui. En J. J. Hueso Martín & J. Cueva González (Eds.), *La fruticultura del siglo XXI en España* (Cajamar Caja Rural, pp. 263-274). España: Instituto valenciano de innovaciones agrarias. Recuperado de http://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6860/2014_Badenes_Caqui.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Balza, J. (2019). El caqui se perfila como una alternativa agroexportadora. *Redagícola Perú*. Recuperado de <https://www.redagricola.com/pe/el-caqui-se-perfila-como-una-alternativa-agroexportadora/>
- Brito, M. S. (2005). *Programa De Maestria De Educacion E Investigacion En Agricultura Tropical Sostenible* (Universidad de Guayaquil). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=YoszaQAAMAAJ&pg=PR2&lpg=PR2&dq=brito+Programa+De+Maestria+De+Educacion+E+Investigacion+En+Agricultura+Tropical+Sostenible.&source=bl&ots=5xLe9wT6K5&sig=ACfU3U2Y6Y8hajM>

- YmOd3N7gp-6gYnsYklQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEpaWd27jxAhWUnpUCHdG3AtIQ6AF6BAgJEAM#v=onepage&q=brito%20Programa%20De%20Maestria%20De%20Educacion%20E%20Investigacion%20En%20Agricultura%20Tropical%20Sostenible.&f=false
- Buxens Barandiaran, J. I. (1979). Riego por goteo. *Xoba*, 2(3). Recuperado de <https://mdc.ulpgc.es/utills/getfile/collection/xoba/id/26/filename/27.pdf>
- Carrillo Fasio, J. armando, Martinez Gallardo, J. Á., Díaz Valdés, T., Partida Ruvalcaba, L., Allende molar, R., & Valdez Torres, J. B. (2015). Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, Mexico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100022
- CIRENCORFO. (1989). *Frutales menores y de hoja persistente* (p. 59). CHILE: CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Recuperado de CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES website: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Requerimientos-de-clima-y-suelo.-Frutales-menores-y-de-hoja-persistente-1989b.pdf>
- Claerbout, J., De sutter, N., Höfte, M., Vandavelde, I., neukermans, J., Viaene, N., ... Bert Wim. (2020). A thorough study of a *Paratylenchus* sp. in glasshouse-grown lettuce: Characterisation, population dynamics, host plants and damage threshold as keys to its integrated management. *Annals of Applied Biology*, 2021, 178: 62-79. <https://doi.org/10.1111/aab.12635>
- Cohen, Y., Gur, A., Barkai, Z., & Blumenfeld, A. (1991). Decline of persimmon (*Diospyros kaki* L.) trees on *Diospyros virginiana* rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 48(1), 61-70. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90153-P](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90153-P)
- Crozzoli, R. (2002). *ESPECIES DE NEMATODOS FITOPARASÍTICOS EN VENEZUELA*. 27(7), 354-364.
- Dagatti B, C. V., Becerra, V. C., & Herrera, M. E. (2014). CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS PRODUCIDOS POR *Meloidogyne* spp. (NEMATA: TYLENCHIDA) EN LA VID EN MENDOZA, ARGENTINA. *Revista de ciencias agrícolas*, 31(2), 51-62. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.143102.31>

- Daños provocados por *Tylenchorhynchus* spp. (2017, septiembre 22). Recuperado 25 de febrero de 2021, de NEVAL. website: <https://www.ne-val.com/danos-provocados-tylenchorhynchus-spp/>
- Dasgupta, D. R., Raski, D. J., & Sher, S. A. (1968). A Revision of the Genus *Rotylenchulus* Liiiford and Oliveira, 1940 (Nematoda: Tylenchidae)1. *Helminthological Society of Washington*, 35(2), 169-193.
- De Almeida, E. J., Soares, P. L. M., Da Silva, A. R., & Dos Santos, J. M. (2008). New records on *Meloidogyne mayaguensis* in Brazil and comparative study with *M. incognita*. | Semantic Scholar. *Nematologia Brasileira*, 32(3), 236-241.
- Dias-Arieira, C. R., Furlanetto, C., Santana, S. de M., Barizão, D. A. O., Ribeiro, R. C. F., & Formentini, H. M. (2010). Fitonematoides associados a frutíferas na região Noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1064-1071. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000119>
- Dickerson, Dr. O. J., Blake, J. H., & Lewis, S. A. (2000). Nematode guidelines for south carolina. *Nematode Assay Lab*. Recuperado de <https://www.clemson.edu/public/regulatory/plant-problem/pdfs/nematode-guidelines-for-south-carolina.pdf>
- Diospyros kaki (persimmon). (2019). Recuperado 27 de junio de 2021, de CABI website: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/19575#totaxonomicTree>
- Door Remotti, C. (2017). Manejo integrado de nemátodos en vid. Recuperado de Drokasa website: http://drokasa.pe/application/webroot/imgs/notas/Manejo_integrado_de_nematodos_en_vid.pdf
- Eisenback, J. (1985). Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). En *An Advanced Treatise on Meloidogyne Biology and Control. A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology and the United States Agency for International Development, North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina* (Vol. 1, pp. 47-78).
- FAOSTAT. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2021, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Ferris, H. (2019). *Tylenchorhynchus*. Recuperado 1 de julio de 2021, de Nemaplex website: <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G138.aspx>

- Ferris, H. (2020). *Helicotylenchus* [Enseñanza]. Recuperado de NEMAPLEX website: <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G057.aspx>
- Ferris, H. (2021a). *Paratylenchus*. Recuperado 28 de junio de 2021, de Nemaplex website: <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G099.aspx>
- Ferris, H. (2021b). *Scutellonema*. Recuperado 1 de julio de 2021, de Nemaplex website: <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G121.aspx>
- Frápolti Daffari, E. (2000). *Los nemátodos fitoparásitos* (Consejería de agricultura y pesca). Malaga, España: A.G Novograf S.A.
- Froza, k, & Maqbool, M. A. (1995). Numerical threshold for infection of the spiral nematode, *Helicotylenchus dihystra* (Cobb, 1893) Sher, 1961 on brinjal, tomato and wheat. *Pakistan Journal of Nematology*. Recuperado de <https://www.cabi.org/ISC/abstract/19952311074>
- Ghaderi, R., Kashi, L., & Karegar, A. (2014). Contribution to the study of the genus *Paratylenchus* Micoletzky, 1922 sensu lato (Nematoda: Tylenchulidae). *Zootaxa*, 3841(2), 151-187-151-187. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3841.2.1>
- Gilman, E. F., & Watson, D. G. (1993). *Diospyros kaki Japanese Persimmon*. 3.
- Giordani, E. (2002). El caqui: Diversificación varietal para el cultivo en desarrollo. *Agrícola vergel*, 509-524.
- Giordani, E., Picardi, E., & Radice, S. (2015). Morfología y fisiología. En *El cultivo del caqui*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281647357_Morfologia_y_Fisiologia_caqui/link/55f2bed908ae0960a38976fe/download
- González, H. (1988). El kaki (*Diospyros kaki* L.) un nuevo huesped de *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, en Chile. *Agricultura Técnica (Santiago)*, 48(1), 56-57.
- Guzman-Plazola, R. A., Hernandez-Flores, B., Franco-Navarro, F., & Cadena-Hinojosa, M. (2008). NEMATODOS AGALLADORES EN LA VEGA DE METZTITLAN, HIDALGO, MEXICO: IDENTIFICACION, DISTRIBUCION ESPACIAL Y RELACION CON FACTORES EDAFICOS. *Nematropica*, 38(1), 47-61.
- Handoo, Z. A. (2000). A Key and Diagnostic Compendium to the Species of the Genus *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Belonolaimidae). *Journal of Nematology*, 32(1), 20-34.
- Hernández-Ochandía, Arias, Y., Gómez, L., Peteira, B., Miranda, I., & Rodríguez, M. (2012). Elementos del ciclo de vida de población cubana de *Meloidogyne incognita*

- (Kofoed y White) Chitwood en *Solanum lycopersicum* L. *Revista de protección vegetal*, 27(3), 188-193.
- Hernández Aranda, B. (1999). El cultivo del kaki en la Comunidad Valenciana. *Revista de fruticultura*, 3, 24.
- Hodgson, R. W. (1940). Rootstocks for the Oriental Persimmon. *American Society of Horticulture*, 37, 43-44.
- Inomoto, M. M., Monteiro, A. R., & Ferraz, L. C. C. B. (1991). Occurrence of *Tylenchulus semipenetrans* and *Meloidogyne incognita* on persimmon in Brazil. *Nematologia Brasileira (Brazil)*. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR9200649>
- Jagdale, G. B. (2013). Guide for Interpreting Nematode Assay Results | UGA Cooperative Extension. Recuperado 3 de mayo de 2021, de <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=C834&title=Guide%20for%20Interpreting%20Nematode%20Assay%20Results>
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report*. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/A-rapid-centrifugal-flotation-technique-for-from-Jenkins/bf1fc2c6ab20d7f0d64115215bb629ff4e589719>
- Jima Narvaéz, J. G. (2018). *Prospección e identificación de nemátodos fitoparásitos de uva (Vitis vinifera) en zonas productoras del cultivo en Ecuador* (Universidad central del Ecuador). Universidad central del Ecuador, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15067/1/T-UCE-0004-A74-2018.pdf>
- Julca, A., Gallego, E., Sánchez, J., & Cordovilla, P. (2001). Agua y nematodos parásitos de las plantas. *Horticultura Revista de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola*, 20-26.
- Kanzaki S. (2016). The Origin and Cultivar Development of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). *NIPPON SHOKUHIN KAGAKU KOGAKU KAISHI*, 63(7), 328-330. <https://doi.org/10.3136/nskkk.63.328>
- Kluge, R. A., & Tessmer, M. A. (2018). Caqui—*Diospyros kaki*. En S. Rodrigues, E. de Oliveira Silva, & E. S. de Brito (Eds.), *Exotic Fruits* (pp. 113-119). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00016-2>

- Knight, K. W. L. (2001). Plant parasitic nematodes associated with six subtropical crops in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29(4), 267-275. <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514188>
- Kolombia, Y. A., Karssen, G., Viaene, N., Kumar, P. L., Joos, L., Coyne, D. L., & Bert, W. (2017). Morphological and molecular characterisation of *Scutellonema* species from yam (*Dioscorea* spp.) and a key to the species of the genus. *Nematology*, 19(7), 751-787. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003084>
- Kosseva, M. R., Joshi, V. K., & Panesar, P. S. (Eds.). (2017). Chapter 7—Specific Features of Table Wine Production Technology. En *Science and Technology of Fruit Wine Production* (pp. 295-461). San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800850-8.00007-7>
- Lambert, Kris, & Bekal, S. (2002). Introduction to Plant-Parasitic Nematodes. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2002-1218-01>
- León Carrasco, J. C. (2019). Perú tendría 60 hectáreas de caqui instaladas en Lima e Ica [Noticias]. Recuperado 29 de julio de 2021, de Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias website: <https://agraria.pe/noticias/peru-tendria-60-hectareas-de-caqui-instaladas-en-lima-e-ica-18739>
- León Trinidad, R. A. (2018). Cultivo de caqui, experiencia en Huaral, Lima. Recuperado 1 de julio de 2021, de Revista Agronoticias website: <https://agronoticias.pe/ciencia-e-innovacion/agricola/cultivo-de-caqui-experiencia-en-huaral-lima/>
- Lezaun, J. (2016). Nematodos Fitoparásitos. Recuperado 20 de agosto de 2019, de CropLife Latin America website: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>
- Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.). (2005). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (Vol. 131). Recuperado de <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/abs/plant-parasitic-nematodes-in-subtropical-and-tropical-agriculture-2nd-edn-ed-luc-m-sikora-r-a-bridge-j-pp-896-cabi-publishing-uk-2005-isbn-0-85199-727-9-9950-us-19500/EB62C9AF66B554F597CBD427A8512971>
- Maafi, Z. T., Amani, M., Stanley, J. D., Inserra, R. N., Berg, E. V. den, & Subbotin, S. A. (2012). Description of *Tylenchulus musicola* sp. n. (Nematoda: Tylenchulidae) from banana in Iran with molecular phylogeny and characterisation of species of *Tylenchulus* Cobb, 1913. *Nematology*, 14(3), 353-369. <https://doi.org/10.1163/156854111X596242>

- Macarthur, E. (2003). Persimmon growing in new south wales. *NSW Agriculture, 3erd edition*. Recuperado de https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/119517/persimmon-growing.pdf
- MAGAP. (2014). *Manual de riego parcelario*. Quito, Ecuador: Ministerio de agricultura, ganadería , acuacultura y pesca. Recuperado de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/286387/>
- Mendonça, M. M. (1976). *Estudos sobre Hoplolaiminae encontrados no Brasil (Nemata: Tylenchoidea)* (ESALQ-USP). ESALQ-USP, Brasil. Recuperado de <https://nematologia.com.br/files/tematicos/20.pdf>
- Mendoza, D., Jarama, F., Cuenca, E., & Rivera Fernández, R. (2019). EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO Y MELOIDOGYNE SPP. SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y DE RENDIMIENTO DE TOMATE DE MESA SOLANUM LYCOPERSICUM L. *Revista de la universidad del Zulia*, (26), 28-41.
- Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). Meloidogyne species—A diverse group of novel and important plant parasites. *Root-knot Nematodes*, 1-17. <https://doi.org/10.1079/9781845934927.0001>
- Monar Goyes, J. A. (2012). “*DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DAÑO DE Rotylenchulus reniformis EN TOMATE (Lycopersicon esculentum L), PIMIENTO (Capsicum annuum L) y MELÓN (Cucumis melon L)*”. (Universidad técnica de Babahoyo). Universidad técnica de Babahoyo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/960/T-UTB-FACIAG-AGR-000166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mondragón Pichardo, J. (2009). Euphorbia hirta—Ficha informativa. Recuperado 8 de agosto de 2021, de CONABIO website: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/euphorbia-hirta/fichas/ficha.htm>
- Morton, J. (1987). Japanese Persimmon. En *Fruits of warm climates* (pp. 411-416). Miami, Florida. Recuperado de https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/japanese_persimmon.html
- Munawar, M., Yevtushenko, D. P. P., Palomares Rius, J. E., & Castillo, P. (2021). *Species Diversity of Pin Nematodes (Paratylenchus spp.) from Potato Growing Regions of Southern Alberta, Canada*. 10(2), 1-25. <https://doi.org/10.13039/501100011033>

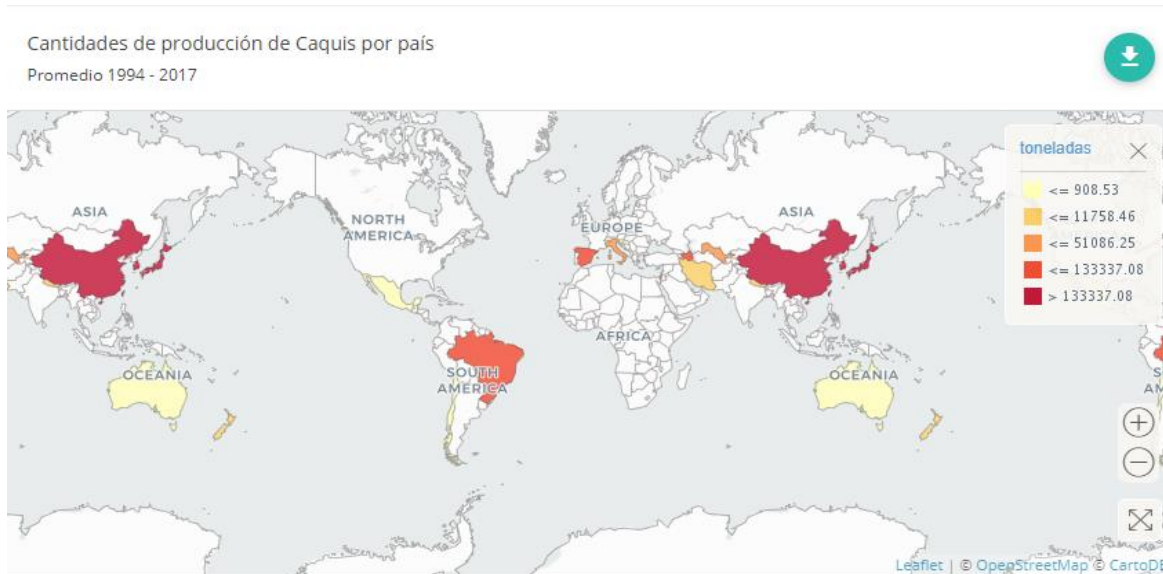
- Piedra Naranjo, R. (2015). *GUÍA DE MUESTREO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS* (Departamento de Transferencia e Información Tecnológica-INTA; M. Mesén Villalobos, Ed.). Costa Rica. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10789.PDF>
- Pio, R. (2003). *A cultura do caqui*. (22), 32.
- Portocarrero Berrocal, M. A. (1993). [*Nematodes associated to the principal weeds in the Experimental Field Olericola of the Agrarian National College La Molina [Peru]*]. [Spanish] (Universidad Nacional Agraria La Molina). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE19970078417>
- Robinson, A. F., Inserra, R. N., Caswell-Chen, E. p, Vovlas, N., & Troccoli, A. (1997). *Rotylenchulus species: Identification, distribution, host ranges and crop plant resistance*. 27(2).
- Saavedra Quezada, J. M. (2019). *OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE CAQUI (Diospyros kaki) AL MERCADO DE ESPAÑA* (Universidad San Ignacio de Loyola). Universidad San Ignacio de Loyola, Perú. Recuperado de http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9801/1/2019_Saavedra%20Quezada%20C%20Juan%20Martin.pdf
- Sarkhosh, A., Huff, D. M., & Andersen, P. C. (2020). Japanese Persimmon Cultural Practices in Florida. Recuperado 7 de agosto de 2021, de UF/IFAS website: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1389>
- Sasser, J. N., & Carter, C. C. (Eds.). (1987). Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). En *An Advance Treatise on Meloidogyne* (Vol. 2, pp. 47-78). USA. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/233858354_Detailed_morphology_and_anatomy_of_second-stage_juveniles_males_and_females_of_the_genus_Meloidogyne_root-knot_nematodes
- Schumann, G., & D'Arcy, C. (2010). *Essential plant pathology* (Segunda). Estados Unidos: APS PRESS.
- Sethi, C. L., Gaur, H. S., Kaushal, K. K., Srivastava, A. N., & Khan, E. (1988). *Occurrence of root-knot nematodes on fruit plants in association with Agrobacterium tumefaciens*. 5(2), 12-13.

- Shurtleff, M., & Averre III, C. (1997). *The plant disease clinic and field diagnosis of abiotic diseases*. Estados unidos: APS PRESS.
- Shurtleff, M., & Averre III, C. (2000). *Diagnosing plant diseases caused by nematodes* (Vol. 1st). APS PRESS.
- Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: Parasites of Plants and Insects*. CABI.
- Soto Viquez, M. A. (2016). *Control poblacional de Meloidogyne spp en el cultivo de Tomate (Lycopersicum esculentum) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido en San Carlos*. (Instituto tecnologico de costa rica sede regional san carlos). Instituto tecnologico de costa rica sede regional san carlos, Costa Rica. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9847/control_poblacional_Meloidogyne_spp_en_cultivo_Tomate_%28Lycopersicum%20esculentum%29_mediante-extractos_vegetales_bajo_ambiente_protegido_San_Carlos..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Stirling, G. R. (1988). Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes. En *Diseases Of Nematodes* (1.^a ed., p. 48). CRC Press. Recuperado de <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351071468-9/biological-control-plant-parasitic-nematodes-stirling>
- Subbotin, S., Inserra, R., Marais, M., Mullin, P., Powers, T., Roberts, P., ... Baldwin, J. (2011). Diversity and phylogenetic relationships within the spiral nematodes of *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Tylenchida: Hoplolaimidae) as inferred from analysis of the D2-D3 expansion segments of 28S rRNA gene sequences. *Nematology*, 13, 333-345. <https://doi.org/10.1163/138855410X520936>
- Taylor, A. L., & Sasser, J. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne)*. Raleigh,USA: Universidad del Estado de Carolina del Norte.
- Valcarce de angulo, E. (1978). *Contribucion al estudio y control del "nematodo de los citricos " T.semipenetrans Cobb, 1913*. (Universidad Complutense de Madrid). Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/52113/1/530670238X.pdf>
- Valenzuela Hernández, J. I. (2014). *Estudio sobre la distribución del nematodo Rotylenchulus reniformis Linford y Oliveira en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa* (Instituto Politécnico Nacional). Instituto Politécnico Nacional, Mexico. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/13126>

- Ventura Perdomo, V. M. (2012). *DETERMINACIÓN DE LA ESPECIE DEL NEMATODO Rotylenchulus ASOCIADO A MELÓN. ESTANZUELA, ZACAPA* (Universidad Rafael Landívar). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/14/Ventura-Victor.pdf>
- Vera Obando, N. Y. (2014). “*TÉCNICA MOLECULAR DE PCR PARA IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES ESPECIES DE Meloidogyne spp. EN POBLACIONES PROVENIENTES DE PERÚ*”. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Verdejo-Lucas, S., & McKenry, M. (2005). Management of the Citrus Nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. *Journal of Nematology*, 36(4), 424-432.
- Warner, F. (2009). Soil fertility, pH, texture and nematodes. Recuperado 6 de mayo de 2021, de MSU Extension website: https://www.canr.msu.edu/news/soil_fertility_ph_texture_and_nematodes
- Wolf, A. B., & Ben-Arie, R. (2011). 9—Persimmon (*Diospyros kaki* L.). En E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 166-194e). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.166>
- Yasui, K. (1915). Studies of *Diospyros Kaki*. I. *Botanical Gazette*, 60(5), 362-373.
- Zapata, J., Villegas-Estrada, B., & Guzman, O. (2011). PRINCIPALES NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SÍNTOMAS OCASIONADOS EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA. *Agronomía*, 20, 38-50.

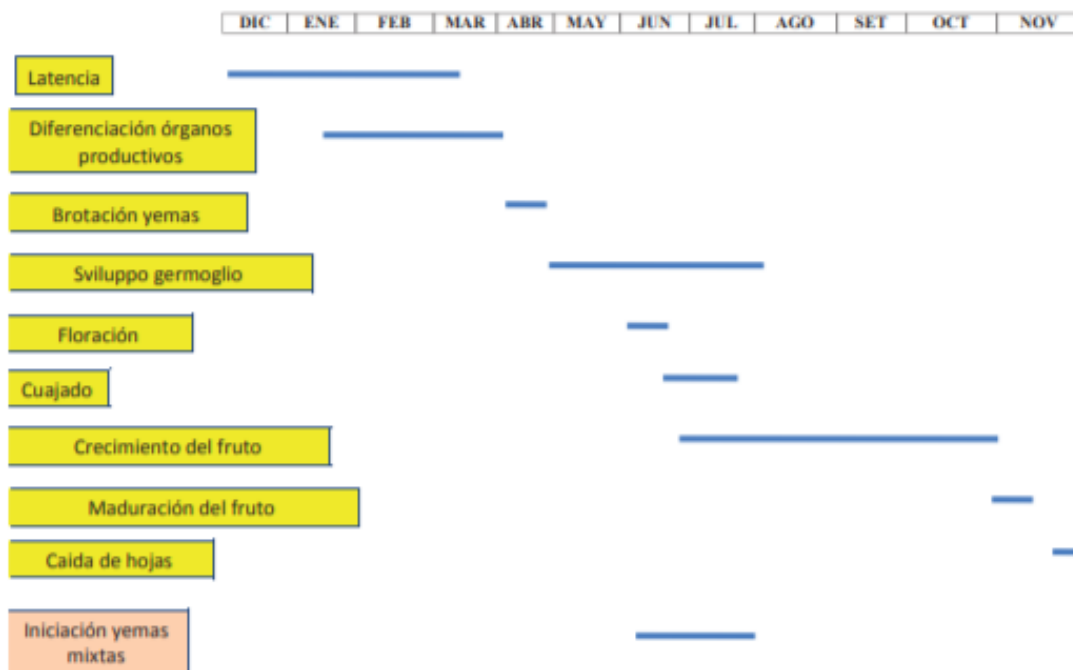
VIII. ANEXOS

Anexo 1: Distribución Geográfica de los países productores de Caqui a nivel mundial



Fuente: FAO (2017) a través de su base estadística FAOSTAT.

Anexo 2: Cronograma de la fenología de caqui (*Diospyros kaki* L.f) en España



Fuente : Giordani *et al.* (2015)

Anexo 3: Etapas del crecimiento fenológico en el árbol de Caqui (*Diospyros kaki*)



Fuente: Giordani *et al.* (2015)

Anexo 4: Características usadas para la identificación de *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* y *Meloidogyne hapla* basadas en el patrón perineal de la hembra en ovoposición

| Especie | <i>Meloidogyne incognita</i> | <i>Meloidogyne javanica</i> |
|--------------------------|--|--|
| Patrón perineal | Arco dorsal alto y cuadrado | Redondeado con arco dorsal bajo a moderadamente alto |
| Campo lateral | Sin líneas laterales claramente visibles | Líneas laterales claramente visibles formando doble incisura |
| Estrías | Lisas a onduladas, moderadamente finas | Lisas a onduladas, moderadamente finas |
| Región perivulvar | Frecuentemente se observan estrías que se dirigen hacia la vulva | Frecuentemente se observan estrías que se dirigen hacia la vulva |

| <i>Especie</i> | <i>Meloidogyne arenaria</i> | <i>Meloidogyne hapla</i> |
|--------------------------|---|---|
| Patrón perineal | Arco dorsal de redondeado a aplanado | Varia de hexagonal casi redondeado a ovalo aplanado; arco dorsal generalmente es aplanado. Frecuentemente con puntuaciones en área donde termina la cola |
| Campo lateral | Sin líneas laterales claramente visibles | Las líneas laterales no son visibles, aunque pueden estar indicadas por ligeras irregularidades en las estrías o porque las estrías dorsales y ventrales se unen formando un ángulo |
| Estrías | Estrías dorsales y ventrales bifurcadas, uniéndose en ángulo en los campos laterales, estrías dorsales con ondulaciones pronunciadas, formando una hombrera en el arco. Se puede presentar estrías que se prolongan lateralmente para formar una o dos Alas | Lisas a onduladas. Algunas estrías pueden prolongarse lateralmente y formar una a dos alas. |
| Región perivulvar | Algunas estrías se dirigen hacia la vulva | Algunas estrías se dirigen hacia la vulva |

Fuente : Eisenback et al. (1983).

Anexo 5: Características usadas para la identificación de *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* y *Meloidogyne hapla* basadas en la cabeza de especímenes machos

| | <i>Meloidogyne incognita</i> | <i>Meloidogyne javanica</i> |
|-------------------------------------|--|---|
| Cápsula cefálica | Plana a cóncava, el disco labial sobresale(más alto) sobre los labios medios | Alta, ancha y redondeada, separada de la región de la cabeza pero casi tan ancha que esta |
| Región cefálica | No separada, generalmente dos a tres anulaciones incompletas | No separada, lisa o generalmente dos o tres anulaciones incompletas |
| Longitud del estilete (um) | 23-25 | 18-22 |
| Cono del estilete | Punta roma | Punta aguda, cono recto |
| Columna(eje) del estilete | Cilíndrico, frecuentemente angosto cerca a los nódulos | Cilíndrico, frecuentemente angosto cerca a los nódulos |
| Nódulos basales del estilete | Separados, redondeados o transversalmente elongados | Separados, muy ensanchados |
| DGED(um) | Corto 2-4 | Corto 2-4 |

| | <i>Meloidogyne arenaria</i> | <i>Meloidogyne hapla</i> |
|-------------------------------------|---|---|
| Cápsula cefálica | Baja, con declive hacia la parte posterior, ensanchada posteriormente | Alta y angosta en comparación con la región cefálica |
| Región cefálica | No separada, lisa o generalmente 2 a 3 anulaciones incompletas | Separada del cuerpo, lisa |
| Longitud del estilete (um) | 20-25 | Raza 1: 17-23 Raza 2: 19-23 |
| Cono del estilete | Punta aguda, cono amplio y robusto | Punta aguda, cono angosto y delicado |
| Columna(eje) del estilete | Cilíndrico, frecuentemente ensanchado cerca a los nódulos | Raza 1: Cilíndrico, ensanchado cerca a los nódulos Raza 2: Cilíndrico, angosto cerca a los nódulos |
| Nódulos basales del estilete | No separados, inclinados hacia atrás, fusionados con el eje | Pequeños y redondeados |
| DGED(um) | Largo 4-7 | Largo 4-6 |

Fuente: Eisenback *et al*

. (1983).

Anexo 6: Plantas y campos de caqui del fundo del señor Fukuda en Huaral



Anexo 7: Plantas y campos de caqui del fundo del señor Romero en Huaral



Anexo 8 : Plantas y campo de caqui de la empresa Huerto Mik S.A.C. en Huaral





Anexo 9: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa Sociedad Agrícola Frutos del sur S.A.C. en Huaura



Anexo 10: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa Fezano S.C.R.L. en Cañete



Anexo 11: Plantas y campo de caqui del fundo de la empresa agrícola fundo el paraíso S.A.C. en Huaura



Anexo 12: Poblaciones de los nematodos fitopatógenos y de vida libre de 28 muestras de la costa central del Perú

| GÉNEROS DE NEMATODOS | EL PARAISO | | | | CHANCAYLLO 1 | | | CHANCAYLLO 2 | HUERTOSMIK CHANCAYLLO 3 | | | VIVERO | | | FUNDO ROMERO | | | | FUNDO FEZANO | | | | FUNDO FRUTOS DEL SUR | | | | FUNDO FUKUDA | |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|----------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------|
| | Paraiso A | Paraiso B | Paraiso C | Paraiso D | Chancayllo 1 turno 1 | Chancayllo 1 turno 2 | Chancayllo 1 turno 3 | Chancayllo 2 Turno riego 4 | Chancayllo 3 turno de riego 1-2 | Chancayllo 3 turno de riego 3 | Plantas grande de vivero 1,2,3 | Planta de vivero 1 pequeña | Planta de vivero 2 pequeña | Planta de vivero 3 pequeña | Planta de resiembra | Planta intermedia | Planta sana intermedia | Planta sana | Planta muerta | Planta intermedia-muerta | Planta sana | Planta pequeña | Planta intermedia | Turmo 1 (valvas 1,2,3,4,5,6) | Turmo 2 (valvas 9,12) | Turmo 2 (valvas 7,8,10,11) | Turmo 3 (13,14,15,16,17,18) | Cajón |
| <i>Tylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2200 | 12420 | 860 | 480 | 3800 | 7320 | 300 | 2100 | 1220 | 220 | 2840 | 160 | 0 | 3025 |
| <i>Meloidogyne</i> | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rotylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 20 | 20 | 0 |
| <i>Tylenchostrongylus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aphelenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| <i>Dorylainiidae</i> | 20 | 20 | 0 | 20 | 0 | 0 | 10 | 110 | 50 | 10 | 70 | 10 | 40 | 40 | 4 | 380 | 20 | 40 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 |
| <i>Rabditidae</i> | 60 | 120 | 120 | 300 | 0 | 40 | 60 | 210 | 40 | 10 | 10 | 100 | 0 | 0 | 280 | 60 | 200 | 60 | 20 | 60 | 120 | 60 | 0 | 80 | 120 | 100 | 70 | 230 |
| <i>Mononchidae</i> | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 20 | 60 | 50 | 10 | 70 | 40 | 660 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Tylenchus</i> | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 40 | 80 | 20 | 65 | 10 | 395 | 0 | 115 | 10 | 30 | 115 | 40 | 15 | 0 |
| <i>Meloidogyne</i> | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scutellonema</i> | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Paratylenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 0 | 0 |
| <i>Rabditidae</i> | 0 | 0 | 4 | 16 | 0 | 16 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 0 | 0 | 10 |
| <i>aphelenchus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |

Anexo 13: Plantilla de las preguntas realizadas a los productores de caqui en la costa central del Perú

| NOMBRE | EMPRESA HUERTO MIK S.A.C | | | | FUNDO EL PARAISO S.A.C | SOCIEDAD AGROPECUARIA FRUTOS DEL SUR S.A.C | FUNDO FUKUDA | FUNDO ROMERO | FEZANO S.R.L |
|--|--------------------------|--------------------|--------------------|--------|------------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| | FUNDO CHANCAYLLO 1 | FUNDO CHANCAYLLO 2 | FUNDO CHANCAYLLO 3 | VIVERO | | | | | FUNDO CHOMBO |
| EDAD | | | | | | | | | |
| TIPO DE SIEMBRA | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA DEL CULTIVO | | | | | | | | | |
| CULTIVO | | | | | | | | | |
| VARIEDAD | | | | | | | | | |
| PATRON | | | | | | | | | |
| SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | | |
| TURNOS DE RIEGO | | | | | | | | | |
| METROS CUBICOS/CAMPAÑA | | | | | | | | | |
| CAUDAL DE LOS GOTEROS | | | | | | | | | |
| PROBLEMAS RADICULARES | | | | | | | | | |
| ULTIMA APLICACIÓN DE NEMASTATICO | | | | | | | | | |
| ULTIMA APLICACIÓN DE ALGUN PRODUCTO AL SUELO | | | | | | | | | |
| EN QUE MES VIENE EL FLUJO DE CRECIMIENTO DE RAÍZ ? | | | | | | | | | |
| FECHA DE LA ULTIMA INCORPORACIÓN DE M.O | | | | | | | | | |
| DENSIDAD | | | | | | | | | |
| HECTAREAS | | | | | | | | | |
| VALLE O DESIERTO | | | | | | | | | |
| TEXTURA DEL SUELO | | | | | | | | | |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA | | | | | | | | | |
| pH | | | | | | | | | |
| SUSTRATO USADO EN LA SIEMBRA | | | | | | | | | |
| HISTORIAL DE CAMPO (CULTIVOS ANTERIORES CRECIERON UNIFORMES ?) | | | | | | | | | |
| OTROS CULTIVOS EN EL PREDIO | | | | | | | | | |
| MANEJO DEL CULTIVO | | | | | | | | | |
| SE OBSERVAN SINTOMAS EN EL CAMPO ? | | | | | | | | | |