



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA  
RAÍZ (*Meloidogyne* spp.) EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*  
L.) EN SAN JUAN DEL ORO – SANDIA, PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EDGAR ERIK PUMA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*A Dios, por todas sus bendiciones, sabiduría y el valor necesario para cumplir lo que me propongo y darme paz en los momentos difíciles.*

*A mi familia, que son mi inspiración para poder superarme cada día, con profundo cariño y amor en la memoria de mi abuelo Bascilio, por todos los consejos brindados. A mis queridos padres Javier y Nelly Miriam, por darme la vida, por su comprensión, amor, perseverancia, constancia, apoyo y estar siempre presente en mi vida, mostrándome el camino a la superación.*

*A mis hermanos Marco Alexis y Shady Medalith, que junto a ellos hemos pasado momentos inolvidables, llevando alegría en nuestros corazones y siempre siendo apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.*

**Edgar Erik**



## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme guiado a lo largo de este camino y brindarme una vida llena de aprendizaje, por haberme acompañado y permitido lograr esta meta tan importante en mi vida.

A nuestra primera casa de estudios la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por haber contribuido y aportado con sus valiosas enseñanzas durante mi formación profesional.

A mi Director de tesis Dr. Israel Lima Medina, por su apoyo incondicional, su acertada dirección, por su disposición de tiempo, asesoramiento en la ejecución del presente trabajo de investigación y por haber confiado en mi persona.

A los distinguidos miembros del jurado Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, Dr. Alfredo Ludwing Loza del Carpio y Dr. Pablo Beltrán Barriga; por sus valiosos comentarios, su apoyo, acertadas sugerencias y corrección en el presente trabajo de investigación.

Al Proyecto Café de la Municipalidad Distrital de San Juan del Oro, por todo el apoyo.

Al Ing. Orestes Orocollo Llanqui, por la accesibilidad a los beneficiarios del distrito.

Al Ing. Juan Edgar Huanca Yujra, por todo el apoyo brindado.

A cada uno de los productores del distrito de San Juan del Oro, por su grato recibimiento y permitirme ingresar a sus parcelas de cafeto para el debido muestreo.

A mis amigos, con los cuales compartimos momentos en la universidad y a los que fui conociendo en el camino y demás personas que me motivaron a iniciar, y terminar esta investigación, les agradezco infinitamente, siempre los tendré presente.

**Edgar Erik**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Origen y distribución del café .....	18
<b>2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. DESCRIPCIÓN DEL CAFÉ.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5. VARIEDADES DE CAFÉ .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6. PRODUCTORES DE CAFÉ A NIVEL MUNDIAL Y DEL PERÚ.....</b>	<b>21</b>
<b>2.7. NEMATODOS FITOPARÁSITOS .....</b>	<b>21</b>
2.7.1. Alimentación de los nematodos fitoparásitos.....	22
2.7.2. Formas de parasitismo de los nematodos fitoparásitos .....	23
2.7.3. Nematodo del nódulo de la raíz ( <i>Meloidogyne</i> spp.).....	24
2.7.5. Ciclo biológico de <i>Meloidogyne</i> .....	25
2.7.6. Géneros de nematodos fitoparásitos .....	31
<b>2.8. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. LUGAR DE ESTUDIO .....</b>	<b>35</b>



<b>3.2. DURACIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. SECTORES DE ESTUDIO .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6. VARIABLES EN ESTUDIO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....</b>	<b>40</b>
3.7.1. Recolección de muestras (fase de campo).....	40
3.7.2. Forma de colecta de muestras de suelo .....	40
3.7.3. Colecta de raíces para análisis nematológicos.....	42
3.7.4. Colecta de datos.....	42
3.7.5. Método de fluctuación centrífuga para muestras de suelo con solución sacarosa.....	42
<b>3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>47</b>
<b>3.9. ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL CAFETO .....</b>	<b>49</b>
4.1.1. Características morfológicas y morfométricas del género <i>Meloidogyne</i> ...	49
4.1.2. Identificación de especie de <i>Meloidogyne</i> .....	51
4.1.3. Características morfológicas y morfométricas de <i>Mesocriconema</i> .....	51
4.1.4. Características morfológicas y morfométricas de <i>Discocriconema</i> .....	52
4.1.5. Características morfológicas y morfométricas de <i>Helicotylenchus</i> .....	53
4.1.6. Características morfológicas y morfométricas de nematodos de vida libre.....	55
<b>4.2. NÚMERO DE NEMÁTODOS SEGÚN GÉNERO Y SECTORES.....</b>	<b>56</b>
4.2.1. Número de nematodos fitoparásitos .....	56
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos andinos, tropicales,  
forestales y pasturas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 12 de marzo del 2021



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Representación esquemática de varios tipos de nematodos que presentan dimorfismo sexual, que se alimentan del tejido de la raíz. ....	23
<b>Figura 2.</b> Diagrama del ciclo de vida del nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> .....	26
<b>Figura 3.</b> Anatomía interna de un nematodo. ....	27
<b>Figura 4.</b> Morfología de un nematodo .....	28
<b>Figura 5.</b> Mapa de ubicación del distrito de San Juan del Oro, Sectores de muestreo, 2019.....	36
<b>Figura 6.</b> Temperaturas máxima, mínima y media (nov, dic -2019 y ene, feb-2020)..	37
<b>Figura 7.</b> Humedad relativa (nov, dic -2019 y ene, feb-2020). ....	37
<b>Figura 8.</b> Precipitación pluvial (nov, dic -2019 y ene, feb-2020).....	38
<b>Figura 9.</b> Clima diagrama, promedio de 10 años.....	39
<b>Figura 10.</b> Toma de muestras de suelo y raíces de café.....	41
<b>Figura 11.</b> Muestra de raíz del cafeto utilizados para el estudio .....	42
<b>Figura 12.</b> Fluctuación centrífuga para extracción de nematodos. ....	44
<b>Figura 13.</b> Identificación electroforética para especies de <i>Meloidogyne</i> spp. ....	46
<b>Figura 14.</b> Izquierda: Cabeza de <i>Meloidogyne</i> spp. Izquierda / Derecha: Longitud del cuerpo de <i>Meloidogyne</i> spp.....	49
<b>Figura 15.</b> Patrón J3 <i>M. javanica</i> y E1: <i>Meloidogyne exigua</i> .....	51
<b>Figura 16.</b> Izquierda: Muestra de <i>Mesocriconema</i> spp. mostrando el largo del nematodo Izquierda / Derecha: individuo de nematodo <i>Mesocriconema</i> spp. en posición de U. ....	52
<b>Figura 17.</b> Izquierda: Muestra de <i>Discocriconema</i> spp. mostrando la región anterior del cuerpo del nematodo. Izquierda: Muestra de <i>Discocriconema</i> spp. mostrando el cuerpo entero del nematodo .....	53
<b>Figura 18.</b> Izquierda: Muestra de <i>Helicotylenchus</i> spp. mostrando el cuerpo entero del nematodo. Izquierda / Derecha: individuo de <i>Helicotylenchus</i> spp. observando la región anterior del cuerpo.....	54
<b>Figura 19.</b> Individuo mostrando cuerpo entero del nematodo.....	55
<b>Figura 20.</b> Número de nematodos por Sectores evaluados.....	57
<b>Figura 21.</b> Número de nematodos por sectores de evaluación .....	58



<b>Figura 22.</b> Número de nematodos por el efecto de los sectores dentro de género de nematodos. ....	60
<b>Figura 23.</b> Número de nematodos por sectores evaluados. ....	70
<b>Figura 24.</b> Muestras de suelo y de raíces del cultivo de café de sectores del distrito de San Juan del Oro .....	88
<b>Figura 25.</b> Proceso de lavado del suelo para la extracción de juveniles de nematodos.	88
<b>Figura 26.</b> Vasos con muestras de suelo de los sectores del distrito de San Juan del Oro .....	89
<b>Figura 27.</b> Vertido de caolín en las muestras de suelo en vasos.....	89
<b>Figura 28.</b> Tubos de centrifuga con muestras de suelo.....	89
<b>Figura 29.</b> Centrifugadora para el proceso de centrifugación de las muestras .....	90
<b>Figura 30.</b> Vasos con muestras de muestras de nematodos para su identificación.....	90
<b>Figura 31.</b> Identificación de género de nematodos y vista de daños ocasionados por nematodos en raíces. ....	90



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Especies del género <i>Meloidogyne</i> .....	29
<b>Tabla 2.</b> Sectores del distrito de San Juan del Oro .....	35
<b>Tabla 3.</b> Datos meteorológicos registrados; temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial. promedio de 10 años. ....	38
<b>Tabla 4.</b> Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de <i>Meloidogyne</i> spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro.....	49
<b>Tabla 5.</b> Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de <i>Mesocriconema</i> spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro .....	52
<b>Tabla 6.</b> Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de <i>Helicotylenchus</i> spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro.....	54
<b>Tabla 7.</b> Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de nematodos de vida libre de las plantaciones de café en San Juan del Oro.....	56
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza para número de nematodos por sectores y géneros .....	57
<b>Tabla 9.</b> Método tabular para la interacción sectores (S) x géneros de nematodos (N) para número de nematodos.....	59
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza de efectos simples para la interacción sectores (S) por género de nematodo (N) sobre cantidad de nematodos .....	60
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del genero <i>Meloidogyne</i> dentro de sectores .....	61
<b>Tabla 12.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del genero <i>Mesocriconema</i> dentro de sectores .....	62
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Alto Santa Rosa dentro de género de nematodos.....	63
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Belén dentro de género de nematodos.....	64
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Botijani dentro de género de nematodos.....	64
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Carmen Pablobamba dentro de género de nematodos. ....	65
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Challahuma dentro de género de nematodos. ....	66



<b>Tabla 18.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Nueva Esperanza dentro de género de nematodos.....	66
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Pajchani dentro de género de nematodos.....	67
<b>Tabla 20.</b> Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Yurajmayo dentro de género de nematodos.....	68
<b>Tabla 21.</b> Datos de cantidades de nematodos por sectores del distrito de San del oro y género de nematodo .....	82
<b>Tabla 22.</b> Promedios de cantidades de nematodos evaluados por sector y género de nematodo .....	86



## ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
ANACAFE	: Asociación Nacional del Café
CENICAFE	: Centro Nacional de Investigaciones de Café
C.M.	: Cuadrados medios
DBCA	: Diseño Bloque Completamente al Azar
F.V.	: Fuente de variación
Fc.	: F calculada
ICO	: Organización Internacional del Café
G.L.	: Grados de libertad
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
S.C.	: Suma de cuadrados
cm	: centímetros
cm <sup>3</sup>	: centímetros cúbicos
m.s.n.m.	: metros sobre el nivel del mar
°C	: Grados Celsius
g	: gramos
kg	: kilogramos
*	: Significativo
**	: Altamente significativo



## RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos son considerados los más perjudiciales, sus efectos en los cultivos pueden influir en la reducción de la productividad, causando el incremento de los costos de producción; por lo que, el presente estudio se llevó a cabo en los sectores de Challohuma, Carmen Pablobamba, Alto Santa Rosa, Belén, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza, Yurajmayo del distrito de San Juan del Oro, provincia de Sandia y región de Puno, ubicados a una altitud de 1320 m.s.n.m. entre las coordenadas geográficas de 14° 13' 00" de latitud Sur y 69° 09' 50" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con los objetivos de identificar morfológica y morfométricamente géneros de nematodos fitoparásitos que se encuentran en muestras de raíz, asociados al cultivo de café y determinar el número de nematodos asociados al cultivo de café, según género y sectores de evaluación. Para el estudio se recolectaron 120 muestras de suelo obtenidas a una profundidad de 15 cm, las que fueron homogenizadas conformando una submuestra de 500 g de suelo, para su evaluación de la densidad poblacional promedio (individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo) y se recolectaron 200 g de raíces por cada punto de muestreo y fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa, posteriormente llevadas al estereoscopio para la identificación de diferentes géneros de nematodos mediante el análisis morfológico y morfométrico; la identificación de la especie del género *Meloidogyne*, se realizó por medio del análisis electroforético de isoenzimas, extrayendo hembras de los nódulos de las raíces del cultivo de café. Los resultados del análisis indican que, en las muestras de raíz asociados al cultivo de café se encuentra presente la especie *Meloidogyne exigua* (Esterase E1) y en las muestras de suelo están presentes los géneros *Meloidogyne*, *Mesocriconema*, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* y nematodos de vida libre; respecto al número de nematodos, se evidencia que el género *Mesocriconema* es el que impera en los sectores de Belén ( $86.42 \pm 59.54$ ), Challohuma ( $70.87 \pm 13.64$ ), Nueva Esperanza ( $70.33 \pm 10.25$ ), Pajchani ( $40.33 \pm 19.45$ ), Yurajmayo ( $39.00 \pm 13.55$ ) y Botijani ( $29.53 \pm 35.83$ ), seguido de los nematodos de vida libre en los sectores de Carmen Pablobamba ( $21.29 \pm 7.65$ ), Yurajmayo ( $20.09 \pm 1.76$ ), Nueva Esperanza ( $18.78 \pm 1.77$ ), Pajchani ( $18.13 \pm 1.80$ ) y Belén ( $16.40 \pm 3.27$ ). Se concluye que, los géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en los suelos y raíces fueron *Meloidogyne*, *Mesocriconema*, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* y nematodos de vida libre, siendo las poblaciones más abundantes el género *Mesocriconema*.

**Palabras clave:** Café, caracterización morfológica, nematodos y suelo.



## ABSTRACT

Phytoparasitic nematodes are considered the most damaging, their effects on crops can influence the reduction of productivity, causing an increase in production costs; therefore, the present study was carried out in the sectors of Challohuma, Carmen Pablobamba, Alto Santa Rosa, Belén, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza, Yurajmayo of the district of San Juan del Oro, province of Sandia and region of Puno, located at an altitude of 1320 meters above sea level between the geographic coordinates of 14° 13' 00" South latitude and 69° 09' 50" West longitude of the Greenwich meridian, with the aim of identifying morphologically and morphometrically genres of phytoparasitic nematodes found in root samples, associated to the cultivation of coffee and determine the number of nematodes associated with the cultivation of coffee, according to gender and evaluation sectors. For the study, 120 soil samples obtained at a depth of 15 cm were collected, which were homogenized, forming a subsample of 500 g of soil, for their evaluation of the average population density (individuals/100 cm<sup>3</sup> of soil) and 200 g of roots for each sampling point were collected and were processed by the centrifugal fluctuation method in sucrose solution, later taken to the stereoscope for the identification of different genera of nematodes through morphological and morphometric analysis; the identification of the species of the genus *Meloidogyne* was carried out by means of the electrophoretic analysis of isoenzymes, extracting females from the nodules of the roots of the coffee crop. The results of the analysis indicate that the *Meloidogyne exigua* (Esterase E1) species is present in the root samples associated with the coffee crop and the genera *Meloidogyne*, *Mesocriconema*, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* and free-living nematodes are present in the soil samples. ; Regarding the number of nematodes, it is evidenced that the *Mesocriconema* genus is the one that prevails in the sectors of Belén ( $86.42 \pm 59.54$ ), Challohuma ( $70.87 \pm 13.64$ ), Nueva Esperanza ( $70.33 \pm 10.25$ ), Pajchani ( $40.33 \pm 19.45$ ), Yurajmayo ( $39.00 \pm 13.55$ ) and Botijani ( $29.53 \pm 35.83$ ), followed by free-living nematodes in the sectors of Carmen Pablobamba ( $21.29 \pm 7.65$ ), Yurajmayo ( $20.09 \pm 1.76$ ), Nueva Esperanza ( $18.78 \pm 1.77$ ), Pajchani ( $18.13 \pm 1.80$ ) and Bethlehem ( $16.40 \pm 3.27$ ). It is concluded that the genus of phytoparasitic nematodes found in the soils and roots were *Meloidogyne*, *Mesocriconema*, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* and free-living nematodes, the most abundant populations being the *Mesocriconema* genus.

**Keywords:** Coffee, morphological characterization, nematodes and soil.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arábica* L.), es el producto peruano agrícola de exportación de primordial importancia y es el séptimo país exportador de café a nivel mundial y no solo lidera las exportaciones agrícolas sino está dentro de los 10 principales productos de exportación; además, es el segundo exportador mundial de café orgánico que posee 425,416 hectáreas dedicadas al cultivo de café, las cuales representan 6 % del área agrícola nacional (MINAGRI, 2019).

La zona norte de Perú, se ha consolidado como la principal productora de café en el país. Durante el 2017 ha producido más de 3'300,000 sacos de 60 kg aproximadamente el doble de lo que produjo el centro del país (1'670,200 sacos); mientras que el sur alcanzó los 636,000 sacos (PNUD, 2017).

Los principales nodos de producción se localizan en el norte con un 50 % de la producción nacional, constituido por los departamentos de Cajamarca (provincias de San Ignacio y Jaén), Amazonas (provincia de Rodríguez de Mendoza) y San Martín (provincia de Moyobamba); en la selva central con un 27 % de la producción nacional, constituido por los departamentos de Pasco (provincia Oxapampa) y Junín (provincias de Satipo y Chanchamayo); en el sur con 16.8 % de la producción nacional, constituido por los departamentos de Cusco y Puno (INIA, 2019).

Según las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2019), durante el periodo enero-diciembre de 2018, sobresale el incremento de las exportaciones de café sin descafeinar, sin tostar llegó a US \$ 711 millones (1 %). Las agro exportaciones peruanas cerraron el año 2018 en más de US \$ 7,030 millones, la cual representa un incremento de 12.4 % en comparación al año anterior, cuando se sumaron US\$ 6,255 millones.

Entre las plagas que afectan este cultivo se encuentran los nematodos, principalmente los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus* (Morales, 2001). En el Perú el café (*Coffea arábica* L.), constituye uno de los principales productos de agro exportación, extendiéndose el 90 % de la producción nacional de café en grano y el 10 % se destina al



consumo nacional, dentro de los problemas limitantes se encuentra los nematodos fitoparásitos, principalmente el género *Meloidogyne* spp., que ocasionan daños irreversibles a las raíces; por lo tanto, estos afectan a la producción y a la calidad del cultivo.

El departamento de Puno, tiene el 1.2 % de la producción con 20,019 toneladas registradas para marzo (INEI, 2017) que ocupa el octavo lugar en producción de café a comparación de los demás departamentos del Perú; sin embargo, la producción es muy inferior comparada con otros departamentos como San Martín, Junín, Cajamarca que alcanzan el 84 % de la producción total con 220 mil toneladas; cabe resaltar, que la región de Puno genera una producción orgánica en un 70 %.

Una parte importante de los daños en la planta, se generan por la acción de los nematodos debido a que estos inyectan y secretan al alimentarse de la planta. Esta secreción afecta el tejido vegetal causando necrosis, destrucción de las paredes celulares o provocando la supresión de la división celular en el meristemo apical, impidiendo así el crecimiento de la raíz (González, 1993). Mientras, Cruz (2012) identificó al “Nematodo del nódulo de la raíz” en el café en Veracruz, realizando varias encuestas y precisó que el 44 % de los agricultores sabe de la existencia de *Meloidogyne*, el 54 % tuvieron pérdidas económicas, 56 % no reconocen los síntomas, el 73 % respondió que el síntoma más notorio es la defoliación y el 18 % afirmó que los síntomas están presentes por más de 10 años.

*Meloidogyne* spp., es el nematodo del nudo de la raíz, se encuentra asociado a muchos cultivos de importancia agrícola. Este nematodo, es un endoparásito sedentario que causa nódulos en las raíces de sus hospedantes y puede interactuar con hongos fitopatógenos causando mayores daños al sistema radical, en menor tiempo que los que causarían el hongo o el nematodo por sí solo (Guzmán *et al.*, 2012).

El género *Meloidogyne*, es uno de los nematodos fitoparásitos más importantes de diversos tipos de plantas por su diversidad de las especies y el alto rango de hospederos que posee este género, que están adaptados a diferentes climas, lo que permite su distribución en todo el mundo; por ello, su alta capacidad reproductiva y su parasitismo lo que crea la necesidad de generar información de identificar las especies que atacan el



cultivo de café en determinadas zonas para precisar su importancia y el grado de daño que causa, así definir medidas de control de esta plaga y mejorar la producción del café de la selva de Puno.

Según Guzmán *et al.* (2012), los nematodos son considerados una plaga de importancia para este cultivo causando daños mecánicos a las raíces al introducir su estilete para alimentarse, causan pérdidas entre 11 y 14 % a la producción mundial. Se encuentran siempre presentes y asociados con el crecimiento de las plantas, pueden permanecer en el suelo durante años, son difíciles de controlar y pocos individuos pueden dar origen a grandes poblaciones (Peña y Páez, 2012).

Por otro lado, el desconocimiento de las poblaciones de nematodos fitoparásitos en cultivos de café por parte de los agricultores hace necesaria esta investigación, la cual tuvo como objetivo realizar una caracterización de los nematodos fitoparásitos presentes en varios sectores de distrito de San Juan del Oro – Sandia, tomando en cuenta que actualmente se considera un cultivo de alto valor económico, esto hace indispensable el análisis nematológico del suelo para identificar dichas poblaciones; la identificación del género de los nematodos presentes en las plantaciones se realizó mediante morfometría, el cual consiste en realizar mediciones de las diversas partes del cuerpo del nematodo.

Algunos estudios realizados en otras zonas productoras de café han demostrado la existencia de especies de nematodos asociadas al suelo del cultivo de café. Por ello, la identificación correcta de especies, nos permitirá plantear los programas de manejo de nematodos en suelos infestados, tomando en consideración que se debe hacer la elección correcta de patrones resistentes a nematodos mediante capacitaciones in situ a los agricultores dedicados al cultivo de café.

Por lo tanto, de acuerdo a los argumentos señalados en los párrafos anteriores, el presente estudio tuvo los objetivos siguientes:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar al nematodo del nódulo de la raíz asociados al cultivo de café en San Juan del Oro - Sandia, Puno.



## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar morfológica y morfométricamente géneros de nematodos fitoparásitos que se encuentran en muestras de raíz, asociados al cultivo de café.
- Determinar el número de nematodos asociados al cultivo de café, según género y sectores de evaluación.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO REFERENCIAL

Diversos géneros tales como *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Tylenchorhynchus*, *Criconemella*, *Xiphinema* y *Paratylenchus*, fueron encontrados como fitoparásitos de la planta de café, de los cuales *Meloidogyne* representó el 91 % de la población total, siendo diez veces más que la suma de los otros géneros de fitoparásitos (Julca *et al.*, 2015).

Sumerinde (2017), reporta seis géneros de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café en el distrito de San Pedro de Putina Punco, los cuales son *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xhipinema*, *Dorilaymus* y nematodos de vida libre en las muestras de suelo, en ocho de los diez sectores se tuvo mayor población el género *Meloidogyne* spp. en floración con un promedio de 46.13 de individuos juveniles de nematodos fue en el sector Urubamba. Así mismo identificó especie dominante *Meloidogyne* exigua (Esterase E2) en los 10 sectores muestreados.

Guevara (2015), identificó los géneros de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café, donde se encontraron *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Trichodorus*, *Criconenwides*, *Paratylenchus*, *Xiphynema*, *Hoplolaimus* y *Aphelenchus*; de ellos solo *Xiphynema*, *Hoplolaimus* y *Aphelenchus* no se encontraron en raíces. *Meloidogyne*, *Helycotylenchus*, *Pratylenchus* y *Tylenchus*. Considerando como los principales géneros, *Meloidogyne* fue quien presento la más alta densidad poblacional y las más frecuentes fueron *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*.

Escobar (2008), en su trabajo de investigación titulado “Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007)”, en el cual se identificó los géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en suelo y raíces tales como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemoide* y nematodos de vida libre. El género más abundante en raíces y suelo fue *Meloidogyne*, los géneros con menor abundancia fue *Xiphinema* y *Criconemoide*.



Mayta (2017), identificó seis géneros de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorilaymus*, en 15 sectores del distrito de San Juan del Oro y nematodos de vida libre, siendo el de mayor incidencia el género *Meloidogyne* sp. Así mismo identificó morfológicamente e isoenzimáticamente la especie *M. exigua* (esterase E1) en 20 % y *M. exigua* (esterase E2) en 80 %; como parásito del cultivo de café.

Garambel (2017), reportó que ocho géneros de nematodos fitoparásitos se encontraron en el departamento de Puno (San Juan del Oro, San Pedro de Putina Punco y San Gabán), los mismo que fueron *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Mesocriconema*, *Dorylaimus*, *Tylenchus*, *Hemicycliophora* y nematodos de vida libre, *Mononchus*, especificando al distrito de San Pedro de Putina Punco tuvo lugar *Meloidogyne* (324.8), *Helicotylenchus* (206.7), *Pratylenchus* (12.3), *Xiphinema* (28.5), *Mesocriconema* (144.4), *Dorylaimus* (10.0), *Tylenchus* (2.3), *Hemicycliophora* (6.5) y nematodos de vida libre (346.5), *Mononchus* (14.1) en 100 cm<sup>3</sup> de suelo asociados al cultivo de café.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Origen y distribución del café

El café se originó en África, en diferentes regiones geográficas y climáticas. Constituido por más de 100 especies pertenecientes al género *Coffea*. De acuerdo con la región y clima se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con características genéticas diversas. De este centenar de especies, dos se cultivan comercialmente, *Coffea arabica* con el 60 % y *Coffea canephora* con el 40 % de producción mundial.

En el caso de Latinoamérica, las variedades tradicionales de arábica provienen de semillas de origen en Etiopía. Estas variedades son Típica y Bourbon, quienes dan origen a otras por medio de cruzamientos espontáneos e inducidos, como el Caturra, Mundo Novo, Catuaí, Pache, Villa Sarchí, Pacas, Maragogipe, entre otros.

Esta situación explica la base genética de todas ellas, características que no les permite tener tolerancia a ciertas plagas o resistencia a ciertas enfermedades (ANACAFE, 2019).



### 2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino	:	Plantae, Linnaeus, (1735)
Tipo	:	Espermatofitas, Scopoli, (1735)
Sub-tipo	:	Angiospermas, Linnaeus, (1735)
Clase	:	Dicotiledóneas, Jussieu, (1773)
Sub-clase	:	Gamopétalas, Scopoli, (1735)
Orden	:	Rubiales, Jussieu, (1773)
Familia	:	Rubiáceas, Jussieu, (1773)
Género	:	Coffea, Linnaeus, (1735)
Especies	:	<i>Arábica, canéphora, liberica</i>

### 2.4. DESCRIPCIÓN DEL CAFÉ

El café es un cultivo permanente, perenne y dicotiledónea que alcanza hasta 10m de altura en estado silvestre y en plantaciones controladas de 3 a 5m todo esto dependerá de la variedad del café, estos arbustos requieren una temperatura de (20 a 25° C) es una planta de semi-sombra con una precipitación anual de 1500 a 2500 mm, la primera cosecha se hace hasta los 2 o 3 años ya que el árbol alcanza su producción normal produciendo hasta los 20 años después bajara la calidad de los frutos (AGROBANCO, 2007).

El cafeto pertenece a la familia de las rubiáceas. Poseen hojas en pares, no tienen divisiones y los bordes son lisos, son flores hermafroditas y generalmente cada fruto tiene dos semillas (Siles, 2001; Alves y Livramento, 2003). Las flores del cafeto empiezan a producir a partir del primer año formando yemas ubicadas en las axilas foliares, en los nudos de las ramas Cada nudo de una rama tiene dos axilas foliares opuestas. En cada axila se forman de 3 a 4 yemas o inflorescencias y en cada una de ellas, entre 4 y 5 flores (Arcila *et al.*, 2007)

### 2.5. VARIEDADES DE CAFÉ

ANACAFE (2019), considera las siguientes variedades en el cultivo de café:

#### 2.5.1. Variedad *typica*

Conocido también como café Árábigo, es un arbusto que puede alcanzar 4 metros de altura por lo que se le tipifica como variedad de porte alto y tiene una silueta de forma cónica. Posee un tronco vertical de un solo eje, las ramas laterales



forman un ángulo de 50 a 70 grados con el eje central, Sus hojas son oblongas, elípticas, con base y ápice agudos, de textura lisa y fina; las hojas nuevas son de color bronceado y presenta entrenudos largos. El fruto es alargado, grande de coloración vinosa en su madurez y tardío en su maduración es susceptible al ataque de roya y es de baja productividad.

### **2.5.2. Variedad Caturra**

La variedad Caturra es una mutación de la variedad Bourbón, es una planta de porte bajo, altura promedio de 1.80 metros, su eje principal es grueso y los entrenudos cortos; su ángulo de las ramas jóvenes es 45 grados con el tallo principal; se caracteriza su ramificación por tener entrenudos cortos, ramas secundarias abundantes dando una apariencia compacta.

Las hojas son grandes, anchas y lanceoladas, de color verde oscuro y textura un poco áspera, bordes ondulados y levemente consistentes; las hojas nuevas son de color verde claro brillante. La forma de Caturra es ligeramente angular, compacta y con buen vigor vegetativo. Esta variedad produce frutos de color rojo y amarillo.

### **2.5.3. Variedad Catimor**

A las descendencias del cruzamiento de Caturra e Híbrido de Timor se les conoce genéricamente como “Catimores” se caracteriza por tener genes resistentes a la roya, su maduración es temprana y de una producción alta.

Planta de porte bajo, hojas anchas de color verde oscuro, los brotes son de color bronce, ramas largas con entrenudos cortos produce frutos grandes y de color rojo se adapta a regiones bajas, pero a mayor altura tiene mejor calidad de taza.

### **2.5.4. Variedad Bourbon**

Se le tipifica como variedad de porte alto siendo susceptible a vientos fuertes y a la roya, presenta ramas secundarias más abundantes, entrenudos más cortos y mayor cantidad de axilas florales, de forma cónica menos acentuada y Las ramas primarias forman un ángulo de 45 grados con el eje principal. Los brotes son de color verde, hoja más ancha con bordes ondulados, el fruto es de menor tamaño, un poco más corto, de color rojo en su madurez y de excelente calidad de taza. Por sus



condiciones de vigor, mayor número de yemas florales presenta una capacidad productiva 20 a 30 % superior a la variedad Típica. Bourbón es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos por lluvias.

## **2.6. PRODUCTORES DE CAFÉ A NIVEL MUNDIAL Y DEL PERÚ**

Las principales zonas productoras de café se distribuyen en Centroamérica y Sudamérica, África, Asia y Oceanía; la producción de café está principalmente concentrada en América Latina, siendo Brasil el principal productor a nivel mundial con (33.1 %). Le siguen Vietnam y Colombia. El Perú ocupa el puesto 9 con (2.7 %) de la producción a nivel mundial (EKOS, 2019).

En cuanto a la producción nacional, destacan nítidamente San Martín y Junín, ambas han representado el 45 % de la producción nacional con 163.8 mil toneladas en el 2019, mientras que el año pasado habían ampliado su participación a un 49 % del total producido, con 181.3 mil toneladas. Esta situación nos muestra que ambas regiones han disminuido su producción en 9.6 %, equivalente en términos absolutos a 17.4 mil toneladas. Otras importantes regiones que han mostrado una caída en su producción tenemos a Amazonas con 1.2 %, Cusco con 3 %, Pasco con 15.6 % y Ayacucho con 28.5 %; mientras que algunas regiones como Cajamarca han logrado aumentar su producción (63.9 mil toneladas a 71.6 mil toneladas) 12 %, a la que se han sumado en menor proporción las regiones de Huánuco, Ucayali y Puno, limitando así el impacto de la caída de la producción nacional (MINAGRI, 2020).

## **2.7. NEMATODOS FITOPARÁSITOS**

Los nematodos son animales multicelulares en forma de “gusano” con una longitud entre 0.1 y 3 mm se distingue por la presencia de un estilete, estructura en forma de lanza, mayormente se encuentran en la tierra (marinos, dulceacuícolas y edáficos). Llegan a ser importantes en agricultura porque son causantes de enfermedades, son parásitos obligados, que necesitan una planta para completar su ciclo de vida, perforan las células vegetales para alimentarse de la planta (fitoparásitos), también llegan a ser reguladores de los ciclos de nutrientes y como controladores biológicos (Talavera *et al.*, 2014)

Los nematodos al momento de penetrar el estilete en los tejidos de la planta, causan daños mecánicos, aparte de tomar los nutrientes de la planta, introducen sustancias

toxicas. (Lima, 2018). Los nematodos fitoparásitos en su mayoría tienen una longitud de 300 a 1000  $\mu\text{m}$ . (Figura 1), en algunos géneros las hembras tienden a perder la forma vermiforme al llegar a su etapa adulta tomando una forma de pera, esférica o de riñón (Coyne *et al.*, 2007). Es muy dificultoso la observación de los nematodos a simple vista en campo (Agrios, 2011; Lima, 2018).

- **Hembras:** Presentan uno o dos ovarios, útero, vagina y vulva en ocasiones son observables una o dos espermatecas donde se almacena el esperma.
- **Machos:** Se distinguen fácilmente por la presencia de un aparato copulador en la parte posterior del cuerpo (Lima, 2018)

### 2.7.1. Alimentación de los nematodos fitoparásitos

Los nematodos fitoparásitos son parásitos obligados ya que necesitan del hospedero para poder desarrollarse, son dependientes de las estructuras de los tejidos de las plantas para poder cumplir todo su ciclo de vida; evoluciono junto con su hospedero, ocurriendo así el desarrollo del estilete como también las glándulas esofágicas cual tiene la función de procesar su alimento (Lima, 2018).

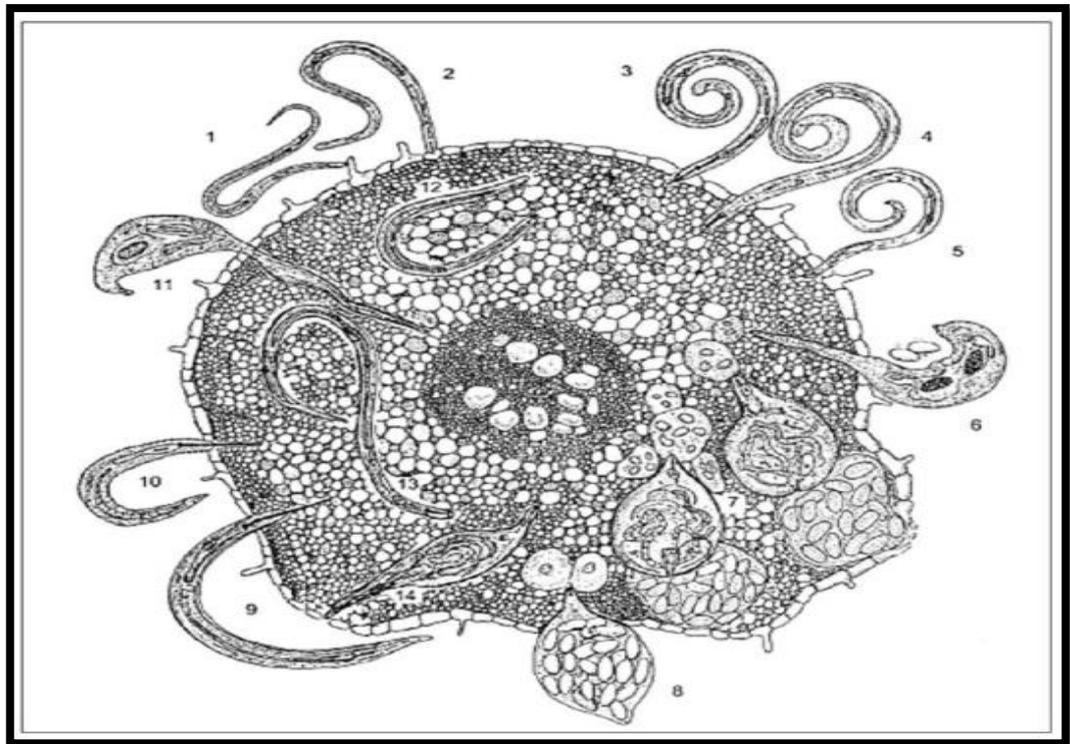
Los nematodos de vida libre consumen microorganismos, mientras que los otros se alimentan de rotíferos y protozoos. Pudiendo consumir hasta 5,000 células por minuto, estos ayudan a regular las poblaciones microbianas que se tienen en el suelo y son parasitados por otros organismos del suelo, formando parte de la cadena alimenticia (Talavera, 2003). Muchas especies de vida libre son carnívoras y otras fitófagas. Formas marinas y de agua dulce que se alimentan de diatomeas, algas, hongos y bacterias, para muchas especies de nematodos son muy importantes tener como alimento algas y hongos.

Sin embargo, abundan especies terrestres que perforan las raíces vegetales para alimentarse estos nematodos causan grandes pérdidas comerciales. También hay muchas especies que ingieren partículas de substrato (sedimentívoras), que al igual que las que viven en materia orgánica muerta, se nutren en realidad de bacterias y hongos. Algunas especies son saprófagas que se alimentan de pequeños animales o plantas muertas o restos en estado de descomposición (Zapana Pari & Escobar Mamani, 2015).

### 2.7.2. Formas de parasitismo de los nematodos fitoparásitos

Los nematodos fitoparásitos fueron categorizados con el hábitat parasítico y sintomático en el sistema radicular (Figura 2). El parasitismo de nematodos se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Endoparásitos:** Entiéndase por aquellos que introducen todo el cuerpo para alimentarse de todos los órganos de las plantas.
- **Semi endoparásitos:** Nematodos que introducen su cuerpo de forma parcial en los órganos de las plantas.
- **Ectoparásitos:** Son aquellos nematodos que introducen solamente el estilete en los órganos de las plantas para su alimentación.
- **Sedentarios:** Dicho de otro modo, estos nematodos encuentran un lugar de alimentación y culminan su ciclo de vida en ese mismo lugar.
- **Migratorios:** Denominado a los nematodos que pueden migrar tanto por dentro como fuera de la raíz para su respectiva alimentación.



**Figura 1.** Representación esquemática de varios tipos de nematodos que presentan dimorfismo sexual, que se alimentan del tejido de la raíz. 1. *Ditylenchus*. 2. *Tylenchorhynchus*. 3. *Rotylenchus*. 4. *Hoplolaimus*. 5. *Helicotylenchus*. 6. *Rotylenchus*. 7. *Meloidogyne*. 8. *Heterodera*. 9. *Hemicycliophora*. 10. *Criconemoides*. 11. *Tylenchus*. 12. *Pratylenchus*. 13. *Hirshmanniella*. 14. *Nacobbus*. (Modificado por Siddqi, 1986).



### 2.7.3. Nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.)

Moens *et al.* (2009), indican que son el grupo de mayor importancia económica entre los nematodos fitoparásitos, tienen una distribución mundial y prevalecen en regiones templadas y tropicales, predominan en sistemas agrícolas. Son parásitos obligados tanto de raíces como tubérculo parasitando miles de especies de plantas causando resultados adversos sobre calidad y rendimiento de los cultivos.

Según Talavera (2003), los nematodos en época de invierno se encuentran en el suelo, en forma de huevo. En primavera la población incrementa debido que los juveniles J2, llegan a eclosionar, migran del suelo para llegar a la raíz de una planta hospedera, donde se establecen. En la etapa de juvenil engrosan y mudan hasta llegar a ser adultos.

Para diferenciar la hembra tiene la forma redondeada e inmóvil mientras que el macho es filiforme y por lo cual tienden a abandonar la raíz ya que no se alimentan (Luc *et al.*, 2005). La hembra produce alrededor de 300 a 500 huevos, también puede llegar hasta 1000 huevos envueltos en una masa gelatinosa producida por la hembra para la protección de los huevos, completan su ciclo menos de un mes todo dependiendo de la temperatura del suelo (Agrios, 2011).

### 2.7.4. Ubicación taxonómica

El género *Meloidogyne*, se ubica en la siguiente clasificación taxonómica (Perry y Moens, 2013).

Phylum	:	Nematoda. Potts, 1932
Clase	:	Chromadorea. Inglis, 1983.
Sub clase	:	Chromadoria. Pearse, 1942
Orden	:	Rhabditida. Chitwood, 1933
Suborden	:	Tylenchina. Chitwood, 1950.
Infraorden	:	Tylenchomorpha. De Ley y Blaxter, 2002
Superfamilia	:	Tylenchoidea. Örley, 1880
Familia	:	Meloidogynidae. Skarbilovich, 1959
Subfamilia	:	Meloidogyninae. Skarbilovich, 1959
Género	:	<i>Meloidogyne</i> . Göldi, 1892



### 2.7.5. Ciclo biológico de *Meloidogyne*

El ciclo de *Meloidogyne* cumple seis etapas en su ciclo de vida las cuales son: huevo, estadios juveniles (J1, J2, J3, J4) y adultos. Los cambios de estadios juvenil hasta adulto son separados por ecdise o mudas ya que cambian la cutícula mayor (Decraemer & Hunt, 2006), el estilete de igual forma será sustituido por otro estilete.

En el segundo estadio juvenil J2, con la ayuda del estilete perforará la capa que cubre al huevo para poder eclosionar, después el J2 se desplazará en el suelo buscando las raíces de las plantas hospederas para su alimentación y seguir con su desarrollo para pasar al tercer estadio J3, cuarto estadio J4 para finalmente convertirse en adulto tanto macho como hembra (Lima y Casa, 2016).

En la etapa pre infectiva se observa el crecimiento del cigoto, todo esto ocurre a pocas horas después de la ovoposición, el primer estadio larval o juvenil se comenzará a observar adentro del huevo con un estilete móvil y visible en esas condiciones el juvenil puede poseer un cierto movimiento dentro del huevo y hacer la primera muda. Su etapa parasítica surge 10 días después de la ovoposición, la ecdisis tiene un lugar y si las condiciones medio ambientales son favorables ocurrirá la muda que dará lugar al segundo estadio larval y solo hasta entonces ocurrirá la ruptura del huevo, quedando el segundo juvenil J2 libre en el suelo (Agrios, 2011).

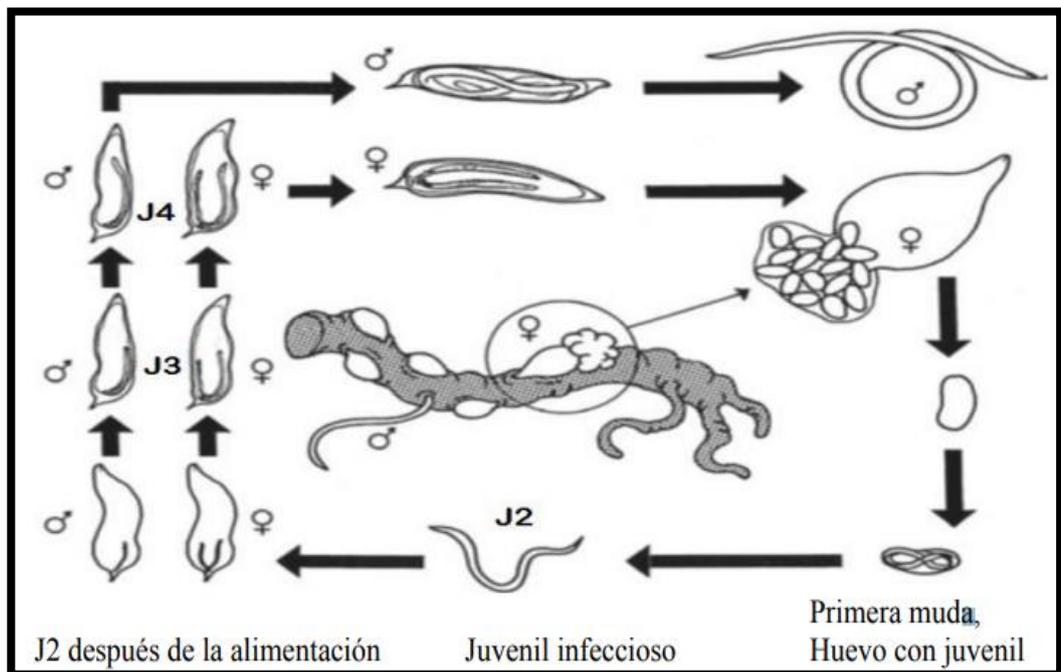
Así mismo los juveniles pasan posteriormente por tres estadios juveniles, el tercer y cuarto estadio se desarrollan dentro de la cutícula, en los J3 Y J4 estos nematodos no cuentan con un estilete y no se alimentan, después del cuarto estadio se regenerará el estilete una vez que se inicie la fase adulta. Su desarrollo de los machos es vermiforme y de forma esferoidal en hembras y son fertilizadas por los machos, en un promedio de 15 a 30 días de alimentarse y desarrollarse empieza a producir huevos (500 a 1000) secretado en un material gelatinoso producido por la glándula rectal del nematodo (Abad *et al.*, 2009).

Cruz (2012), sostiene que el nematodo agallador o del nódulo de la raíz a través de su cutícula segregan las enzimas antioxidantes, ya que la hipodermis es la

que se encarga de producirlas a fin de proteger al nematodo de la oxidación que emite el hospedante frente a la infección.

Tihohod (2000), manifiesta que la fase adulta iniciara después de la cuarta muda, tanto en hembras como en machos el estilete y el bulbo medio son regenerados y en las hembras tienden a formar el útero, la vagina y el patrón perineal se hace notar. En los machos luego que pasan la segunda y tercera muda el estilete no es tan visible, su bulbo medio se ha regenerado y solo las gónadas se alargan; el esófago, bulbo medio, espículas y espermatozoides en los testículos, se encuentran presentes y visibles al microscopio (Luc *et al.*, 2005).

Anualmente el número de generaciones del nematodo agallador varía de acuerdo con la temperatura y humedad, en temperaturas de 26 a 34 °C su ciclo de vida puede ser favorable y cumplirlas en cuatro o seis semanas (Cepeda, 2009)



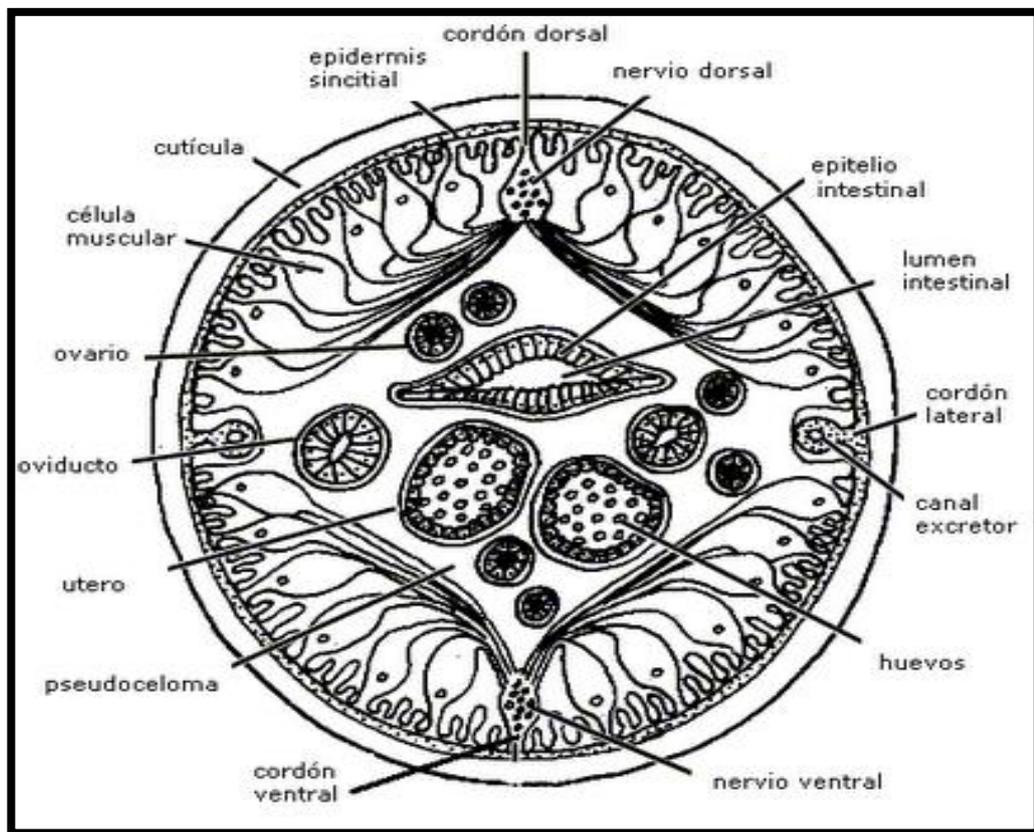
**Figura 2.** Diagrama del ciclo de vida del nematodo agallador *Meloidogyne*. J2: segundo estadio juvenil; J3: juvenil de tercera etapa; J4: juvenil de cuarta etapa. Fuente: (Perry y Moens, 2006).

#### a) Anatomía

Garambel (2017) indica que son gusanos alargados (vermiforme), cilíndricos y microscópicos, en cuanto a la longitud esta entre 0.30 mm y 5.0 mm., existiendo dimorfismo sexual solo en algunas especies, los machos adultos son vermiformes

en cuanto a las hembras teniendo un cuerpo ensanchado a veces casi esférico con un cuello acusado. Careciendo de apéndices locomotores, la extremidad anterior ahusada y una terminación de la cabeza con una región labial (Figura 3).

En cuanto a la extremidad posterior redondeada o cónica, presenta un estilete de forma de una aguja hipodérmica de distintos tamaños y formas, que introducen a la planta al alimentarse, el estilete está unido a los músculos de la parte posterior. El tubo digestivo comienza en la boca y termina en el ano, comprendiendo el esófago, intestino y el recto. Su respiración lo hace a través de la cutícula y su sistema nervioso formado por un collar nervioso alrededor del esófago.



**Figura 3.** Anatomía interna de un nematodo.

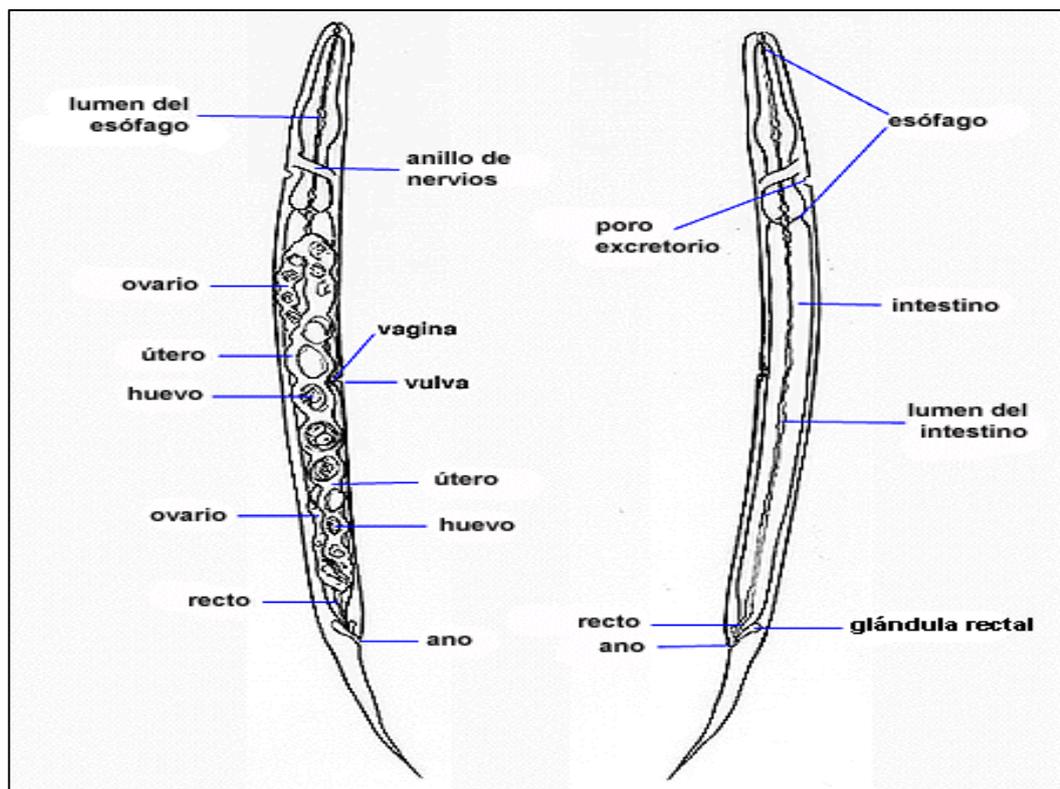
**Fuente:** marlon8-nematodos.blogspot. (2017)

## b) Morfología

El macho es filiforme considerándose como endoparásito migratorio ya que en la etapa adulta presenta un dimorfismo sexual son parásitos obligados, garantizan su alimentación de agua y comida, también tienen protección dentro de la raíz (Siddiqui, 2000); miden en promedio 390  $\mu\text{m}$  de ancho y 1400  $\mu\text{m}$  de largo,

la hembra se encuentra en la raíz y son de forma de pera o limón, está adherida como un endoparásito (Eisenback *et al.*, 1983).

Permite diferenciar las especies por su modelo característico que tiene la cutícula ya que son finamente estriadas (Musdagi y Gozel, 2015); así mismo (Flores *et al.*, 2017), menciona que en promedio *Meloidogyne* tiene una longitud de 364.480  $\mu\text{m}$  y el estilete 14.123  $\mu\text{m}$  en juveniles (Figura 4).



**Figura 4.** Morfología de un nematodo

**Fuente:** vignette.wikia.nocookie.net

### c) Síntomas causados por el género *Meloidogyne*

Este género de nematodo daña la raíz de las plantas, formando nudos o agallas fáciles de distinguir a simple vista, ya que estos afectan la capacidad de absorción tanto de agua como de nutrientes, provocando un retraso en el desarrollo de su crecimiento, también aparecen síntomas de carencia de nitrógeno (clorosis) en la parte aérea, siendo propenso a marchitarse en tanto que los días sean calurosos. Los rendimientos decaen considerablemente y los frutos tienden a ser de mala calidad. El daño es severo siempre y cuando el nematodo interactúa con hongos y bacterias del suelo, disminuyendo drásticamente la producción (Taylor y Sasser, 1983).

La severidad y los síntomas que causa el nematodo varían según la especie, edad y la parte donde presenta la lesión ya que es clave para su identificación (Guiñez *et al.*, 1993). Sin embargo, la enfermedad tiene síntomas muy característicos ya que habitualmente aparecen en los órganos radicales de la planta, cuando las raíces fueron infectadas por los nematodos, tienden a hincharse y formar nodulaciones o agallas en la zona de la invasión, teniendo un diámetro hasta tres veces mayor que de una raíz completamente sana (Medina, 2014).

Producen infecciones en el proceso de desarrollo de la raíz causando irregularidad sobre la misma raíz. Aquellas raíces que fueron infectadas hacen notar un cambio drástico ya que las plantas son más pequeñas, mostrando grados de necrosis, con frecuencia se da la pudrición de raíces esto ocurre particularmente a finales de la estación (Agrios, 2011; Medina, 2014).

Los individuos protegidos por un huevo gelatinoso que es secretada por la hembra, se agrupan en masas de 100 a 1200, ya que estas dichas masas son encontradas en el suelo o en restos de raíces de cultivos anteriores, siendo en el estado larval su alimentación de la parte radicular, causando heridas que son propensas al ingreso de patógenos, por otro lado se manifiesta daños como la clorosis (amarillamiento), enanismo y marchitez atacando a la parte aérea de la planta causando la reducción del rendimiento (FAO, 2013).

#### d) Especies del género *Meloidogyne* que afectan al cultivo de café

Para la identificación o caracterización en cuanto a las especies del género *Meloidogyne* las herramientas más confiables y utilizadas, son las características bioquímicas y moleculares (Carneiro y Cofcewicz, 2008). Seguidamente se puede observar las 5 especies fitoparásitas de este género en el cultivo de café (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies del género *Meloidogyne*

Especies	Países
<i>M. incógnita</i>	Brasil, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, India, Jamaica, México, Nicaragua, Tanzania, Estados Unidos (Hawai) y Venezuela.
<i>M. exigua</i>	Brasil, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Puerto Rico, Perú, República Dominicana, Venezuela, Panamá, y El Salvador.
<i>M. javanica</i>	Brasil, Cuba, El Salvador, India, Santo Tomé, Tanzania y Zaire.
<i>M. hapla</i>	Brasil, Congo, El Salvador, Guatemala, India, Tanzania, Kenia y Zaire.
<i>M. arenaria</i>	Cuba, El Salvador y Jamaica.

**Fuente:** Carneiro y Cofcewicz, (2008).



**e) Hábitat del género *Meloidogyne***

En cuanto al hábitat de todas las especies de *Meloidogyne* estas son muy favorables en suelos gruesos, arenosos y rara vez se podrán encontrar en suelos de textura fina con porcentajes muy altos de porosidad o arcillosos (Bridge y Starr, 2007).

**f) *Meloidogyne exigua***

Vale la pena señalar que *Meloidogyne exigua* ha sido reportada en Guatemala (Schieber y Sosa, 1960), Costa Rica (Salas & Echandi, 1961) y en Nicaragua (Vega, 1982). Por otra parte, causa las nodulaciones que frecuentemente aparecen tornados de su color normal al de la raíz pudiendo medir 5 mm, estas mayormente se ubican en las raíces laterales, cuando el suelo está muy infectado provenientes de cafetales, podremos encontrar nudos en las raíces al momento de que germine la semilla, como también se observa el incremento de mancha de hierro y la consecutiva defoliación.

Los síntomas son más notorios pasados los tres meses luego de sembrar los plántones, en cuanto al almacigo cuando está bajo sombra no son evidentes, *M. exigua* causa menor severidad si se tiene buen suministro de agua y fertilizantes, en otras palabras, no producen una ruptura del tejido y se evita el ingreso de otros microorganismos (Leguizamón, 2000).

**g) *Meloidogyne javanica* y *M. incognita***

Cabe señalar que los síntomas que causan son la presencia de nudosidades las cuales necrosan parcial o totalmente en las raíces pivotantes y laterales esto se observa grumos pequeños de una coloración de distintos tonos de color café, esto corresponde cuando ya alcanzaron su madurez la masa de huevos.

Otro detalle es que se puede observar en las raíces laterales de plantaciones antiguas en sus raíces son menos necrosadas, en plantaciones mayores a tres meses se observan agrietamientos longitudinales, en estas especies de *Meloidogyne* se presenta poca cantidad de raíces laterales; sin embargo, se deforma la raíz pivotante y presenta un engrosamiento (Leguizamón, 2000).



### 2.7.6. Géneros de nematodos fitoparásitos

**a. Género *Mesocriconema*.**- Denominado nematodo anillado, caracteriza por su cuerpo corto, robusto e intensamente anillado. Se alimentan ecto-parásiticamente en las puntas de las raíces o incluso en raíces maduras. Estos nematodos son de tipo migratorio, a menos que los espacios porosos del suelo limiten sus movimientos. Las etapas adultas de los nematodos anillados más grandes aparentan ser sedentarias (Ferris, 1999). Los nematodos anillados son comunes, especialmente en cultivos permanentes; pueden ser muy abundantes en los suelos (Ferris, 1999).

**b. Género *Discocriconemella*.**- Es una especie ampliamente distribuida en el mundo y es particularmente común en Centro y Sur América, tanto en plantas cultivadas como no cultivadas (Van den Berg y Marais, 1995). Nada se conoce con relación a su rango de hospedantes y a su capacidad patogénica; se alimenta de las raíces y posee un hábito ectoparasítico migratorio.

**c. Género *vida libre*.** - Se conocen 20 000 especies y se pueden encontrar en promedio de hasta 30 millones por metro cuadrado, los nematodos no solo actúan como parásitos sino también se hallan como organismos de vida libre, la alimentación de estos nematodos puede ser bacteriófagos, ficófagos, algivoros, protozoofagos, y predadores (Piedra, 2008) los mismos que actúan como agentes de control biológico y que, al ser beneficiosos se deberían tener en cuenta, a la hora de tomar medidas de control nematológico en campo (Lima y Casa, 2016).

**d. Género *Helicotylenchus*.**- Conocido como el "nematodo espiral" se encuentra en muchas regiones donde se siembran bananos (Gowen, 1979; McSorley, 1994). Atacan y se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz y producen pequeñas y características lesiones necróticas (Luc y Vilardebo, 1961).

Las lesiones en las raíces primarias son superficiales, pequeñas y numerosas líneas de color rojizo a negro. Sin embargo, en las infestaciones intensas, estas lesiones pueden coalescer, causando una necrosis extensa de la raíz en la corteza externa, las lesiones también pueden encontrarse en el cormo (Quénéhervé y Cadet, 1985).



## 2.8. MARCO CONCEPTUAL

**Afilado:** forma puntiaguda, punzante.

**Alimento:** sustancias naturales o mezcladas que al momento de ser ingeridas aporten materiales y energía al organismo.

**Anfimixis:** Proceso por el cual culmina y finaliza la fecundación sexual.

**Ano:** es la abertura ventral, que termina del intestino procedido del recto de las hembras; abertura cloacal en machos. El ano marca el límite anterior de la cola.

**Antesis:** periodo de florescencia o floración de las plantas con flores.

**Anual:** planta que cumple su ciclo en un año.

**Bulbos basales del esófago:** zona posterior final del esófago, expandido, conteniendo glándulas salivales.

**Bulbos del estilete:** protuberancias basales del estilete, normalmente en número de tres.

**Caracterizar:** Determinar las cualidades o rasgos característicos de una persona o una cosa.

**Dimorfismo sexual:** Diferencia de la morfología de hembras en relación del macho.

**Diseño perineal:** Patrón de marcas cuticulares alrededor de la abertura vulvar.

**Ecdisis:** cambio de cutícula que se produce periódicamente en los artrópodos, se produce por la secreción de una hormona la ecdisoma.

**Ectoparásito:** Parasito que vive en el exterior o sobre su huésped.

**Electroforesis:** Técnica para la separación de moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico.

**Endoparásito:** Parásito que vive en el interior de su hospedero

**Endospermo:** tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla.

**Espícula:** órgano reproductor masculino del nematodo.

**Esterase:** Enzimas que catalizan reacciones de hidrólisis de ésteres carboxílicos (carboxiesterasas), amidas (amidases), ésteres de fosfato (fosfatases), etc.

**Estilete:** Similar a una aguja que sirve para perforar y succionar los elementos que necesitan de las plantas.

**Estoma:** porción del tracto digestivo entre la abertura oral y el esófago.



- Fitoparásito:** que se alimenta de las plantas rompiendo el tejido vegetal con ayuda de su estilete
- Fusiforme:** Organismo en forma de huso, es decir, con forma alargada, elipsoide, y con las extremidades más estrechas que el centro.
- Hacinamiento:** Acumulación, amontonamiento.
- Hiperplasia:** Súper multiplicación de células vegetales en forma desordenada alrededor de la cabeza del nematodo.
- Hospedante:** Organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de parásito, un comensal o un mutualista.
- Identificar:** Reconocer la identidad mediante características específicas propias de una especie.
- Infestación:** Invasión de un organismo vivo por agentes parásitos externos o internos.
- Inmunidad:** Estado de resistencia natural o adquirida que poseen algunos organismos frente a una determinada enfermedad o al ataque de un agente infeccioso o tóxico.
- Isoenzima:** Enzimas que difieren en la secuencia de aminoácidos, pero que catalizan la misma reacción química.
- Odontoestilete:** Tipo de estilete de muchos nematodos de vida libre.
- Odontoforo:** Estructura secundaria de un odontoestilete, formado por la modificación de la región faringeal anterior.
- Ovario:** estructura reproductiva femenina que produce o contiene a la célula huevo.
- Ovocito:** Gametocito hembra que participa en la reproducción.
- Parasitismo:** El parasitismo se produce cuando un individuo vive a expensas de otro al que puede perjudicar.
- Partenogénesis:** Desenvolvimiento embrionario que inicia de un óvulo en fecundación, sin la participación del macho para la reproducción (asexual).
- Patogenicidad:** Capacidad de un agente infeccioso de producir enfermedad en un huésped susceptible.
- Periforme:** Hembra en forma de pera, característica típica del género *Meloidogyne*.
- Perineal:** Relativo perineo (espacio entre el ano y los órganos genitales).
- Polífago:** Organismo que posee una alimentación variada. Estos organismos se pueden nutrir, a la vez, de especies vegetales y de especies animales.



**Rotación:** el tiempo que toma para un ciclo de reproducción, crecimiento y cosecha de un rodal de bosque natural o de plantación.

**Saprófito:** Organismo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta o de los detritos desechados por otros seres vivos, de los cuales extrae los compuestos orgánicos que requiere como nutrientes para alimentarse.

**Sedentario:** Que permanece siempre en el mismo lugar. Adjetivo que apunta a todos aquellos seres vivos de pocos movimientos.

**Tejido:** conjunto de células de estructura similar que llevan a cabo una función especial

**Vermiforme:** Es un adjetivo utilizado para caracterizar seres vivos o estructuras que tienen forma parecida a un gusano o verme.

**Vulva:** Es la salida del aparato reproductor. Es el órgano genital de la hembra, el órgano de la copula.

**Zona perineal:** Se observa en la parte posterior de cuerpo de las hembras ensanchadas. En esta zona se mantiene los rezagos de las líneas transversales y longitudinales.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en ocho (8) sectores del distrito de San Juan del Oro de la provincia de Sandía de la región de Puno, ubicados a una altitud de 1320 m.s.n.m., entre las coordenadas geográficas de 14° 13' 00" de Latitud Sur y 69° 09' 50" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

La caracterización, se realizó en el laboratorio de Entomología (área de nematología) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, cuya ubicación geográfica está situada a 15° 49' 23.34" de latitud Sur y 70° 01' 09.79" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich (IGN, 2020).

#### 3.2. DURACIÓN

La recolección y el procesamiento de las muestras de suelo y raíz, se realizó de diciembre de 2019 a abril del 2020 en ocho (8) sectores del distrito San Juan del Oro, Sandía – Puno.

#### 3.3. SECTORES DE ESTUDIO

Los sectores en estudio se encuentran ubicados en el distrito de San Juan del Oro (que cuenta con 197.1 km<sup>2</sup>) de la provincia de Sandía y región de Puno, cuyos puntos de ubicación se encuentran especificados en la Figura 5; estos sectores de evaluación se detallan en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Sectores del distrito de San Juan del Oro

Código de Sector	Sector	Parcelas		
		1	2	3
S1	Challohuma	5	5	5
S2	Carmen Pablobamba	5	5	5
S3	Alto Santa Rosa	5	5	5
S4	Belen	5	5	5
S5	Pajchani	5	5	5
S6	Botijani	5	5	5
S7	Nueva Esperanza	5	5	5
S8	Yurajmayo	5	5	5
<b>TOTAL</b>		<b>120 muestras</b>		

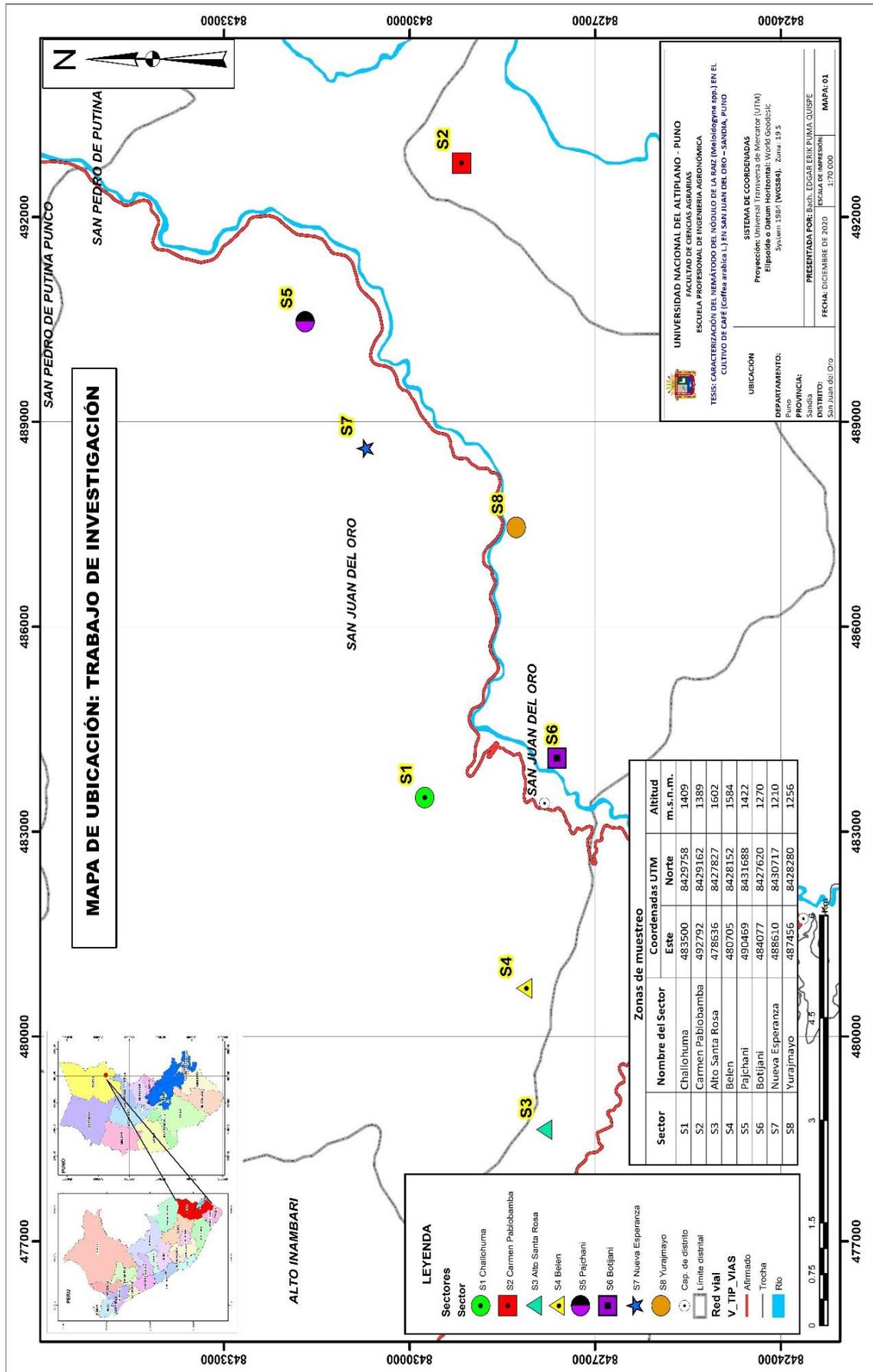
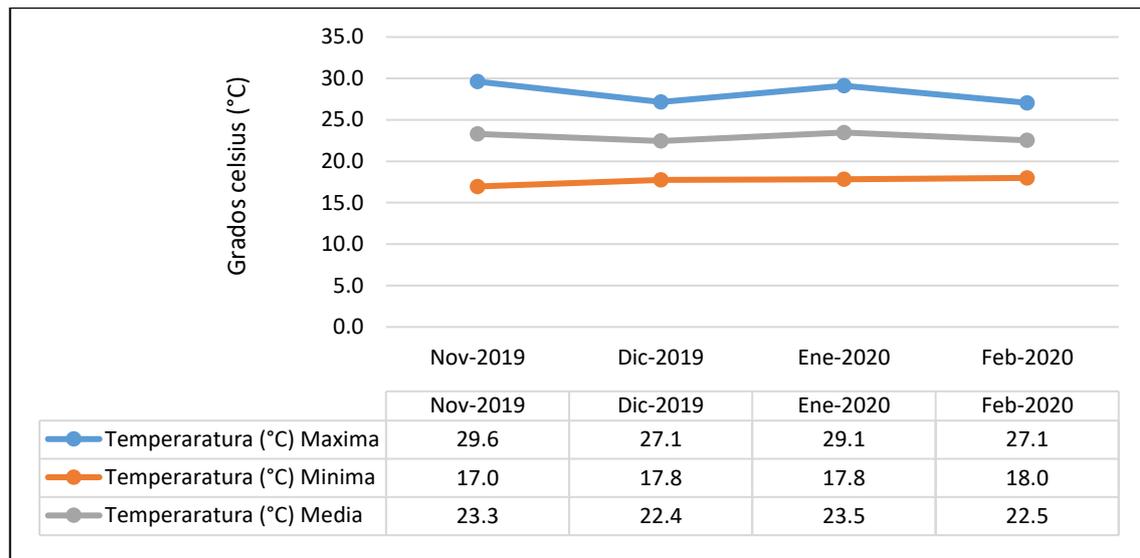


Figura 5. Mapa de ubicación del distrito de San Juan del Oro, Sectores de muestreo, 2019.

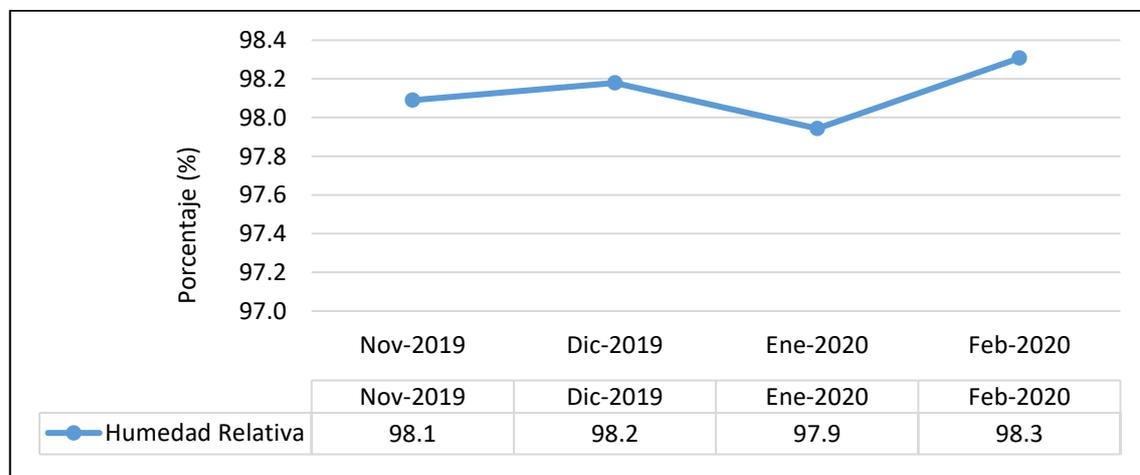
### 3.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En las Figuras 6, 7 y 8, se muestran las condiciones meteorológicas (temperaturas máximas ( $T^{\circ}$  máx.  $^{\circ}\text{C}$ ), temperaturas mínimas ( $T^{\circ}$  min  $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%), precipitación pluvial (mm). La información mostrada de los meses de noviembre-2019, diciembre-2019, enero-2020 y febrero-2020 fue proporcionada por el “SENAMHI” de la estación CO. 114096 Cuyo Cuyo y estación: CO. 110043 San Juan del Oro.



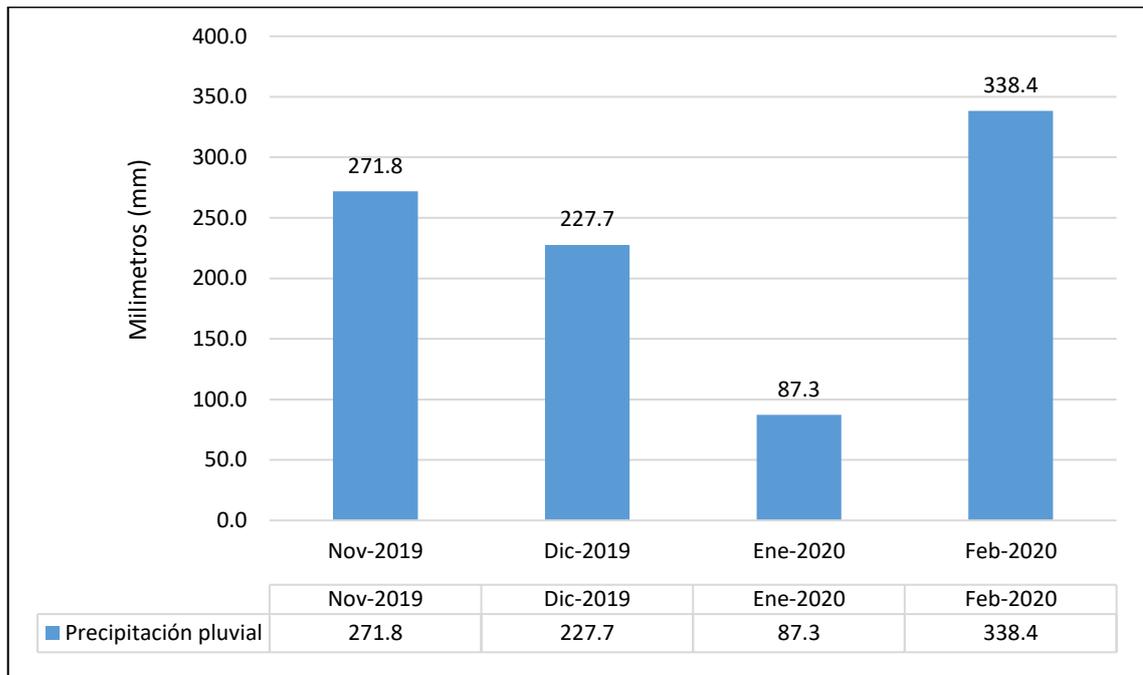
**Figura 6.** Temperaturas máxima, mínima y media (nov, dic -2019 y ene, feb-2020).

En la Figura 6, observando la línea de temperatura máxima, donde en el mes de noviembre fue mayor con  $29.6^{\circ}\text{C}$ , y en febrero con  $27.1^{\circ}\text{C}$ . Mientras que la línea de temperatura mínima, muestra que en el mes de febrero fue mayor con  $18.0^{\circ}\text{C}$ , y la menor temperatura fue en el mes noviembre con  $17.0^{\circ}\text{C}$ . Por último, cuando se observa la línea de temperatura media, en diciembre fue de  $22.4^{\circ}\text{C}$  y la menor temperatura fue de  $23.5^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 7.** Humedad relativa (nov, dic -2019 y ene, feb-2020).

En la Figura 7, se observa que la mayor humedad relativa fue en el mes de febrero con 98.3 % (Tabla 3), mientras que la menor humedad relativa fue en el mes de enero con 97.9 %. En la Figura 8, se observa que la mayor precipitación pluvial fue en el mes de febrero con 338.4 mm, mientras que la menor precipitación pluvial promedio fue en el mes de enero con 87.3 %.



**Figura 8.** Precipitación pluvial (nov, dic -2019 y ene, feb-2020).

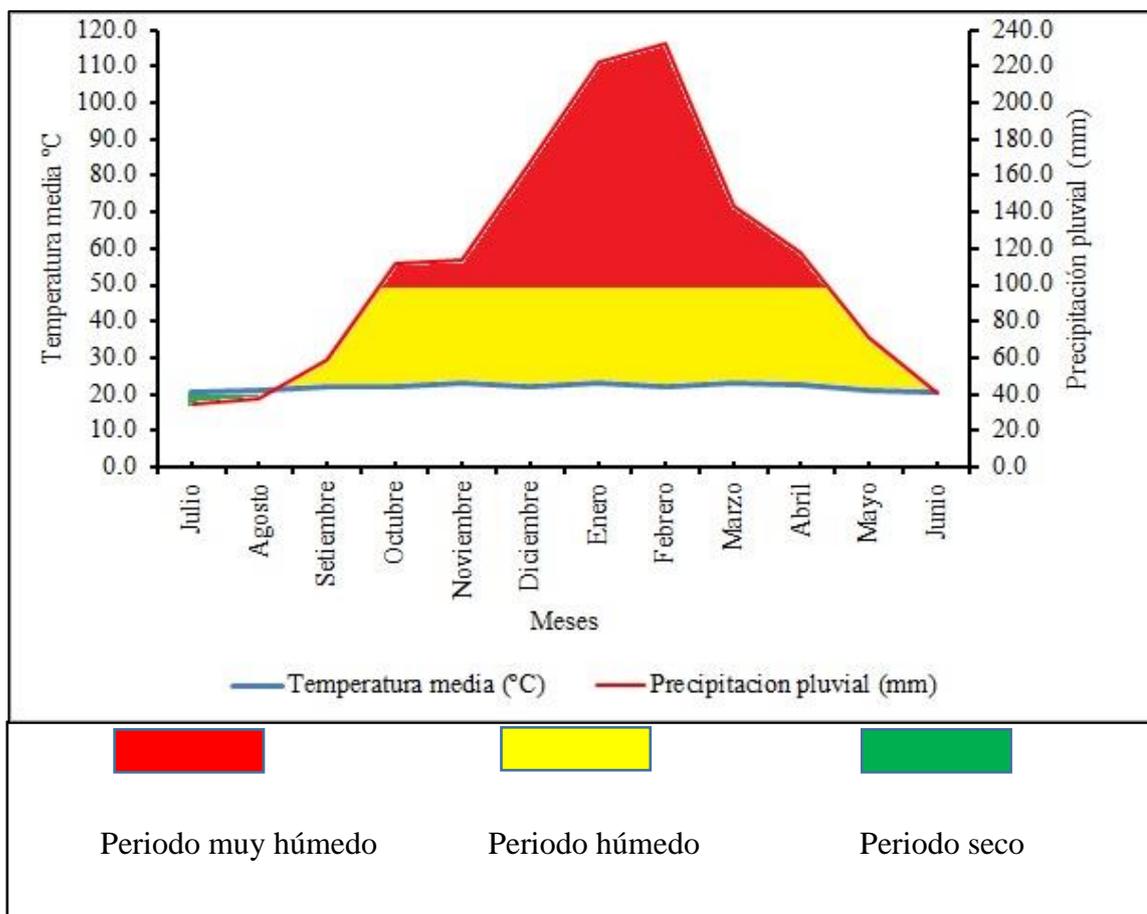
**Tabla 3.** Datos meteorológicos registrados; temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial. promedio de 10 años.

Meses	Precipitación pluvial (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Humedad Relativa (%)
Julio	34.6	26.4	14.4	20.4	95.1
Agosto	37.6	28.7	13.9	21.3	94.4
Setiembre	58.8	29.7	14.9	22.3	92.3
Octubre	111.3	28.7	15.7	22.2	92.7
Noviembre	114.1	29.6	16.6	23.1	92.3
Diciembre	167.6	27.1	16.9	22.0	93.4
Enero	222.6	29.4	17.3	23.3	93.8
Febrero	232.9	27.1	17.6	22.3	93.4
Marzo	143.1	29.6	16.8	23.2	91.8
Abril	118.2	28.1	16.8	22.4	92.7
Mayo	71.1	26.1	16.2	21.1	93.4
Junio	40.5	25.9	15.3	20.6	94.4
Prom.	112.7	28.0	16.0	22.0	93.3
Total	1352.4				

**Fuente:** SENAMHI Puno, 2021. Estación meteorológica CO Tambopata.

Los datos climáticos de 10 años fueron obtenidos del SENAMHI Puno (2010-2020), mostrando la siguiente información (Tabla 3 y Figura 9); en la temperatura, la mayor temperatura máxima se registró en el mes de setiembre con 29.7 °C, la menor temperatura mínima se dio en el mes de agosto con 13.9 °C.

La mayor temperatura media se registró en el mes de enero con 23.3 °C. Para la precipitación, el mes más lluvioso fue febrero con 232.90 mm y el mes con menor precipitación fue julio con 34.6 mm, el promedio mensual de precipitación de 10 años fue 112.7 mm. La precipitación total fue de 1352.4 mm.



**Figura 9.** Clima diagrama, promedio de 10 años.

Al comparar con los meteorológicos de los meses de noviembre y diciembre del 2019 y enero y febrero del 2020, con el promedio de 10 años, se puede observar que en temperaturas ha variado ligeramente, pero en precipitación hubo un aumento como una disminución, estos cambios se deben al efecto del cambio climático que últimamente viene afectando el comportamiento del clima.



### **3.5. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio fue de tipo descriptivo transversal, tomándose muestras de suelo y raíces en 8 sectores del distrito de San Juan del Oro (fase campo) para luego ser trasladadas al laboratorio de entomología (área de nematología) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, donde se realizó el análisis de suelo y raíz para determinar la presencia y distribución de géneros de nematodos en el cultivo de café, en un periodo de tiempo determinado (fase laboratorio).

### **3.6. VARIABLES EN ESTUDIO**

Las variables evaluadas fueron:

- Número de especies del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.)
- Número de géneros de nematodos fitoparásitos /100cm<sup>3</sup> de suelo/tratamiento.

### **3.7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

#### **3.7.1. Recolección de muestras (fase de campo)**

La extracción de las muestras de suelo se realizó utilizando un barreno a una profundidad entre 15 cm, con un diámetro de 6 cm. La muestra de raíces se tomó en un solo punto junto con la muestra de suelo, preferentemente se colectó raíces jóvenes.

Las muestras se homogenizaron conformando una submuestra aproximada de 500 g de suelo y 200 g de raíces por cada punto de muestreo; estas submuestras se guardó en una bolsa de polietileno debidamente codificada y protegida de la radiación solar, para su posterior evaluación y en cada punto de muestreo se georreferenció las coordenadas, mediante una unidad portátil GPS.

#### **3.7.2. Forma de colecta de muestras de suelo**

La recolección de muestras se realizó en base al procedimiento siguiente:

1. Se identificó los sectores con áreas de cultivo de café.
2. Se tomó las muestras de cada parcela en zig-zag.

3. Se recolectó cinco (5) muestras por cada parcela de café, en cada punto se tomó cuatro sub muestras que luego se homogenizaron para conformar la muestra.
4. Cada sub muestra de suelo se tomó a 20 - 30 cm. de profundidad, utilizando un barreno.
5. Una vez excavada se tomó una muestra de alrededor de 200 g de suelo de cada punto.
6. Las sub-muestras de cada punto obtenido fueron colocadas en un balde y se homogenizaron para finalmente retirar una muestra de 500 g.
7. Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de Entomología (área de nematología) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, para su identificación, los mismos que se muestran en la Figura 10.



**Figura 10.** Toma de muestras de suelo y raíces de café, (A: llegada al sector para el muestreo, B: puntos de muestreo, C: muestreo de suelo, D: toma de coordenadas con GPS, E: muestras de suelo para análisis).

### 3.7.3. Colecta de raíces para análisis nematológicos

Se retiró 200gr de raíces de café con nódulos (Figura 11) por cada área tomada, representando con la letra inicial de cada sector seguido por el número de muestra.



**Figura 11.** Muestra de raíz del cafeto utilizados para el estudio

### 3.7.4. Colecta de datos

- Cada muestra fue identificada y llevada al laboratorio.
- Los datos de cada muestra de suelo y raíz recolectado, se pusieron en fichas de evaluación de campo.

### 3.7.5. Método de fluctuación centrífuga para muestras de suelo con solución sacarosa

El método utilizado fue por fluctuación centrífuga para muestras de suelo de acuerdo a metodología descrita por Jenkins (1964).

- a) Se homogenizó bien la muestra de suelo obtenido.



- b) Enseguida, se retiró una porción de suelo de 250 cm<sup>3</sup> de suelo y se colocó en un recipiente vacío, cubriéndolo con agua, con la finalidad de homogenizar la muestra, para la liberación de los nematodos en la suspensión.
- c) Seguidamente se vertió el líquido a través de un tamiz de 60 Mesh y en la parte inferior seguida de los tamices 100 Mesh y último 400 Mesh.
- d) Se colocó un balde vacío para recoger la suspensión.
- e) Posteriormente se recolectó la muestra alrededor de 50 ml en un Becker con capacidad de 100 ml.
- f) Seguidamente a la suspensión de 50 ml, se adicionó una cuchara de caulim (cal), siendo estos homogenizados y transportados a los tubos de centrifugación, en donde fueron centrifugados, por 3 minutos a una velocidad de 1,800 rpm.
- g) Una vez concluido el tiempo, se retiró los tubos de la centrifuga, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante.
- h) Posteriormente se adicionó la solución de sacarosa (500 g de azúcar disuelta en 1 L de agua), lo requerido en cada tubo.
- i) Los tubos con la suspensión se volvieron a centrifugar a 1,800 rpm por 2 minutos, al finalizar el tiempo, se retiró los tubos y se vertió individualmente en el tamiz de 400 Mesh.
- j) Posteriormente lavar con bastante agua, para retirar la solución de sacarosa.
- k) Por último, se recolectó en vasos individualmente cada muestra que fueron llevados al microscopio para su análisis de los nematodos presentes, los mismos que se muestran en la Figura 12.



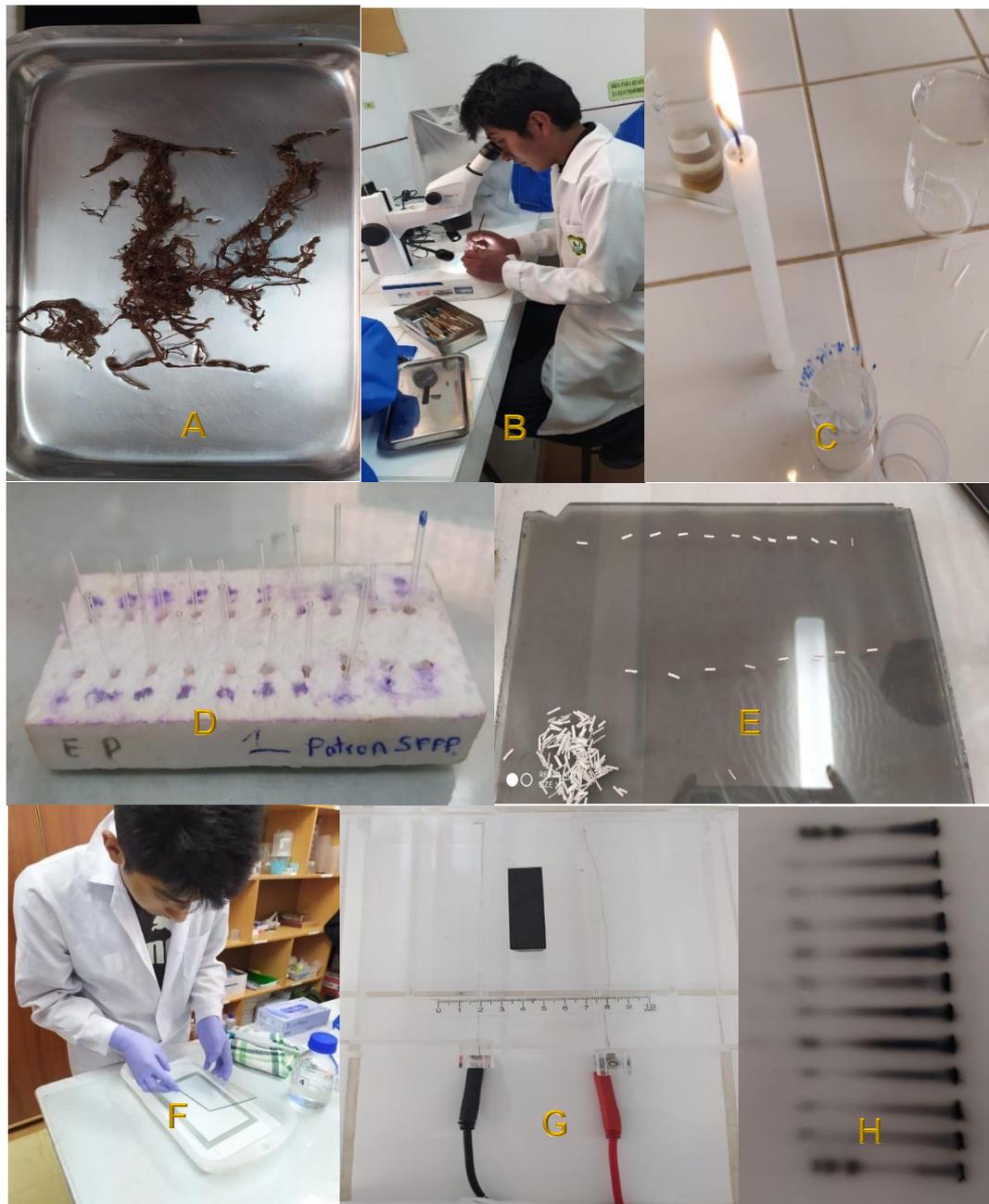
**Figura 12.** Fluctuación centrifuga para extracción de nematodos (A: 250cm<sup>3</sup> de suelo, B: tamices de 60 – 100 – 400 Mesh, C: tamizado de muestras de suelo, D: muestra tamizada, E: adición de cal a la muestra tamizada, F: centrifugado por 3 minutos G: centrifugación a 1,800 rpm).

### 3.7.6. Caracterización isoenzimática para especies de *Meloidogyne*

Para la caracterización isoenzimática para especies de *Meloidogyne*, se procedió de acuerdo a la técnica descrita por Carneiro y Almeida (2001), la misma que es la siguiente:



- Se extrajeron 35 hembras adultas de *Meloidogyne* spp. de coloración blanca lechosa, fueron retiradas de las raíces con ayuda de una aguja epidérmica en el estereoscopio.
- Las masas de huevos de las respectivas hembras se almacenaron en tubos micro – hematocritos sem heparinizados de 75 mm de largo y 1.2 mm de diámetro interno, estos micro tubos fueron cortados en dos partes y se cerraron un solo extremo de ambos micro tubos utilizando fuego de una vela. Añadiendo solución salina al 0.1 % para su conservación.
- Cada hembra extraída del interior de las raíces fue colocada, en un tubo capilar en un número de 15 manteniéndose en hielo, en una solución de 3-5 ml del tampón de extracción (solución de sacarosa).
- Luego de haber sido extraídas las hembras, se preparó el gel de poliacrilamida al 7 % (11 x 18 cm, 1 mm de espesor).
- Finalizado los pasos anteriores, las hembras fueron maceradas individualmente y colocadas en papel filtro cualitativo (3 mm Whatman) con la ayuda de una jeringa.
- Posteriormente, se depositó una gota de azul de bromofenol (0.01 %) en la primera, intermedia y última muestra del gel.
- En la muestra, el gel se colocó en una cuba, a una fuente de 80 – 120 voltios, manteniéndose en refrigeración de 4 a 8 °C.
- Después de 2 horas la migración alcanzó los 5 cm del azul de bromofenol en el gel, se apagó la potencia y el gel, se sometió a la enzima esterase, utilizando una solución de 50 ml de tampón fosfato (50 mg de Fast Blue RR salt y 1,5 ml de  $\alpha$  – naftil acetato 1 %).
- Posteriormente el gel se llevó a la estufa a 37°C durante 20 a 30 minutos hasta que aparezcan las bandas esterásticas (de color oscuro) sobre el fondo claro. En seguida, los geles fueron transferidos a una solución de ácido acético (10 %) y una solución de alcohol metílico (40 %) durante 30 a 40 minutos. Luego que las bandas fueron reveladas en el gel se lavó en agua corriente para quitar el exceso de colorante.
- Los fenotipos fueron identificados mediante el cálculo de la movilidad relativa ( $R_m$ ) de cada banda polimórfica respecto a la primera banda de *M. javanica* J3, cuyos procedimientos se muestran en la Figura 13.



**Figura 13.** Identificación Electroforética para especies de *Meloidogyne* spp (A: raíces infestadas con *Meloidogyne*, B: Extracción de hembras de *Meloidogyne*, C: preparación de microtubos, D: hembras almacenadas en microtubos, E: puesta de hembras maceradas en papel filtro cualitativo, F: retiro del gel de la placa, G: migración de azul de bromofenol en el gel, H: Bandas esterásticas de *M. javanica* J3 y *M. exigua* E1).

### 3.7.7. Fluctuación poblacional de nematodos.

#### a. Identificación morfológica de los nematodos fitoparásitos.

Para la debida identificación de los nematodos fitoparásitos se usó una aguja de punta fina para (pescar nematodos), estos fueron puestos en solución formalina al 4 % en láminas porta objetos para su debida conservación de los diferentes géneros encontrados, cada muestra se llevó al microscopio para la identificación y

conteo de los géneros de nematodos, donde fueron analizados, por sus características morfológicas y morfométricas teniendo en cuenta la forma del cuerpo, cabeza, cutícula, presencia o ausencia de anillos, tipo de estilete y forma de la terminación de la cola (Hunt y Handoo, 2009). Los datos de conteo se almacenaron en una base de datos. Estos datos obtenidos se mostraron a través de gráficos y porcentajes de las fluctuaciones de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos presentes en café.

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los datos evaluados procedentes fueron conducidos bajo el diseño Bloque completamente al azar con arreglo factorial de 8 (sectores) por 5 (géneros de nematodos) con un total de 40 tratamientos, evaluados bajo 3 bloques, haciendo con un total de 120 unidades experimentales. Siendo el modelo aditivo lineal, el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Es la variable respuesta ( $N^\circ$  de nematodos/ $100\text{cm}^3$ ) de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B (Género), sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A (sector).

$\rho_m$  : Efecto de la m-ésima repetición

$\mu$  : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

$\alpha_i$  : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A (Sector)

$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Género de nematodo)

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A (Sector), en el j-ésimo nivel del factor B (Género de nematodo).

$\varepsilon_{ijk}$  : Efecto del error experimental.

### 3.9. ANÁLISIS DE DATOS

La variable de respuesta de la cantidad de nematodos provenientes de conteo, fueron transformados, utilizando la fórmula de raíz de potencia, para normalizar los datos



obtenidos, ya que las observaciones obtenidas están expresadas en conteos (Condo y Pasmíño, 2015), para lo cual se debe reemplazar el valor de cada observación con su raíz cuadrada (Espinola, 2013):

$$Y = \sqrt{X}$$

Donde: Y = variable de respuesta transformada  
X = Variable evaluada procedente de conteo.

Una vez transformado los datos evaluados, se procedió a realizar el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05, por ser la prueba más exigente mediante el software estadístico InfoStat versión estudiantil versión 2020.

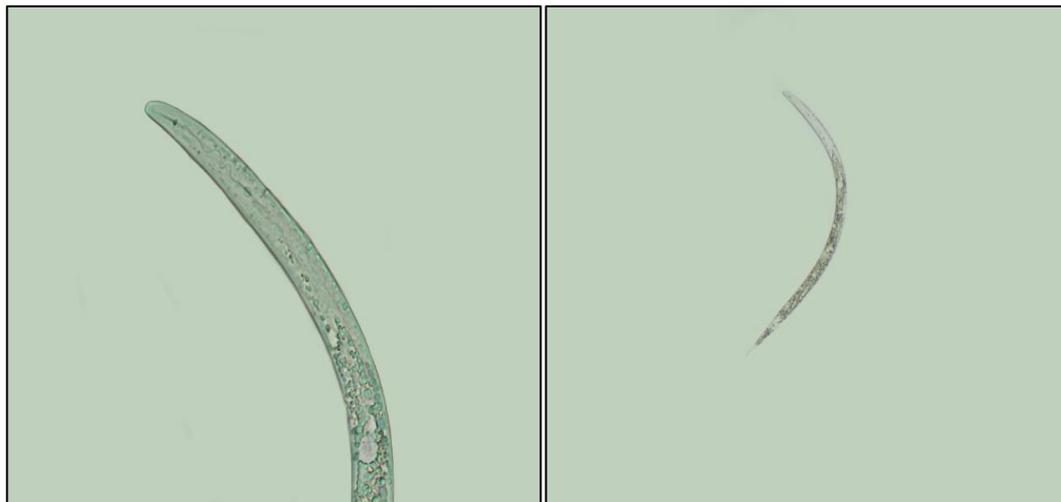
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL CAFETO

##### 4.1.1. Características morfológicas y morfométricas del género *Meloidogyne*

De las muestras de suelo, se obtuvieron juveniles de estadio 2 (J2), presentando características morfológicas como: el cuerpo es de forma cilíndrica y son vermiformes, presentan un disco labial redondeado; la región cefálica no presentó anillos, las glándulas del esófago se superponen al intestino ventralmente, posee una cola que es cónica con anulaciones normales o irregulares, gradualmente afinada, con una porción terminal hialina en la parte posterior de la cola y el ano marcando el límite anterior de la cola (Figura 14). Todas estas características coinciden con las descripciones realizadas en la literatura para los J2 (Powers *et al.*, 2018 y Uysal *et al.*, 2017).



**Figura 14.** Izquierda: Cabeza de *Meloidogyne* spp. Izquierda / Derecha: Longitud del cuerpo de *Meloidogyne* spp.

**Tabla 4.** Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro

Variables	<i>Meloidogyne</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Perry y Moens (2013) <i>Meloidogyne</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Escalona <i>et al.</i> (2006) <i>Meloidogyne</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)
Longitud del cuerpo	350.11	250 a 600	342 a 420
Longitud del estilete	12.08	9 a 16	10 a 12

Los resultados de mediciones de longitud de cuerpo y estilete de *Meloidogyne* spp. fueron de 350.11 y 12.08  $\mu$ m (Tabla 4) respectivamente, los mismos que son respaldados por Perry y Moens (2013), quienes afirman que el género *Meloidogyne*



en su estado juvenil 2, tienen la forma vermiforme, variando la longitud del cuerpo de 250 a 600  $\mu\text{m}$ , la longitud del estilete tiene una variación de 9 a 16  $\mu\text{m}$ , también es corroborado por Escalona *et al.* (2006), quienes indica que la longitud de cuerpo varía de 342 a 420  $\mu\text{m}$  y longitud de estilete que oscila entre 10 a 12  $\mu\text{m}$ .

Gómez (2019), reporta para el género *Meloidogyne* sp. tiene una longitud de cuerpo de 380  $\mu\text{m}$  y una longitud de estilete de 4  $\mu\text{m}$  en zonas cafetaleras de la provincia de Loja, Ecuador. Pérez *et al.* (2017), reporta que en la comunidad de Alto Lima, cantón San Lorenzo, de la provincia de Caranavi del departamento de La Paz, para el género *Meloidogyne* obtuvo 392  $\mu\text{m}$ , la longitud del estilete de 15.9  $\mu\text{m}$ . Flores *et al.* (2017), reportan individuos del estado juvenil con la parte anterior conoide a redondeada con terminación estrecha y redondeada, con una longitud promedio del cuerpo de 364.48  $\mu\text{m}$ , por otra parte Karssen y Moens (2013), manifiestan que la característica de la cola es de forma conoide, es decir redondeada, terminando en punta estrecha en su estado juvenil.

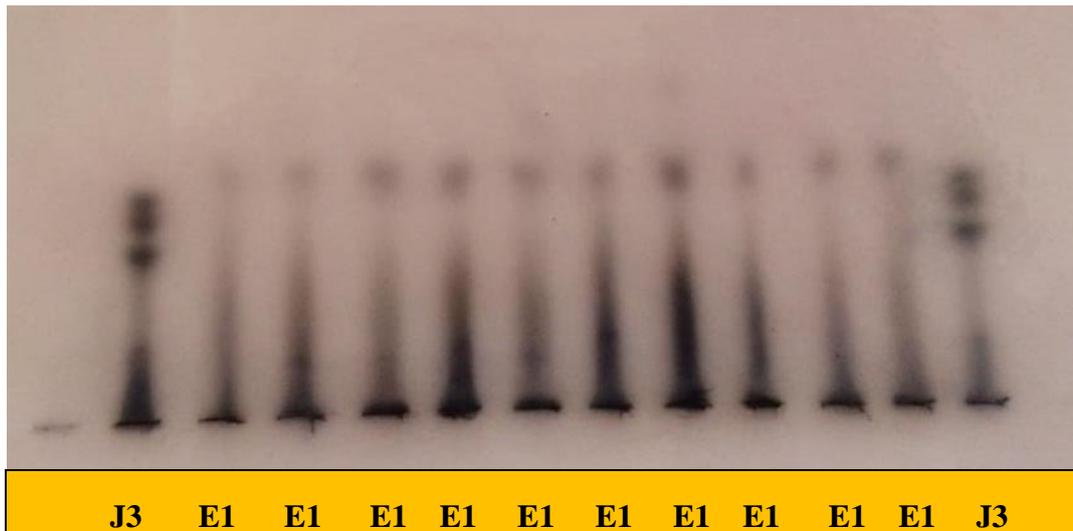
Estudios realizados en la provincia de Sandía en cultivos como papa (Flores *et al.*, 2017) y café (Mayta, 2017), mostraron resultados de la medición de longitudes variables de los J2 en relación al presente estudio (364.480 y 320.7  $\mu\text{m}$  respectivamente). De Sousa (2018), declara que existe la posibilidad de encontrar variabilidad en los parámetros morfométricos dentro de las especies del género, en algunas medidas (longitud del cuerpo y estilete).

Además, esas longitudes con las poblaciones estudiadas pueden ser consideradas común, ya que son provenientes de lugares y cultivos diferentes. Mientras Hunt y Handoo (2009), concluyen que los caracteres morfométricos y morfológicos tienden a variar bajo la influencia de condiciones geográficas y ecológicas.

Del mismo modo, Carneiro y Cofcewicz, (2008) indican que, para diferenciar dichas características, como la similaridad morfológica y morfométricas entre las especies de *Meloidogyne*, es más apropiado una combinación de características diferenciadoras de las hembras, machos y juveniles (J2). Por estas afirmaciones, se respalda los resultados obtenidos en la presente investigación.

#### 4.1.2. Identificación de especie de *Meloidogyne*

Se extrajeron treinta y cinco (35) hembras maduras de coloración blanca lechosa del cultivo de café, sometidos a un análisis isoenzimático, donde fue revelado en gel de poliacrilamida con enzima esterase, en el que se comparó el patrón *M. javanica* esterase J3 con las bandas fenotípicas, donde se reveló la presencia de la especie *Meloidogyne exigua*; observando que las bandas superiores se posicionaron por encima del patrón (Figura 15).



**Figura 15.** Patrón J3 *M. javanica* y E1: *Meloidogyne exigua*

Sobre el particular, Monzón (2010) determinó que en el cultivo de café la especie que más ataca es *M. incognita* en el distrito de San Juan del Oro, cuya afirmación es refutada por los resultados de este estudio por la comparación de los resultados obtenidos con el análisis electroforético encontrándose *Meloidogyne exigua* siendo este el que parasita al cafeto en el distrito de San Juan del Oro. No obstante, este resultado es corroborado con lo identificado por Mayta (2017), quien registró a *Meloidogyne exigua* como la especie más común que causa infección en raíces del cultivo de café.

#### 4.1.3. Características morfológicas y morfométricas de *Mesocriconema*

Los nematodos del suelo del cultivo de café en el distrito de San Juan de Oro, pertenecen al género *Mesocriconema*, ya que presentan una cutícula gruesa e intensamente anillada, altamente definida y notoria con un cuerpo corto, la longitud de cuerpo es de 491.44  $\mu\text{m}$  y la longitud de estilete es de 63.22  $\mu\text{m}$  (Tabla 5).



**Figura 16.** Izquierda: Muestra de *Mesocriconema* spp. mostrando el largo del nematodo Izquierda / Derecha: individuo de nematodo *Mesocriconema* spp. en posición de U.

**Tabla 5.** Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de *Mesocriconema* spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro

Variables	<i>Mesocriconema</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Perry y Moens (2013) <i>Mesocriconema</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Tihohod (2000) <i>Mesocriconema</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Montiel <i>et al.</i> , (1997) <i>Mesocriconema</i> spp. ( $\bar{X}$ $\mu$ m)
Longitud del cuerpo	491.44	200 a 1000	---	490 a 505
Longitud del estilete	63.22	---	59 a 64	54 a 58

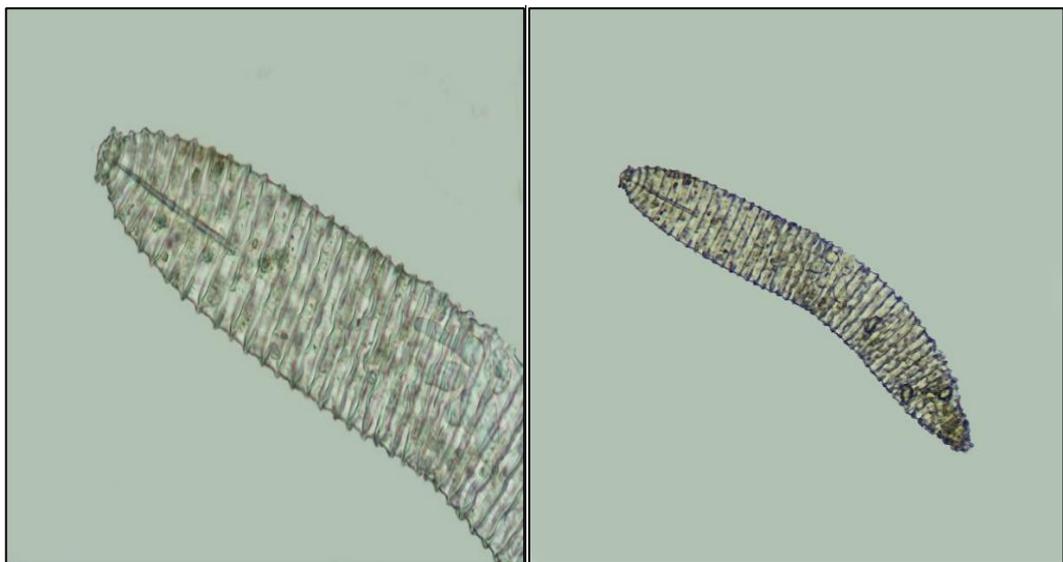
Los resultados de la medición de la longitud de cuerpo medida concuerdan con lo indicado con Perry y Moens (2013), quien sostiene que la longitud de cuerpo varía de 200 a 1000  $\mu$ m; asimismo, se encuentra dentro de los parámetros señalados por Tihohod (2000) que indica una longitud de estilete de 59 a 64  $\mu$ m, así como a los reportes de Montiel *et al.* (1997), quienes describen que la longitud de cuerpo y estilete de *Mesocriconema* oscila de 490 a 505 y de 54 a 58  $\mu$ m, respectivamente.

#### 4.1.4. Características morfológicas y morfométricas de *Discocriconema*

Las muestras de estos nematodos en el suelo del cultivo de café de los lugares de San Juan del Oro, presentan las siguientes características; cuerpo curvado en la zona ventral, con bordes lisos y finamente crenados, su estilete es largo y rígido las perillas tienen en forma de ancla, vulva cerrada y forma conoide, tal como se observa en la Figura 17.

Dichas características morfológicas mencionadas coinciden con Vovlas (1992), quien indica que estos nematodos tienen algo en común, lo cual es un anillo o disco cefálico agrandado y redondo de márgenes continuos, los discos con hendiduras dorsales y ventrales profundas.

Las mediciones realizadas en las muestras indican que la longitud del cuerpo es de 348  $\mu\text{m}$ , el estilete con 54.3  $\mu\text{m}$  de longitud. Estas mediciones, se asemejan a lo indicado por el autor en mención donde precisa que la longitud de cuerpo varía entre 180 – 490  $\mu\text{m}$  y el estilete de 33 – 113  $\mu\text{m}$ , flexible o rígido.



**Figura 17.** Izquierda: Muestra de *Discocriconema spp.* mostrando la región anterior del cuerpo del nematodo. Izquierda: Muestra de *Discocriconema spp.* mostrando el cuerpo entero del nematodo

#### 4.1.5. Características morfológicas y morfométricas de *Helicotylenchus*

Las muestras de nematodos del género *Helicotylenchus* del suelo del cultivo de café en los sectores de estudio de San Juan del Oro, se caracterizan por tener la capsula cefálica desarrollada, además posee una cabeza alta, tiene forma cónica y es redondeada y cuerpo arqueado.

El estilete, se caracteriza por sus bulbos fuertes forma redondeada y la cola es curvada; las mediciones realizadas de las muestras indican que el nematodo tuvo una longitud promedio del cuerpo es 540.40  $\mu\text{m}$ , con una longitud de estilete de 19.36  $\mu\text{m}$  (Figura 18).



**Figura 18.** Izquierda: Muestra de *Helicotylenchus* spp. mostrando el cuerpo entero del nematodo. Izquierda / Derecha: individuo de *Helicotylenchus* spp. observando la región anterior del cuerpo.

Los resultados obtenidos son respaldados por Neira (2019), quien manifiesta que el cuerpo de *Helicotylenchus* adquiere o se asemeja a una forma de C, presenta una cutícula fuertemente estriada con anillos, estilete moderado con nódulos basales redondeados y cola curvada dorsal, cuya longitud de cuerpo y estilete es de 540.40 y 19.36  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Tabla 6).

**Tabla 6.** Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de *Helicotylenchus* spp. de las plantaciones de café en San Juan del Oro.

Variables	<i>Helicotylenchus</i> ( $\bar{X}\mu\text{m}$ )	Schreck <i>et al.</i> (2010) <i>Helicotylenchus</i> ( $\bar{X}\mu\text{m}$ )	Gómez (2019) <i>Helicotylenchus</i> ( $\bar{X}\mu\text{m}$ )
Longitud del cuerpo	540.40	150 a 890	600 a 800
Longitud del estilete	19.36	22 a 26	15 a 18

Los resultados de la presente investigación son corroborados por Gómez (2019), quien describe que el cuerpo es arqueado o en espiral, el estilete es corto, fuerte, con ensanchamientos gruesos y cola casi redondeada a puntiaguda, cuya longitud de cuerpo es de 600 a 800  $\mu\text{m}$ , pero ligeramente menor en longitud del estilete que va de 15 a 18  $\mu\text{m}$ ; Asimismo, Schreck *et al.* (2010) mencionan que la longitud varía de 510 a 970  $\mu\text{m}$  en hembras y 530 a 700  $\mu\text{m}$  en machos, con un promedio de 150 a 890  $\mu\text{m}$  y un estilete de 22 a 26  $\mu\text{m}$  en hembras y 20 a 23  $\mu\text{m}$  en machos, medidas que se acerca a los resultados del espécimen macho.

Al respecto, Neira (2019) manifiesta que la longitud de cuerpo es de 812.12  $\mu\text{m}$  y la longitud del estilete es de 29.66  $\mu\text{m}$ ; mientras que Pérez *et al.*, (2017),

reporta que en la comunidad de Alto Lima, cantón San Lorenzo, de la provincia de Caranavi del departamento de La Paz, para el género *Helicotylenchus* obtuvo 648  $\mu\text{m}$ , la longitud del estilete de 24.3  $\mu\text{m}$ ; asimismo, Schreck *et al.* (2010) revelan que el cuerpo del género *Helicotylenchus* tiene un longitud variable de 150 a 890  $\mu\text{m}$  en hembras y un variación de 530 a 700  $\mu\text{m}$  en machos, la longitud del estilete tiene una variación de 22 a 26  $\mu\text{m}$  en hembras y de 20 a 23  $\mu\text{m}$  en machos; dichas afirmaciones, respaldan las mediciones obtenidas en el presente estudio. Flores (2017), reporta que presenta una longitud promedio del cuerpo de 549.265  $\mu\text{m}$ .

En el estudio presentado por Flores *et al.* (2017) en cultivo de papa, en la zona de Sandia, indica el promedio de estos individuos menores con respecto al presente estudio. Al respecto, es necesario inferir que las características morfológicas y morfométricas, pueden presentar variaciones por influencia de factores ambientales o podemos también atribuir estas diferencias a las características propias de las especies dentro de un mismo género.

#### 4.1.6. Características morfológicas y morfométricas de nematodos de vida libre

En el presente estudio, las muestras de suelo de café en San Juan de Oro, también contenían nematodos de vida libre; los cuales, tuvieron una longitud de 1065.32  $\mu\text{m}$  (Tabla 7), caracterizándose por poseer un cuerpo de forma cilíndrica, con una cutícula gruesa, además de poseer una cavidad bucal (Figura 19).



**Figura 19.** Individuo mostrando cuerpo entero del nematodo

**Tabla 7.** Caracterización morfométricas del Juvenil 2 de las poblaciones de nematodos de vida libre de las plantaciones de café en San Juan del Oro

Variables	Nematodos de vida libre ( $\bar{X}$ $\mu$ m)	Ruppert y Barnes (1996) Nematodos de vida libre ( $\mu$ m)
Longitud del cuerpo	1065.32	1000 a más

El resultado obtenido es respaldado por Ruppert y Barnes (1996), quienes aseveran que la mayor parte de los nematodos de vida libre carecen del estilete, miden aproximadamente de 1000  $\mu$ m a más; la medición realizada concuerda con las muestras obtenidas y medidas; por su parte, Tihohod (2000) da a conocer que estos nematodos poseen cavidad bucal de forma esclerotizada y estoma de forma cilíndrica.

Sobre el particular, Hickman *et al.* (1998) indica que el cuerpo de nematodo es perfectamente cilíndrico, con una cutícula no celular relativamente gruesa; estas afirmaciones corroboran con la descripción realizada de nematodos de vida libre en el cultivo de café en San Juan del Oro. Además, Ruppert y Barnes (1996) indican, que el tamaño y la forma de los nematodos, se deben a adaptaciones importantes para poder vivir, también menciona que la mayor parte de los nematodos de vida libre miden menos de 2.5 mm de largo, la mayoría son de aproximadamente de 1 mm, los mismos que coinciden con los resultados de la presente investigación.

## 4.2. NÚMERO DE NEMÁTODOS SEGÚN GÉNERO Y SECTORES

### 4.2.1. Número de nematodos fitoparásitos

En la Tabla 8, se observa el análisis de varianza para el número de nematodos por géneros y sectores encontrados en 100 cm<sup>3</sup> de suelo; en el que se observa que en los bloques (parcelas de terreno, que están bajo pendiente) existen diferencias estadísticas significativas, lo que significa que en cada bloque hay diferente número de géneros de nematodos, probablemente por las características de las condiciones físicas y químicas del suelo.

Para el factor Sector (S), se observa diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferente número de nematodos por efecto del factor sector; para el factor género de nematodos, presenta también diferencias estadísticas altamente significativas, evidenciando que existe diferente número de géneros de nematodos.

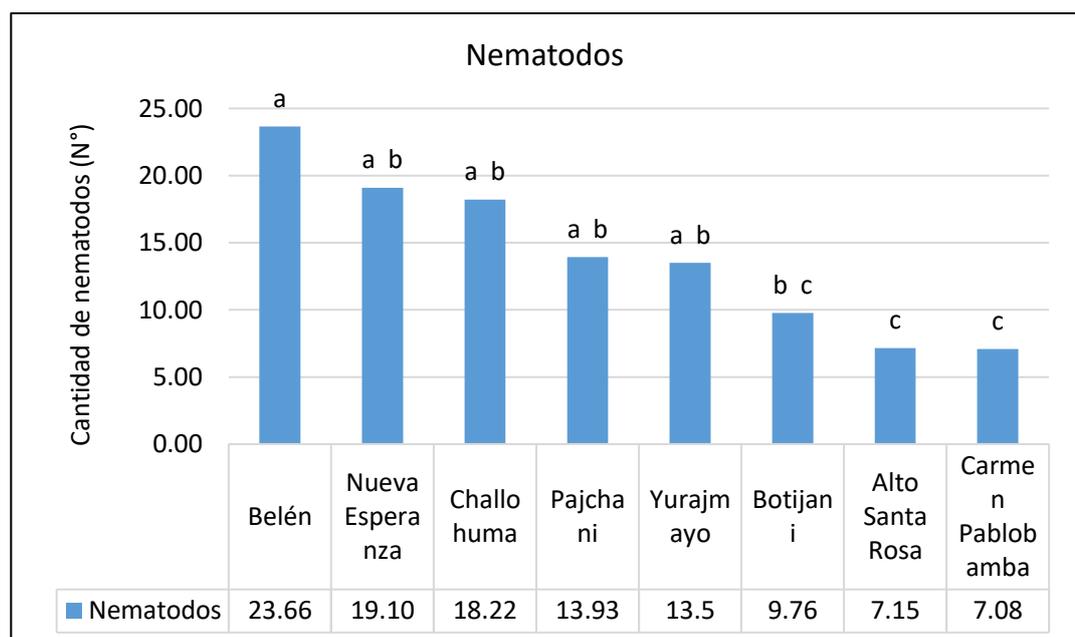
En la interacción S x N, se visualiza que existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo que significa que el número de nematodos encontrados, depende del género y sector de identificación donde se ha definido el estudio; es decir, que los factores sector y género de nematodos actúan de forma dependiente sobre el número de nematodos. El coeficiente de variación (CV) obtenido es de 25.17 %, el mismo que indica que los datos evaluados son confiables.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para número de nematodos por sectores y géneros

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloque (parcelas)	2	3.12558	1.56279	2.74	3.11	4.89	*
Sector (S)	7	31.00249	4.42892	7.77	2.13	2.88	**
Género de nematodo (N)	4	410.70905	102.67726	180.17	2.45	3.48	**
S x N	28	117.28623	4.18879	7.35	1.57	1.89	**
Error experimental	78	44.45255	0.56990				
Total corregido	119	606.57591					

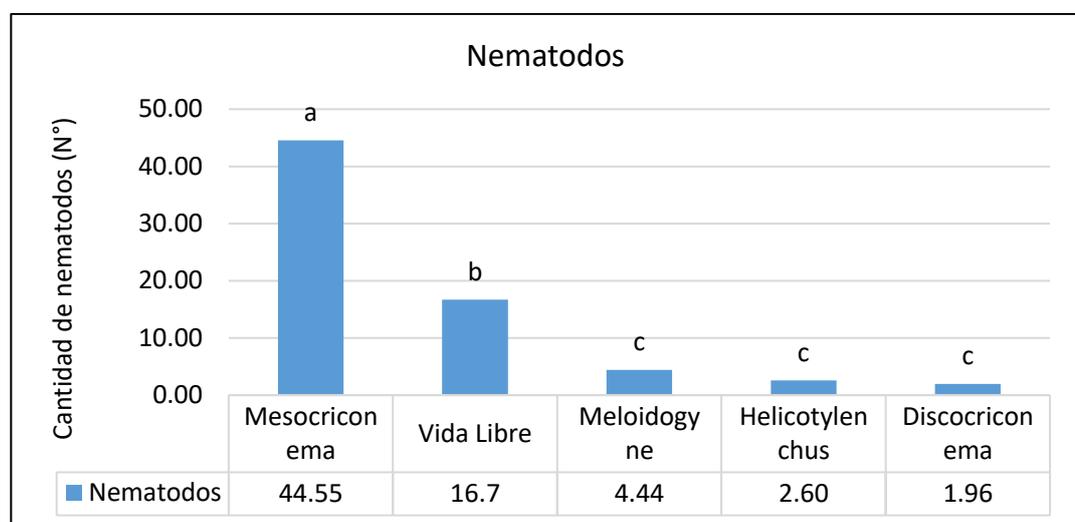
CV= 25.17 %  $\bar{X} = 2.99$

En la Figura 20, se evidencia que el sector Belén tuvo mayor cantidad de nematodos ( $23.66 \pm 40.04$ ), seguido de los sectores Nueva Esperanza ( $19.10 \pm 27.63$ ) y Challohuma ( $18.22 \pm 28.04$ ); mientras que los sectores Pajchani y Yurajmayo tuvieron  $13.93 \pm 16.63$  y  $13.50 \pm 25.93$  nematodos respectivamente, los cuales estadísticamente son similares. Por último, se ubica el sector Carmén Pablobamba que tuvo menor número de nematodos ( $7.80 \pm 8.38$ ).



**Figura 20.** Número de nematodos por Sectores evaluados.

En la Figura 21, se observa que el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos ( $44.55 \pm 34.04$ ), el mismo que es estadísticamente superior a los demás géneros, seguido de los géneros de nematodos de vida libre ( $16.70 \pm 5.08$ ) y *Meloidogyne* ( $4.44 \pm 4.17$ ). Por último, se ubica el género *Discocriconema* con menor número de nematodos ( $1.96 \pm 1.20$ ). Al respecto, Gómez (2019) reporta en su investigación dos géneros coincidentes *Meloidogyne* spp, *Helicotylenchus* spp. de los 10 géneros hallados en cinco zonas productoras de café de la provincia de Loja. Asimismo, Guevara (2015) reporta a los mismos géneros, los mismos que difieren de los resultados del presente estudio.



**Figura 21.** Número de nematodos por sectores de evaluación

Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los reportes de Jara (2018) quien, al realizar un estudio en el sector Divisoria, provincia de Padre Abad - Ucayali, manifiesta que para el género *Helicotylenchus*, en la primera evaluación la población osciló desde 9.66 a 12.66 nematodos/100 cm<sup>3</sup> suelo y para la segunda evaluación la población osciló desde 2.66 a 25 nematodos/100 cm<sup>3</sup> suelo. Para el género *Meloidogyne* en la primera evaluación no se observó poblaciones, en la segunda evaluación, la población osciló desde 2 a 9 nematodos/100 cm<sup>3</sup> suelo.

Al respecto, Guevara (2015) reporta a los mismos géneros, donde destaca con mayor cantidad al género *Meloidogyne* con 19.41 nematodos; respecto a *Helicotylenchus* con menor cantidad de nematodos con 8.05 en 100 cc de suelo en cultivo de café en el distrito de Cuispes Bongara - Amazonas. Estos resultados, son diferentes a lo obtenido en el presente estudio y se presume que las diferencias se

deben a las condiciones ambientales, características del suelo y las condiciones del cultivo del lugar de investigación. Como hay diferencia estadística altamente significativa (Tabla 8), para la interacción S x N, se ha realizado el método tabular (Tabla 9) y método gráfico, y el análisis de varianza de efectos simples (Tabla 10).

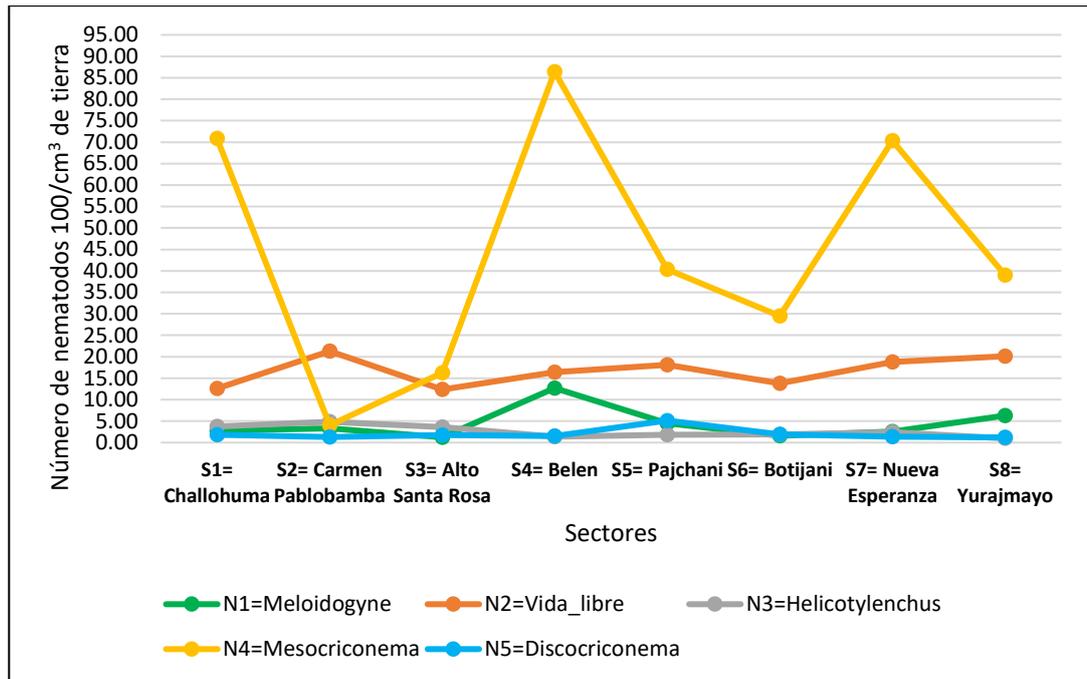
**Tabla 9.** Método tabular para la interacción sectores (S) x géneros de nematodos (N) para número de nematodos

Género de nematodos	Sectores							
	S1 = Challo-huma	S2 = Carmen Pablo-bamba	S3 = Alto Santa Rosa	S4 = Belen	S5 = Paj chani	S6 = Botijani	S7 = Nueva Esperanza	S8 = Yurajmayo
N1 = <i>Meloidogyne</i>	2.76	3.31	1.24	12.69	4.53	1.60	2.55	6.25
N2 = <i>Vida libre</i>	12.58	21.29	12.36	16.4	18.13	13.82	18.78	20.09
N3 = <i>Helicotylenchus</i>	3.78	4.84	3.62	1.40	1.82	1.93	2.45	0.98
N4 = <i>Mesocriconema</i>	70.87	4.04	16.29	86.42	40.33	29.53	70.33	39.00
N5 = <i>Discocriconema</i>	1.8	1.31	1.75	1.51	5.13	1.89	1.38	1.20

En la Figura 22, se observa que en cada sector de evaluación la cantidad de nematodos es variable en relación al género, donde el género *Mesocriconema*, tuvo la mayor cantidad en 7 sectores evaluados, siendo el sector de Belén con mayor cantidad (86.42) de nematodos, seguido del sector Nueva Esperanza con 70.33 nematodos y la menor cantidad, se registró en el sector de Carmen Pablobamba con 4.04 nematodos en promedio.

Los nematodos de vida libre tuvieron una tendencia regular variando por cada sector, siendo el mínimo de 12.58 nematodos en el sector Challohuma y la mayor cantidad fue en el sector Yurajmayo con 20.09 nematodos. El género *Meloidogyne* tuvo mayor cantidad en el sector Belén y la menor cantidad se registró en el sector Botijani.

El género *Discocriconema* tuvo mayor cantidad en el sector Pajchani y la menor cantidad en el sector Yurajmayo. Asimismo, el género *Helicotylenchus* tuvo la mayor cantidad en el sector Pablobamba y la menor cantidad en el sector Yurajmayo.



**Figura 22.** Número de nematodos por el efecto de los sectores dentro de género de nematodos.

**Tabla 10.** Análisis de varianza de efectos simples para la interacción sectores (S) por género de nematodo (N) sobre cantidad de nematodos

Efectos simples	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
(N) dentro de Alto Santa Rosa	4	19.4862	4.8715	8.55	2.45	3.48	**
(N) dentro de Belén	4	120.5970	30.1492	52.90	2.45	3.48	**
(N) dentro de Botijani	4	41.9556	10.4889	18.40	2.45	3.48	**
(N) dentro de Carmen Pablob.	4	21.0961	5.2740	9.25	2.45	3.48	**
(N) dentro de Challohuma	4	104.3074	26.0768	45.76	2.45	3.48	**
(N) dentro de Nueva Esperanza	4	111.6825	27.9206	48.99	2.45	3.48	**
(N) dentro de Pajchani	4	47.8918	11.9729	21.01	2.45	3.48	**
(N) dentro de Yurajmayo	4	60.9783	15.2445	26.75	2.45	3.48	**
(S) dentro de <i>Discocriconema</i>	7	2.6444	0.3777	0.66	2.13	2.88	n.s.
(S) dentro de <i>Helicotylenchus</i>	7	2.9433	0.4204	0.74	2.13	2.88	n.s.
(S) dentro de <i>Meloidogyne</i>	7	12.5733	1.7961	3.15	2.13	2.88	**
(S) dentro de <i>Mesocriconema</i>	7	126.0590	18.0084	31.60	2.13	2.88	**
(S) dentro de Vida Libre	7	4.0684	0.5812	1.02	2.13	2.88	n.s.

En la Tabla 10, se observa el análisis de varianza de efectos simples para la interacción sector (S) por género (N) sobre la cantidad de nematodos. Respecto a los géneros de nematodos dentro de los sectores de evaluación, existe una diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos *Discocriconema*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Mesocriconema* y nematodos de vida libre en los sectores de Alta Santa Rosa, Belén, Botijani, Carmen Pablobamba, Challohuma, Nueva Esperanza, Pajchani y Yurajmayo, lo cual indica que estos sectores tienen diferente cantidad de nematodos, respecto a los demás sectores.

En cuanto al sector dentro del género de nematodo, no se existe diferencia estadística significativa entre los sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Belén, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, y Nueva Esperanza y Yurajmayo con respecto al género de nematodo *Discocriconema*, *Helicotylenchus* y nematodos de vida libre; lo cual indica, que estos géneros tienen similar cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos.

No obstante, hay diferencia estadística altamente significativa entre los sectores de estudio con respecto al género de nematodos *Meloidogyne* y *Mesocriconema*, lo cual indica que estos géneros tienen diferente cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos.

En la Tabla 11, se muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey para los efectos simples del **Sector (S) dentro del género de nematodo *Meloidogyne***, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los sectores con respecto al género de nematodo *Helicotylenchus*, lo cual indica que este género tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos *Discocriconema*, vida libre, *Helicotylenchus* y *Mesocriconema*.

Los resultados evidencian que en el sector Belén, hubo mayor cantidad de nematodos con  $12.58 \pm 4.12$ , seguido del sector Yurajmayo con  $6.25 \pm 2.91$ , Pajchani con  $4.53 \pm 2.32$  y Carmen Pablobamba con  $4.04 \pm 5.08$ , los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica el sector Alto Santa Rosa con  $1.24 \pm 0.53$  nematodos.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey para número de nematodos del genero *Meloidogyne* dentro de sectores

Orden de mérito	Sector (S)	Número de nematodos	
		100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	Belén	12.58 ± 4.12	a
2	Yurajmayo	6.25 ± 2.91	a b
3	Pajchani	4.53 ± 2.32	a b
4	Carmen Pablobamba	4.04 ± 5.08	a b
5	Challahuma	2.76 ± 0.93	b
6	Nueva Esperanza	2.55 ± 0.71	b
7	Botijani	1.60 ± 0.64	b
8	Alto Santa rosa	1.24 ± 0.53	b

Respecto a los efectos simples de **sector (S) dentro del género de nematodo *Mesocriconema***, se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los sectores con respecto al género de nematodo *Mesocriconema*, lo cual indica que este género tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos *Discocriconema*, *Meloidogyne*, Vida libre, y *Helicotylenchus*.

En la Tabla 12, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del género *Mesocriconema* dentro de sectores, donde en el sector Belén hubo mayor cantidad de nematodos con  $86.42 \pm 59.54$ , seguido del sector Challahuma con  $70.87 \pm 13.64$ , Nueva Esperanza con  $70.33 \pm 10.25$  y Pajchani con 40.33 nematodos. En último lugar se ubica el sector Carmen Pablobamba rosa con  $3.62 \pm 1.83$  nematodos.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey para número de nematodos del género *Mesocriconema* dentro de sectores

Orden de mérito	Sector (S)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	Belén	86.42 ±59.54	a
2	Challahuma	70.87 ±13.64	a b
3	Nueva Esperanza	70.33 ±10.25	a b
4	Pajchani	40.33 ±19.45	a b
5	Yurajmayo	39.00 ±13.55	b
6	Botijani	29.53 ±2.54	b
7	Alto Santa rosa	16.29 ±11.45	b
8	Carmen Pablobamba	3.62 ±1.83	b

En cuanto a los efectos simples de **Sector (S) dentro del género de nematodo *Discocriconema***, no se encontró diferencia estadística significativa entre los sectores con respecto al género de nematodo *Discocriconema*, lo cual indica que este género tiene similar cantidad de nematodos respecto a los demás géneros como *Meloidogyne*, Vida libre, *Helicotylenchus*, y *Mesocriconema*.

Igualmente, al evaluar el factor **Sector (S) dentro del género de nematodo *Helicotylenchus***, tampoco se encontró diferencia estadística significativa entre los sectores con respecto al género de nematodo *Helicotylenchus*, lo cual indica que este género tiene similar cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos *Discocriconema*, *Meloidogyne*, Vida libre, y *Mesocriconema*.

Al evaluar el factor **Sector (S) dentro del género de nematodo de Vida libre** no se encontró diferencia estadística significativa entre los sectores con respecto al género de nematodo Vida libre, lo cual indica que este género tiene similar cantidad de nematodos respecto a los demás géneros de nematodos *Discocriconema*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*. y *Mesocriconema*.

Los resultados del factor **género de nematodo (N) dentro del sector Alto Santa Rosa**, muestran que existe diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Alto Santa Rosa, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Belen, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza y Yurajmayo.

En la Tabla 13, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Alto Santa Rosa dentro de Género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $16.29 \pm 11.45$ , seguido de género de vida libre con  $12.69 \pm 6.79$  y el género *Helicotylenchus* con 3.78. en último lugar se ubica el género *Meloidogyne* con  $1.24 \pm 0.54$  nematodos.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Alto Santa Rosa dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$16.29 \pm 11.45$	a
2	Vida libre	$12.69 \pm 6.79$	a b
3	<i>Helicotylenchus</i>	$3.78 \pm 3.54$	b c
4	<i>Discocriconema</i>	$1.75 \pm 0.20$	b c
5	<i>Meloidogyne</i>	$1.24 \pm 0.54$	c

Del mismo modo al analizar el factor **género de nematodo (N) dentro del sector Belén**, se encontró diferencia estadística altamente significativa del género de nematodos en el sector Belén, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza y Yurajmayo.

En la Tabla 14, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Belén dentro de Género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo

mayor cantidad de nematodos con  $86.42 \pm 59.54$ , seguido de genero de vida libre con  $16.40 \pm 3.27$  y el género *Meloidogyne* con  $12.58 \pm 4.12$ . En último lugar se ubica el género *Helicotylenchus* con  $1.40 \pm 0.24$  nematodos.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Belén dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$86.42 \pm 59.54$	a
2	Vida Libre	$16.40 \pm 3.27$	b
3	<i>Meloidogyne</i>	$12.58 \pm 4.12$	b
4	<i>Discocriconema</i>	$1.51 \pm 0.32$	b
5	<i>Helicotylenchus</i>	$1.40 \pm 0.24$	b

Respecto a **género de nematodo (N) dentro del sector Botijani**, se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Botijani, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores de Challohuma, Carmen Pablobamba, Belen, Alto Santa Rosa, Pajchani, Nueva Esperanza y Yurajmayo, que tienen una menor cantidad de nematodos fitoparásitos.

En la Tabla 15, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Botijani dentro de género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $29.53 \pm 2.54$ , seguido de genero de vida libre con  $13.82 \pm 5.94$ , los cuales estadísticamente son diferentes entres y superiores a los demás géneros de nematodos. En último lugar se ubica el género *Meloidogyne* con  $1.60 \pm 0.64$  nematodos.

**Tabla 15.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Botijani dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$29.53 \pm 2.54$	a
2	Vida Libre	$13.82 \pm 5.94$	b
3	<i>Helicotylenchus</i>	$1.93 \pm 0.61$	c
4	<i>Discocriconema</i>	$1.89 \pm 0.47$	c
5	<i>Meloidogyne</i>	$1.60 \pm 0.64$	c

En cuanto a los efectos simples de **género de nematodo (N) dentro del sector Carmen Pablobamba**, se evidenció una diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Carmen Pablobamba, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Belen, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza y Yurajmayo.

En la Tabla 16, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Carmen Pablobamba dentro del Género de nematodos, donde el género de vida libre tuvo mayor cantidad de nematodos con  $21.29 \pm 7.65$ , el cual estadísticamente fue superior a los demás géneros de nematodos, seguido del género *Helicotylenchus* con  $5.13 \pm 3.64$  y del género *Meloidogyne* con  $4.04 \pm 5.08$  nematodos, los cuales estadísticamente son similares. En último lugar se ubica el género *Discocriconema* con  $1.31 \pm 0.30$  nematodos.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Carmen Pablobamba dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	Vida Libre	$21.29 \pm 7.65$	a
2	<i>Helicotylenchus</i>	$5.13 \pm 3.64$	b
3	<i>Meloidogyne</i>	$4.04 \pm 5.08$	b
4	<i>Mesocriconema</i>	$3.62 \pm 1.83$	b
5	<i>Discocriconema</i>	$1.31 \pm 0.30$	b

Al analizar el factor **género de nematodo (N) dentro del sector Challohuma**, se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Challohuma, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Carmen Pablobamba, Belen, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, Nueva Esperanza y Yurajmayo.

En la Tabla 17, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Challahuma dentro del Género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $70.87 \pm 13.64$ , el cual estadísticamente fue superior a los demás géneros de nematodos, seguido del

genero de Vida libre con  $12.36 \pm 3.60$  y del género *Helicotylenchus* con  $3.31 \pm 0.54$  nematodos, los cuales estadísticamente son diferentes. En último lugar se ubica el género *Discocriconema* con  $1.80 \pm 0.42$  nematodos.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Challahuma dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$70.87 \pm 13.64$	a
2	Vida libre	$12.36 \pm 3.60$	b
3	<i>Helicotylenchus</i>	$3.31 \pm 0.54$	c
4	<i>Meloidogyne</i>	$2.76 \pm 0.93$	c
5	<i>Discocriconema</i>	$1.80 \pm 0.42$	c

En cuanto a los efectos simples de **género de nematodo (N) dentro del sector Nueva Esperanza**, se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Nueva Esperanza, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Belen, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, y Yurajmayo.

En la Tabla 18, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Nueva Esperanza dentro del Género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $70.33 \pm 10.25$ , el cual estadísticamente fue superior a los demás géneros de nematodos, seguido del genero de Vida libre con  $18.78 \pm 1.77$  y del género *Meloidogyne* con  $2.55 \pm 0.71$  nematodos, los cuales estadísticamente son diferentes. En último lugar se ubica el género *Discocriconema* con  $1.38 \pm 0.24$  nematodos.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Nueva Esperanza dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$70.33 \pm 10.25$	a
2	Vida libre	$18.78 \pm 1.77$	b
3	<i>Meloidogyne</i>	$2.55 \pm 0.71$	c
4	<i>Helicotylenchus</i>	$2.45 \pm 0.52$	c
5	<i>Discocriconema</i>	$1.38 \pm 0.24$	c

Al evaluar el **género de nematodo (N) dentro del sector Pajchani**, se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Pajchani, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Belen, Alto Santa Rosa, Botijani, Nueva Esperanza y Yurajmayo.

En la Tabla 19, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Pajchani dentro del género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $40.33 \pm 19.45$ , el cual estadísticamente fue superior a los demás géneros de nematodos, seguido del género de Vida libre con  $18.13 \pm 1.80$  y del género *Discocriconema* con  $4.84 \pm 0.97$  nematodos, los cuales estadísticamente son diferentes. En último lugar se ubica el género *Helicotylenchus* con  $1.82 \pm 0.10$  nematodos.

**Tabla 19.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Pajchani dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	$40.33 \pm 19.45$	a
2	Vida libre	$18.13 \pm 1.80$	b
3	<i>Discocriconema</i>	$4.84 \pm 0.97$	c
4	<i>Meloidogyne</i>	$4.53 \pm 2.33$	c
5	<i>Helicotylenchus</i>	$1.82 \pm 0.10$	c

Respecto al **género de nematodo (N) dentro del sector Yurajmayo**, se evidenció diferencia estadística altamente significativa entre los géneros de nematodos en el sector Yurajmayo, lo cual indica que este sector tiene diferente cantidad de nematodos respecto a los demás sectores Challohuma, Carmen Pablobamba, Belen, Alto Santa Rosa, Pajchani, Botijani, y Nueva Esperanza.

En la Tabla 20, se observa la prueba de Tukey para número de nematodos del sector Yurajmayo dentro del Género de nematodos, donde el género *Mesocriconema* tuvo mayor cantidad de nematodos con  $39.00 \pm 13.54$ , el cual estadísticamente fue superior a los demás géneros de nematodos, seguido del género de Vida libre con  $20.09 \pm 1.76$  y del género *Meloidogyne* con 6.25

nematodos, los cuales estadísticamente son diferentes. En último lugar se ubica el género *Helicotylenchus* con  $0.98 \pm 0.27$  nematodos.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey para número de nematodos del Sector Yurajmayo dentro de género de nematodos.

Orden de mérito	Género de nematodo (N)	Número de nematodos 100/cm <sup>3</sup> de tierra (N° ± D.S.)	P≤0.05
1	<i>Mesocriconema</i>	39.00 ± 13.54	a
2	Vida libre	20.09 ± 1.76	b
3	<i>Meloidogyne</i>	6.25 ± 2.90	c
4	<i>Discocriconema</i>	1.20 ± 0.29	d
5	<i>Helicotylenchus</i>	0.98 ± 0.27	d

La prueba de comparación múltiple de Tukey para la interacción factor género de nematodos (N) por factor sector (S) sobre datos transformados del número de nematodos, indica que los nematodos del género *Mesocriconema* se encuentran en mayor cantidad en los sectores de Belén I sector Belén ( $86.42 \pm 59.54$ ), seguidos Challuma ( $70.87 \pm 13.64$ ) y Nueva Esperanza ( $70.33 \pm 10.25$ ), los mismos que difieren estadísticamente respecto a los otros sectores de evaluación; mientras que los sectores de Alto Santa Rosa ( $16.29 \pm 11.45$ ) y Carmen Pablobamba ( $4.04 \pm 1.83$ ), tuvieron menor número de nematodos fitoparásitos del género *Mesocriconema*.

Respecto al género *Meloidogyne* el sector que tuvo mayor número de nematodos es Belén ( $12.69 \pm 4.12$ ), el mismo que es superior a los sectores de Yurajmayo, Pajchani, Carmen Pablobamba, Challohuma, Nueva Esperanza, Botijani y Alta santa Rosa; estos dos últimos sectores tienen muy poca cantidad de nematodos del género *Meloidogyne* (Figura 23).

La prueba de comparación múltiple de Tukey para la interacción factor sector (S) por factor género de nematodos (N) sobre datos transformados del número de nematodos, precisa que en los sectores de Belén ( $86.42 \pm 59.54$ ), Challohuma ( $70.87 \pm 13.64$ ), Nueva Esperanza ( $70.33 \pm 10.25$ ), Pajchani ( $40.33 \pm 19.45$ ), Yurajmayo ( $39.00 \pm 13.55$ ), Botijani ( $29.53 \pm 35.83$ ) y Alto Santa Rosa ( $16.29 \pm 11.45$ ), predominan el género *Mesocriconema* con mayor número de nematodos, los mismos que son superiores estadísticamente respecto a los demás géneros del



mismo sector; en orden de importancia, sigue los nematodos de vida libre. Mientras que en Carmen Pablobamba, predominan los nematodos de vida libre ( $21.29 \pm 7.65$ ), el mismo que muestra evidencia estadística superior a los demás géneros, seguidos de *Helicotylenchus* ( $4.84 \pm 3.64$ ).

En el sector Belén, los géneros de nematodos fitoparásitos de acuerdo al orden de importancia son *Mesocriconema*, Vida libre, *Meloidogyne*, *Discocriconema*, *Helicotylenchus*; en Challohuma son *Mesocriconema*, Vida libre, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Discocriconema*; en Nueva Esperanza son *Mesocriconema*, Vida libre, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Discocriconema*; en el sector Pajchani son *Mesocriconema*, Vida libre, *Discocriconema*, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*; en Yurajmayo son *Mesocriconema*, Vida libre, *Meloidogyne*, *Discocriconema*, *Helicotylenchus*; en Botijani los géneros de nematodos en orden de importancia son *Mesocriconema*, Vida libre, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* y *Meloidogyne*; en el sector Carmen Pablobamba son nematodos de Vida libre, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Meloidogyne* y *Discocriconema*; mientras que en Alto Santa Rosa son *Mesocriconema*, Vida libre, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* y *Meloidogyne*, los mismos que difieren estadísticamente dentro de cada sector de estudio.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a lo hallado por Pedraza (2010), quien reporta que en 100 g de suelo de una finca orgánica se contabilizó 398 individuos para el género *Meloidogyne* sp., 200 individuos para *Helicotylenchus* sp., 157 individuos para nematodos de vida libre; mientras que en suelos de una finca convencional se reporta 53 individuos género *Meloidogyne* sp., 16 individuos para *Helicotylenchus* sp. y 206 individuos para nematodos de vida libre. Del mismo modo, Guevara *et al.*, (2015) reporta en promedio 26.8 individuos del género *Meloidogyne* y 9.2 en el género *Helicotylenchus* en muestras de suelo de 100 cc.

Sobre el particular, Gómez (2019) reporta la cantidad de 9 nematodos /100 cc de suelo en el género *Meloidogyne* y de un rango de 9 a 65 nematodos/100 cc de suelo para el género *Helicotylenchus* en cultivo de café en diferentes localidades en Loja – Ecuador.

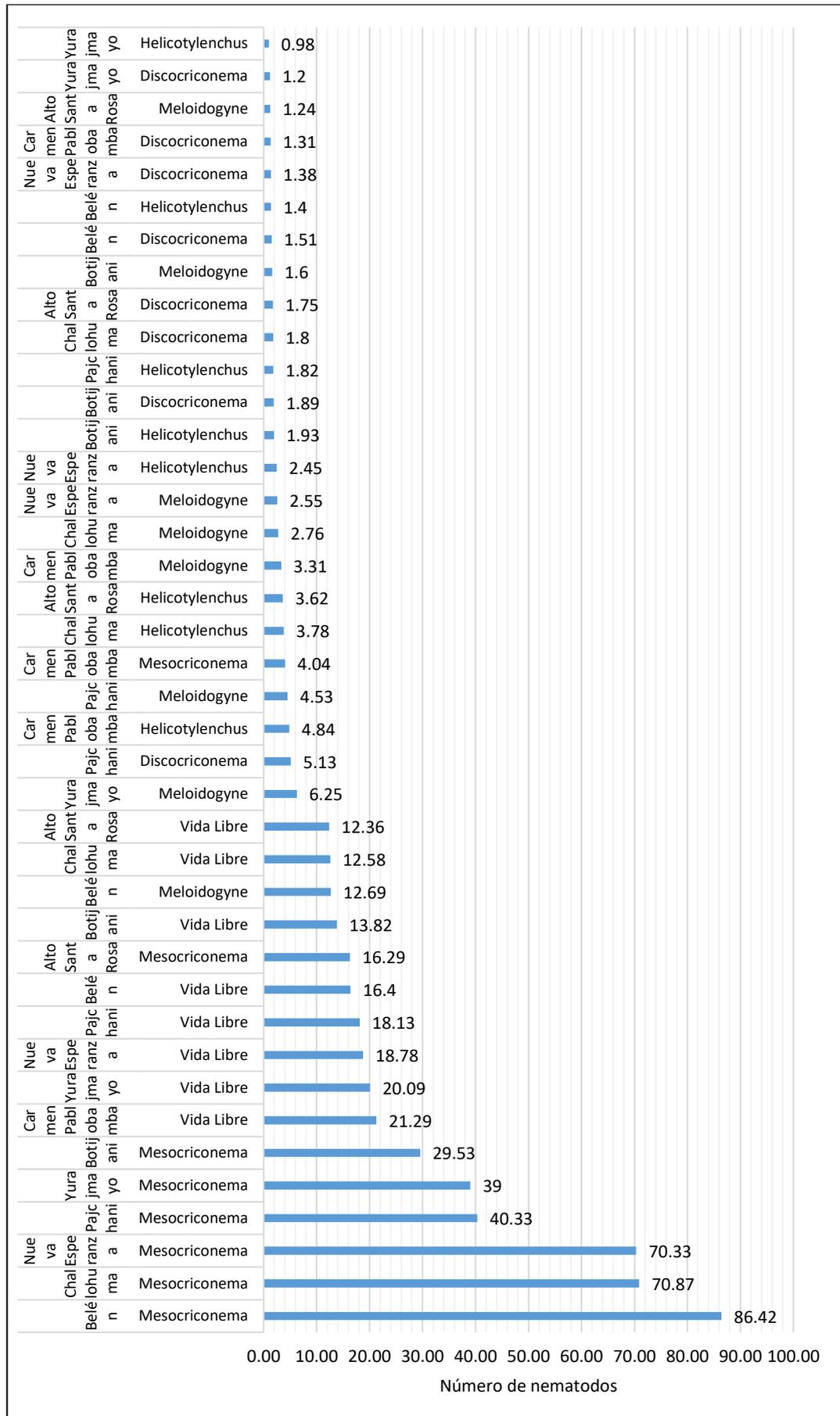


Figura 23. Número de nematodos por sectores evaluados.



Mientras que, Urbina y Matus (2009) revelan valores de hasta 40 nematodos/200 g de suelo para el género *Meloidogyne* para el primer muestreo y de 210 nematodos en el segundo muestreo. Del mismo modo, Pérez (2017) menciona que, en la comunidad de Alto Lima, Cantón San Lorenzo, de la provincia de Caranavi del departamento de La Paz, para el género *Meloidogyne* obtuvo la cantidad de 291 nematodos/100 g de suelo en la zona baja y de 204 nematodos/100 g de suelo en la zona alta, para el *Helicotylenchus* reporta la cantidad de 118 nematodos/100 g de suelo en la zona baja y de 91 nematodos/100 g de suelo para la zona alta.

Respecto a la influencia del clima, Lezaum (2016), argumenta que los nematodos para su desarrollo necesitan una temperatura óptima comprendida de 25 a 28°C, la temperatura promedio en la zona en estudio está comprendida en un rango de 22.4 a 23.5 °C durante los meses evaluados, a pesar de ser ligeramente variables, se han adaptado a dichas temperaturas, al respecto Avelino *et al.*, (2009), indican que, las condiciones edafoclimáticas como la humedad del suelo, suelos con buena aireación, materia orgánica y la temperatura de 25-30°C, favorecen la vida de los nematodos. Otros factores, se menciona a las prácticas agronómicas del cultivo, Timper *et al.*, (2012), mencionan que las poblaciones de nematodos disminuyen con el uso intensivo de plaguicidas; Liang *et al.*, (2009), indica que se incrementan con el uso de abonos orgánicos. Julca *et al.*, (2010), dan a conocer que el sistema de cultivo café con sombra o sin sombra, también es un factor influyente sobre la población de nematodos, indicando que la población de nematodos es ligeramente mayor en las parcelas con sombra con árboles del género *Inga* spp.



## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación realizada, se concluye que:

1. En las muestras de raíz asociados al cultivo de café se identificó la especie *Meloidogyne exigua* (Esterase E1) y en las muestras de suelo están presentes los géneros *Meloidogyne*, *Mesocriconema*, *Helicotylenchus*, *Discocriconema* y nematodos de vida libre.
2. La mayor cantidad de nematodos en 100/cm<sup>3</sup> de tierra, se tuvo con el género *Mesocriconema* en los sectores de Belén ( $86.42 \pm 59.54$ ), Challohuma ( $70.87 \pm 13.64$ ), Nueva Esperanza ( $70.33 \pm 10.25$ ), Pajchani ( $40.33 \pm 19.45$ ), Yurajmayo ( $39.00 \pm 13.55$ ) y Botijani ( $29.53 \pm 35.83$ ), seguido de nematodos de vida libre en los sectores de Carmen Pablobamba ( $21.29 \pm 7.65$ ), Yurajmayo ( $20.09 \pm 1.76$ ), Nueva Esperanza ( $18.78 \pm 1.77$ ), Pajchani ( $18.13 \pm 1.80$ ) y Belén ( $16.40 \pm 3.27$ ).



## VI. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones arribadas en el presente estudio, se plantea las recomendaciones siguientes:

1. Desarrollar estrategias en el control de nematodos fitoparásitos, mediante la aplicación de una o varias técnicas específicas a fin de eliminar la población patógena o del perjuicio causado por la misma.
2. Implementar programas de manejo de nematodos fitoparásitos, a través de la manipulación del organismo patógeno y uso de diversos métodos de control durante un cierto periodo de tiempo, hasta conseguir una reducción de la densidad de población por debajo del umbral de daño al cultivo de café.
3. Realizar estudios del grado de influencia de los factores climáticos, manejo de suelos y tecnología de cultivo, sobre la variación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café, para explicar las condiciones de vida y desarrollo de la población de nematodos del distrito de San Juan del Oro.
4. Al conocer densidades poblacionales de nematodos de vida libre, se recomienda realizar estudios de prospección como indicadores ambientales, para la evaluación de la situación actual de los ecosistemas del distrito de San Juan del Oro.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, P.; Castagnone, S.; Rosso, M.; De Almeida, J. y Favery, B. (2009). *Invasion feeding and development* In Perry, R.N.; Moens, M.; Starr, J.L. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International. 163-176 p.
- Agrios, G. (2011). *Fitopatología*. México. Editorial Limusa S.A. de CV Grupo Noriega Editores. 745-749 p.
- Alves, J.; Livramento, D. (2003). *Morfología e fisiología do cafeeiro*. Lavras. Universidade Federal de Lavras – UFLA. FAEPE v.1, 49 p.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café). (2019). *Guía de variedades de café*. 1ra. edic. Guatemala. 49 p. Recuperado de web: <https://www.anacafe.org/uploads/file/8ee92f426ab648318001477e70d0bbe1/Gu%c3%ada-de-variedades-Anacaf%c3%a9-2020.pdf>
- Arcila, J.; Farfán, F.; Moreno, A.M.; Salazar, L.F.; Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia. Fitotecnia, Prácticas de cultivo, Caficultura Manejo de cafetales*. Chinchiná, Cenicafe. 1ra ed. 309 p. Recuperado de web: [https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas\\_de\\_produccion.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf)
- Avelino, J.; Bouvret, M.; Salazar, L.; Cilas, C. (2009). *Relationships between agro-ecological factors and population densities of Meloidogyne exigua and Pratylenchus coffeae sensu lato in coffee roots, in Costa Rica*. Applied Soil Ecology 43:95-105.
- Bridge, J. & Starr, J. (2007). *Plant nematodes of agricultural importance*. Academic Press. EE.UU. 152 p.
- Carneiro, R. & Cofcewicz, E. (2008). *Taxonomy of Coffee-Parasitic root-knot nematodes, Meloidogyne spp.* In Souza, R.M. (eds.) Plant-Parasitic Nematodes of coffee. Dordrecht. Springer. pp. 87-122.
- Carneiro, R. M. & Almeida, M. R. A. (2001). *Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematóides de galhas para identificação de espécies*. Nematologia Brasileira, 25(1), 35-44.
- Cepeda, M. (2009). *Nematología Agrícola*. Trillas. Mexico D.F. 290 p
- Cruz, L. (2012). *Identificación del nematodo agallador de la raíz del cafeto en la Región Centro de Veracruz*. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana. 39 p.



- Decraemer, W. & Hunt, D. J. (2006). *Structure and classification*. In: Perry RN, Moens M (eds) Plant nematology. CABI Publishing, Wallingford, pp 3–32.
- De Sousa, R. (2018). *Nematoide das Lesões Radiculares (Pratylenchus spp.) no Cerrado Brasileiro com Ênfase nos Danos Causados à Cultura do Arroz*. Tese de Grau de Magister Scientiae. Brasilia DF: Universidade de Brasília.
- Eisenback, D.; Hirschmann, H.; Sasser, J.N. y Triantaphyllou, A.C. (1983). *Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (Meloidogyne spp.) con una clave pictórica*. Traducida al español, por: C. Sosa-Moss. Departments of Plant Pathology and Genetics North Carolina State University Department of Fitopatología; 55 p.
- Escalona, Y.; Rodríguez, D.; Contreras, N.; y Jiménez, N. (2006). *Patógenos del suelo en el cultivo de pimentón en la zona baja del Municipio Jiménez, Estado Lara, Venezuela Bioagro*. Disponible en: ISSN 1316-3361.
- Escobar, M. (2008). *Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, Departamento de Mascaya. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal*. Nicaragua. 68 p. Recuperado de web: [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1018/FIA\\_185.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1018/FIA_185.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- EKOS. (2019). *Top 20 principales productores de café en el mundo*. Recuperado de web: <https://www.ekosnegocios.com/articulo/top-20-principales-productores-de-cafe-en-el-mundo>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. (2013). *El Cultivo de Tomate con Buenas Prácticas Agrícolas en la Agricultura Urbana y Periurbana*. Ñemity. Paraguay. 72p
- Ferris, H. (1999). Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX). *University of California*. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>
- Flor, P. (2013). *Uso de agentes de control y protección biológica frente a nematodos del género Meloidogyne en cultivos protegidos bajo plástico*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada. 345 p.



- Flores, Y.; Bravo, R. & Medina, I. (2017). *Prospección de Nematodos Fitoparásitos en cultivo de Papa (Solanum Tuberosum L.) de la Región Puno*. Revista de Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research, 19(1), 11-20.
- Garambel, S. I. (2017). *Caracterización de poblaciones del nematodo del nódulo de la raíz (Meloidogyne spp.) de las zonas productoras de café (Coffea arabica L.) de Puno*. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú
- García, M. (2004). *Estudio de la Distribución Horizontal de los Nematodos*. Fitoparásitos en Áreas Cultivadas con Café de la Cabecera Municipal de San Vicente Pacaya, Escuintla. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala.
- George, A. (2006). *Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica*. Tesis para el grado de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica, CA TIE, Turrialba, Costa Rica.
- Gómez, E.T. (2019). *Identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (Coffea arabica L.) en la provincia de Loja*. Tesis de Pregrado. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 82 p.
- González, H. (1993). *Nematodos fitoparásitos*. G Lemus (Ed.); *El duraznero en Chile*. Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA. Santiago, Chile. Pág. 239-251.
- Gowen, S.R. (1979). *Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas*. Nematrópica 9(1): 79-91.
- Guevara, E. (2015). *Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (Coffea arabica L.) en el distrito de Cuispes Bongará, Amazonas*. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Amazonas, Perú. 93 p.
- Guevara, E.; Mestanza, C.; Oliva, M.; Vera, N. (2015). *Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (Coffea arabica L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará - Amazonas*. Rev. Indes 1(2): 9-15, 2013 ISSN: 2310-0664. DOI: 10.25127/indes.201302.001.



- Guzmán, O.; Castaño, J.; Villegas, B. (2012). *Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica*. *Agronomía* 20(1): 38-50
- Hickman, P., Roberts, L. y Parson, A. (1998). *Principios Integrales de Zoología*. McGraw-Hill Interamericana. España, p. 311-320.
- Hunt, D.J., & Handoo, Z.A. (2009). *Taxonomy, identification and principal species*. In Perry, R., Moens, M., Starr, J. editors. *Root-knot nematodes*. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI. p: 55-97 p.
- IGN (2020). *Sistema de Proyección Cartográfica del Perú*. Instituto Geográfico Nacional /DGNCC/ Dirección de normalización. Disponible en [http://www.ign.gob.pe/?PG=Servicio cartografía](http://www.ign.gob.pe/?PG=Servicio+cartografía). Recuperado el 21/03/2020
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2019). *Sistematización de la experiencia de los subproyectos de café*. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú. 60 p. Recuperado de web: <https://www.pnia.gob.pe/wp-content/uploads/2019/10/estudio-de-cafe.pdf>
- INEI. (2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática. Producción Nacional. Informe técnico*. Lima, Perú. 61 p. Recuperado de web: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/produccionoct.pdf>
- Jara, J.C (2018). *Densidad poblacional e identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del café (Coffea arabica L.), en el sector de la Divisoria, Provincia de Padre Abad, Ucayali*. Tesis de Pregrado. Escuela Académico Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. 94 p.
- Jenkins, W. (1964). *A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil*. *Plant disease reporter*, v. 48, 692.
- Julca, A.; Bello, S.; Cruz, R.; Borjas, R.; y Gamboa, R. (2015). *Efecto de seis fungicidas sobre el crecimiento IN VITRO de Mycena citricolor (Berk & Curt)*. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. Universidad Nacional Agraria la Molina. 26. Vol. 2, N° 1. pp. 9-16.
- Julca, A.; Carhuallanqui, R.; Julca, N.; Bello, S.; Crespo, R.; Echevarría, C.; Borjas, R. (2010). *Efecto de la sombra y la fertilización sobre las principales plagas del café var. Catimor en Villa Rica. Pasco, Perú*. UNALM-FDA. Lima. 23 pp.
- Karssen, G. y Moens, M. (2006). *Root-knot nematodes*. In Perry, RN; Moens, M. eds. *Plant Nematology*. London, UK. CAB International; p: 59-88.



- Lezaum, J. (2016). *Nematodos Fitoparásitos: Una plaga mundial*. Reporte en CropLife Latin América. Recuperado de web:  
<https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>
- Liang, W.; Lou, Y.; Li, Q.; Zhong, S.; Zhang, X.; Wang, J. (2009). *Nematode faunal response to long-term application of nitrogen fertilizer and organic manure in Northeast China*. *Soil Biology and Biochemistry* 41(5):883-890.
- Lima, I. y Casa, V. H. (2016). *Nematología agrícola*. Especialización en Nematología agrícola y Prácticas de rutina para el diagnóstico
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (2005). *Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Edition. 871p.
- Mai, W. y Mullin, P. (1996). *Plant parasitic nematodes Apictorict key to genera*. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, 277 p.
- Mayta, M. (2017). *Caracterización Isoenzimática y Distribución del Nematodo del nódulo de la Raíz (Meloidogyne spp.) en el Cultivo de Café (Coffea Arábica L.) en San Juan del Oro Sandia*. Tesis de pregrado. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mcsorley, R., & Gallaher, R.N. (1994). *Effect of yard waste compost on plant-parasitic nematode densities in vegetable crops*. Supplement to the Journal of Nematology 27:545– 549.
- Medina, I., Coila, V.H.; Gomes, B.; Arione, P. y Nilceu, N. (2014). *Ocorrência de Meloidogyne ethiopica no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas*. Horticultura Brasileira; 32 p.
- MINAGRI (2020). *Café*. Boletín de publicación trimestral. Observatorio de Commodities. Lima, Perú. 20 p. Recuperado de web:  
[https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/Reporte\\_Obs\\_Commodities\\_Cafe.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/Reporte_Obs_Commodities_Cafe.pdf)
- MINAGRI, (2019). *Situación actual del café en el país*. Recuperado de web:  
<http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>.
- Moens, M.; Perry, R.N. & Starr, J.L (2009). *Meloidogyne species-a diverse group of novel and important plant parasites*. In: Perry, R.N., Moens, M. & Starr, J.L.(eds). Root-knot nematodes, CAB Internatinal, Wallingford, UK, pp. 1-17.
- Montiel, C.; Sosa, L.; Medrano, C. & Romero, D. (1997). *Nematodos fitoparásitos en plantaciones de plátano (Musa AAB) de la margen izquierda del río Chana*.



- Estado Zulia, Venezuela. Departamento Fitosanitario. Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia. Venezuela. pp. 245-251.
- Morales, J. (2001). *Poblaciones de nematodos fitoparasitos (Pratylenchus sp y Meloidogyne sp) en plantaciones mixtas de café y musáceas*. Tesis Ingeniero en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.
- Musdagı, S. y Gozel, U. (2015). *Determinación de especies de nematodos del quiste (Heterodera spp.) En áreas de cultivo de repollo de la provincia de Canakkale*. Boletín de entomología de Turquía, 5 (1), 11-20. DOI: 10.16969 / teb.31711
- Neira, Z. (2019). *Caracterización morfológica y molecular de nematodos fitoparásitos que afectan a Ananas comosus L. var Roja Trujillana en Poroto, La Libertad*. Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 62 p.
- Perry, R. N. y Moens, M. (2013). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn. 2da edición. 463 p.
- Perry, R. N. y Moens, M. (2006). *Plant Nematology*. CABI Pub. 463 p.
- Pérez, F.; Cruz, D.; Poma, E.; Cadena, F. (2017). *Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (Coffea arábica L.), Alto Lima-Caranavi*. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, vol.4, nº1, pág. 53-59, junio 2017. ISSN: 2518-6868.
- Piedra, N. R. (2008). *Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con Hongos y Bacterias*. Tecnología en marcha, Vol. 21-1,123-132.
- Programa Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2017). *Línea de base del sector café en el Perú*. Recuperado de [http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/environment\\_energy/linea-de-base-del-sector-cafe-en-el-peru.html](http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/environment_energy/linea-de-base-del-sector-cafe-en-el-peru.html)
- Quénéhervé, P., & Cadet, P. (1985). *Localisation des nematodes dans les rhizomes du bananier cv Poyo*. Revue de Nematologie 8: 3-8.
- Ramírez, O.C. (2001). *Distribución y frecuencia de ocurrencia de nematodos de café (Coffea arábica L.) en la provincia de Leoncio Prado*. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María. Tingo María, Perú. 87 p.
- Ramírez, F.; Cabezas H.; Melgarejo G.; Arévalo G. (2000). *Nematodos asociados al cafeto (Coffea arabica L.) en las principales zonas productoras de la Cuenca del Alto Huallaga*.



- Ruppert, E. E., y Barnes, R. D. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. 6ta. Edición. México, D.F., p. 208-304.
- Sánchez, L. (2018). *Principales Plagas del Café y su control. Componente de República Dominicana del Programa Centroamericano para la Gestión Integrada del Café (PROCAGICA-RD)*. 25 p. Recuperado de web:  
<http://procagicard.com/download/46/modulo-2-taller-de-manejo-de-plagas-y-agroforesteria/1116/2-1-principales-plagas-del-cafe-y-su-control.pdf>.
- Siles, PG. (2001). *Comportamiento fisiológico del café asociado con Eucalyptus deglupta, Terminalia iverensis y sin sombra*. Thesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 102 p.
- Schereck, R. C., Vieira, D. S. M. C., Marais, M., Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van Der Putten, W. M. y Abrantes, I. (2010). *First record of Helicotylenchus varicaudatus Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing Ammophila arenaria (L.). Link in Portuguese coastal sand dunes*. Phytopathology Mediterranean 49, 212 – 226.
- Sumerinde, Y. (2017). *Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (Meloidogyne spp.) en cultivo de café (Coffea Arábica L.) del distrito de San Pedro de Putina Punco*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Talavera, M. (2003). *Introducción al Análisis y al control nematológico para agricultores y técnicas de agrupaciones de defensa vegetal*. Manual de Nematología Agrícola. 23p.
- Talavera, M.; Salmeron, T.; Chiroso, M.; Fernández, Md. M., & Verdejo, S. (2014). *Nematodos Fitoparásitos En Cultivos Hortícolas*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. pp: 3-5.
- Taylor, A., & Sasser, J. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz*. Proyecto internacional de *Meloidogyne*. Estados Unidos: Artes gráficas de la Universidad de Carolina del Norte. 109 pp.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología agrícola aplicada*, 2.ed. rev. amp. Jaboticabal: Funep, 473 p.
- Timper, P.; Davis, R.; Jagdale, G.; Herbert, J. (2012). *Resiliency of a nematode community and suppressive service to tillage and nematicide application*. Applied Soil Ecology 59:48- 59.
- Urbina, J.Y. y Matus, G.M. (2009). *Evaluación del comportamiento poblacional de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en*



- el municipio de Masatepe, departamento de Masaya. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 74 p.*
- Van den Berg, E. and Marais, M (1995). *New species of Tylenchina Chitwood (Nemata) from the Amazonas Province, Brasil*. African Plant Protection 1: 25-39.
- Villain, L.; Sarah, J.L.; Hernandez, A.; Bertrand, B.; Anthony, F.; Lashermes, P.; Charmetant, P.; Anzueto, F., Carneiro R.M.D.G. (2013). *Diversity of root-knot nematodes parasitizing coffee in Central America*. Nematropica, 43 (2): p. 194-206. <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/82708>"
- Villadares. (2016). *Café*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/66975990/guia-tecnica-delcafe-en-Ecuador>
- Vovlas, N. (1992). *Taxonomy of Discocriconemella (Nematoda: Criconematoidea) with a Redescription of D. mauritiensis*. Journal of Nematology 24(3), pp. 391-398.

## ANEXOS

**Tabla 21.** Datos de cantidades de nematodos por sectores del distrito de San del oro y género de nematodo

Sector	Género de nematodo	Muestras	Parcela 1					Parcela 2					Parcela 3					Prom.			
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
<i>Meloidogyne.</i>	1	2	7	1	2	3	2.00	4	3	1	2	1	3.80	4	3	1	2	4	2	4	2.47
	2	1	5	0	0	2		8	4	6	7	1		3	5	0	1	1	1	1	
	3	0	2	3	1	1		5	3	5	5	2		2	6	3	1	1	1	1	
<i>Vida_libre</i>	1	21	20	16	17	12	14.47	27	18	2	15	10	14.40	19	4	1	4	3	8.20		
	2	12	10	17	8	9		15	19	8	11	20		17	12	3	9	10			
	3	24	8	19	13	11		24	20	12	7	8		16	8	6	5	6			
<i>Helicotylenchus</i>	1	8	4	1	3	0	2.80	4	1	4	7	0	3.27	8	13	3	1	0	3.87		
	2	3	0	2	1	3		11	4	0	4	3		6	7	1	4	3			
	3	6	2	3	4	2		5	1	2	2	1		5	4	0	1	2			
<i>Mesocriconema</i>	1	51	70	63	82	74	60.33	158	150	18	67	38	86.27	227	18	19	18	32	66.00		
	2	31	67	51	77	51		148	178	39	40	21		163	33	48	63	70			
	3	43	52	84	42	67		148	190	23	52	24		178	21	32	30	38			
<i>Discocriconema</i>	1	2	5	4	0	1	2.27	1	0	0	3	3	1.47	4	3	1	3	0	1.67		
	2	1	7	0	3	2		4	3	0	1	2		2	1	2	1	0			
	3	0	3	2	1	3		1	2	0	1	1		0	3	0	4	1			
<i>Meloidogyne..</i>	1	7	43	2	1	1	9.87	3	1	1	4	2	1.73	0	3	1	0	0	0.53		
	2	5	45	1	0	1		2	0	3	1	1		0	2	0	0	0			
	3	2	38	1	1	0		1	3	1	1	2		0	1	1	0	0			
<i>Vida_libre</i>	1	15	43	24	52	10	29.40	19	20	9	30	17	20.27	17	17	16	10	12	14.20		
	2	20	38	21	50	9		18	23	17	30	18		19	19	16	9	9			
	3	23	43	22	55	16		22	19	12	31	19		15	15	14	12	13			
<i>Helicotylenchus</i>	1	2	3	1	0	39	7.27	3	1	5	23	3	7.20	0	0	2	1	0	0.93		
	2	1	5	0	0	28		1	2	1	27	1		1	0	1	0	3			
	3	0	7	0	0	23		1	0	3	36	1		0	0	5	0	1			
<i>Mesocriconema</i>	1	6	2	0	0	1	1.53	0	1	1	8	4	4.93	12	4	3	1	3	4.40		
	2	3	4	0	1	2		0	4	2	12	9		7	5	6	2	4			
	3	1	1	0	1	1		0	5	3	15	10		5	5	2	1	6			
<i>Discocriconema</i>	1	3	0	2	5	2	1.60	1	3	0	0	2	1.00	1	2	4	1	2	1.33		
	2	1	0	1	4	1		0	2	0	2	1		1	2	0	1	1			
	3	0	0	1	2	2		0	1	0	0	3		0	1	2	0	2			

Sector	Género de nematodo	Parcela 1					Parcela 2					Parcela 3					Prom.			
		Muestras	1	2	3	4	5	Prom.	1	2	3	4	5	Prom.	1	2		3	4	5
Alto Santa Rosa	<i>Meloidogyne..</i>	1	3	0	0	1	2	0.67	0	3	2	1	1	1.33	2	2	3	1	2	1.73
		2	1	0	0	2	0		0	1	4	1	2		1	2	4	0	1	
		3	0	0	0	0	1		0	2	1	0	2		2	3	3	0	0	
Alto Santa Rosa	<i>Vida_libre</i>	1	9	10	8	10	8	9.60	7	2	6	12	13	8.00	9	13	57	35	8	20.47
		2	5	14	10	11	7		11	2	2	18	11		9	16	33	26	7	
		3	12	6	11	7	16		9	5	4	7	11		4	14	43	27	6	
Alto Santa Rosa	<i>Helicotylenchus</i>	1	4	0	1	1	2	1.80	2	0	0	4	1	1.67	2	7	31	18	1	7.87
		2	2	4	0	2	3		5	0	0	4	0		3	4	12	6	0	
		3	0	4	0	0	4		3	0	0	2	4		1	2	26	4	1	
Alto Santa Rosa	<i>Mesocriconema</i>	1	2	1	6	14	2	6.33	6	13	43	60	2	28.80	6	5	10	7	33	13.73
		2	3	4	10	10	3		10	18	73	59	9		6	5	9	9	56	
		3	10	6	4	12	8		11	11	66	45	6		2	4	5	9	40	
Alto Santa Rosa	<i>Discocriconema</i>	1	1	3	2	3	1	1.53	0	4	2	1	5	1.93	2	1	3	1	0	1.80
		2	1	1	2	2	1		0	3	0	4	3		0	0	4	2	2	
		3	2	0	3	1	0		0	2	1	3	1		4	1	3	3	1	
Alto Santa Rosa	<i>Meloidogyne..</i>	1	2	0	1	24	22	7.87	16	24	19	11	9	14.33	14	16	7	20	15	15.53
		2	1	0	1	20	16		14	12	16	7	13		20	24	16	14	8	
		3	0	0	2	14	15		11	16	20	15	12		22	15	13	19	10	
Alto Santa Rosa	<i>Vida_libre</i>	1	16	6	16	11	13	12.67	15	18	27	14	11	17.73	30	12	15	22	15	18.80
		2	18	15	14	9	21		8	14	21	20	17		21	24	11	16	24	
		3	10	6	15	9	11		10	16	30	26	19		27	16	7	18	24	
Alto Santa Rosa	<i>Helicotylenchus</i>	1	0	0	0	1	4	1.13	1	0	4	5	2	1.60	0	3	6	3	1	1.47
		2	1	0	0	4	2		0	0	1	2	1		0	2	0	1	4	
		3	3	0	0	2	0		3	0	2	3	0		0	0	2	0	0	
Alto Santa Rosa	<i>Mesocriconema</i>	1	38	46	32	6	64	43.93	52	83	70	38	91	60.87	110	227	148	163	132	154.47
		2	47	55	55	14	22		46	64	55	46	73		93	184	171	227	170	
		3	34	116	71	14	45		47	71	59	39	79		81	178	158	154	121	
Alto Santa Rosa	<i>Discocriconema</i>	1	1	3	2	0	3	1.87	2	1	1	3	1	1.40	4	2	0	1	2	1.27
		2	1	2	1	0	4		2	0	1	2	2		1	1	0	2	0	
		3	0	4	3	1	3		1	1	0	1	3		3	0	0	2	1	

Sector	Género de nematodo	Parcela 1					Parcela 2					Parcela 3					Prom.			
		Muestras	1	2	3	4	5	Prom.	1	2	3	4	5	Prom.	1	2		3	4	5
Pajchani	<i>Meloidogyne..</i>	1	0	2	1	9	5	3.47	8	2	3	0	4	2.93	2	15	12	8	3	7.20
		2	1	2	2	7	6		5	0	5	0	3		1	10	9	8	3	
		3	3	1	4	4	5		4	1	5	1	3		1	8	15	7	6	
	<i>Nª_Vida_libre</i>	1	22	15	27	20	15	18.00	6	21	24	18	15	16.40	22	18	15	11	23	20.00
		2	16	10	23	26	11		15	27	15	16	9		26	19	14	18	27	
		3	20	8	21	14	22		8	30	16	14	12		35	24	16	11	21	
	<i>Helicotylenchus</i>	1	0	2	0	2	1	1.80	3	1	2	0	6	1.93	3	1	4	3	0	1.73
		2	0	5	1	0	3		2	4	1	0	2		1	4	1	1	1	
		3	0	3	1	4	5		1	3	0	0	4		2	0	2	0	3	
	<i>Mesocriconema</i>	1	21	19	41	17	12	23.87	34	22	30	57	34	35.33	65	82	57	39	40	61.80
2		18	26	39	29	15		28	18	27	41	56		80	71	64	45	56		
3		17	25	28	34	17		47	26	21	49	40		74	76	78	67	33		
<i>Discocriconema</i>	1	6	5	2	9	0	4.53	1	4	8	2	4	4.07	9	4	3	7	8	5.93	
	2	4	3	3	5	2		2	1	7	6	2		2	5	4	5	5		
	3	8	2	6	7	6		3	3	5	7	6		7	10	8	3	9		
<i>Meloidogyne..</i>	1	3	0	1	1	2	1.53	0	1	2	1	0	1.00	2	2	3	1	2	2.27	
	2	2	1	1	2	1		0	0	4	1	2		3	0	4	2	1		
	3	1	1	4	2	1		0	2	0	0	2		2	3	6	3	0		
<i>Nª_Vida_libre</i>	1	10	16	8	10	16	11.33	7	2	8	21	16	9.53	6	13	42	27	9	20.60	
	2	11	14	10	8	10		11	6	6	18	11		6	16	33	35	17		
	3	12	6	16	7	16		9	5	4	12	7		4	14	38	24	25		
<i>Helicotylenchus</i>	1	4	0	3	1	0	1.80	1	4	1	3	0	1.40	2	3	1	3	1	2.60	
	2	1	1	2	4	1		2	3	1	1	0		5	1	4	3	2		
	3	3	2	1	3	1		1	2	0	2	0		3	0	2	5	4		
<i>Mesocriconema</i>	1	21	45	24	12	49	29.53	84	33	18	35	47	32.07	2	6	13	43	47	27.00	
	2	17	35	48	20	16		31	19	17	12	31		3	10	18	73	59		
	3	15	20	62	25	34		48	35	15	17	39		8	11	11	66	35		
<i>Discocriconema</i>	1	0	1	0	2	4	1.47	0	2	7	4	2	2.40	0	3	2	3	2	1.80	
	2	0	5	0	1	2		1	2	5	3	1		0	3	3	0	1		
	3	1	3	0	1	2		2	1	6	0	0		2	1	4	1	2		

Sector	Género de nematodo	Parcela 1					Prom.	Parcela 2					Prom.	Parcela 3					Prom.
		Muestras	1	2	3	4		5	1	2	3	4		5	1	2	3	4	
<i>Meloidogyne</i>	1	0	4	7	0	1	3.33	4	1	4	1	2	2.40	2	0	2	4	5	1.93
	2	2	5	2	3	0		0	2	3	2	6		0	1	1	0	4	
	3	4	9	8	4	1		1	1	2	3	4		3	1	1	2	3	
<i>Vida_libre</i>	1	21	23	15	22	8	17.47	13	25	15	6	21	18.07	21	18	28	14	34	20.80
	2	12	17	21	20	14		11	36	11	18	23		15	16	27	16	22	
	3	14	11	19	26	19		11	21	22	8	30		16	14	26	19	26	
<i>Helicotylenchus</i>	1	5	0	1	0	0	1.87	4	1	3	5	0	2.60	8	5	3	0	0	2.87
	2	3	0	0	1	1		5	4	0	4	3		9	4	0	0	0	
	3	6	2	3	4	2		5	1	1	2	1		5	7	2	0	0	
<i>Mesocriconema</i>	1	124	150	18	67	38	78.40	78	18	19	18	68	58.80	101	159	63	47	32	73.80
	2	148	138	39	40	21		163	47	50	63	83		87	74	38	95	50	
	3	135	149	68	17	24		95	21	32	30	97		68	92	56	78	67	
<i>Discocriconema</i>	1	1	4	3	0	1	1.60	1	0	0	0	2	1.13	0	0	1	3	0	1.40
	2	1	3	0	1	2		4	3	0	0	3		2	1	2	1	1	
	3	0	4	2	1	1		1	2	0	0	1		4	3	0	2	1	
<i>Meloidogyne</i>	1	6	2	0	1	7	4.47	3	8	7	2	3	4.67	8	14	10	8	8	9.60
	2	2	8	6	3	5		2	5	6	8	2		9	7	9	9	11	
	3	4	7	4	8	4		6	4	4	6	4		11	8	7	16	9	
<i>Vida_libre</i>	1	14	23	14	11	26	19.73	12	15	12	15	31	18.53	14	23	21	30	19	22.00
	2	14	21	20	19	21		24	11	16	19	26		29	28	20	23	19	
	3	16	30	21	19	27		16	11	18	24	28		30	17	14	17	26	
<i>Helicotylenchus</i>	1	0	0	0	1	2	0.73	1	0	4	0	2	1.27	0	0	4	2	1	0.93
	2	1	0	1	1	2		1	0	0	2	1		0	2	0	1	1	
	3	1	0	0	2	0		3	0	2	3	0		1	0	2	0	0	
<i>Mesocriconema</i>	1	60	25	26	29	26	38.20	28	12	9	57	38	25.87	24	41	83	70	38	52.93
	2	38	68	45	37	35		17	14	17	41	33		45	68	64	55	46	
	3	41	34	17	45	47		19	11	20	45	27		34	57	71	59	39	
<i>Discocriconema</i>	1	0	0	2	0	3	1.40	1	1	1	0	1	0.87	2	2	0	1	2	1.33
	2	1	2	1	0	1		2	0	0	2	2		1	1	1	2	0	
	3	0	4	3	1	3		1	1	0	1	0		3	1	0	3	1	

**Tabla 22.** Promedios de cantidades de nematodos evaluados por sector y género de nematodo

Sector (S)	Género de nematodo (N)	B1	B2	B3	Total	Prom.	Prom. S	Prom. N
S1=Challohu ma	N1= <i>Meloidogyne</i>	2.00	3.80	2.47	8.27	2.76		
	N2=Nª_Vida_libre	14.47	14.40	8.20	37.07	12.36		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	2.80	3.27	3.87	9.93	3.31	18.22	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	60.33	86.27	66.00	212.60	70.87		4.44
	N5= <i>Discocriconema</i>	2.27	1.47	1.67	5.40	1.80		
S2=Carmen Pabloamba	N1= <i>Meloidogyne</i>	9.87	1.73	0.53	12.13	4.04		
	N2=Nª_Vida_libre	29.40	20.27	14.20	63.87	21.29		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	7.27	7.20	0.93	15.40	5.13	7.08	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	1.53	4.93	4.40	10.87	3.62		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.60	1.00	1.33	3.93	1.31		
S3=Alto Santa Rosa	N1= <i>Meloidogyne</i>	0.67	1.33	1.73	3.73	1.24		
	N2=Nª_Vida_libre	9.60	8.00	20.47	38.07	12.69		16.69
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	1.80	1.67	7.87	11.33	3.78	7.15	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	6.33	28.80	13.73	48.87	16.29		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.53	1.93	1.80	5.27	1.76		
S4=Belén	N1= <i>Meloidogyne</i>	7.87	14.33	15.53	37.73	12.58		
	N2=Nª_Vida_libre	12.67	17.73	18.80	49.20	16.40		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	1.13	1.60	1.47	4.20	1.40	23.66	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	43.93	60.87	154.47	259.27	86.42		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.87	1.40	1.27	4.53	1.51		2.60
S5=Paychani	N1= <i>Meloidogyne</i>	3.47	2.93	7.20	13.60	4.53		
	N2=Nª_Vida_libre	18.00	16.40	20.00	54.40	18.13		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	1.80	1.93	1.73	5.47	1.82	13.93	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	23.87	35.33	61.80	121.00	40.33		
	N5= <i>Discocriconema</i>	4.53	4.07	5.93	14.53	4.84		44.55

Sector (S)	Género de nematodo (N)	B1	B2	B3	Total	Prom.	Prom. S	Prom. N
S6=Botijani	N1= <i>Meloidogyne</i>	1.53	1.00	2.27	4.80	1.60		
	N2=Nª_Vida_libre	11.33	9.53	20.60	41.47	13.82		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	1.80	1.40	2.60	5.80	1.93	9.76	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	29.53	32.07	27.00	88.60	29.53		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.47	2.40	1.80	5.67	1.89		
S7=Nueva Esperanza	N1= <i>Meloidogyne</i>	3.33	2.40	1.93	7.67	2.56		
	N2=Nª_Vida_libre	17.47	18.07	20.80	56.33	18.78		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	1.87	2.60	2.87	7.33	2.44	19.10	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	78.40	58.80	73.80	211.00	70.33		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.60	1.13	1.40	4.13	1.38		
S8=Yurajmayo	N1= <i>Meloidogyne</i>	4.47	4.67	9.60	18.73	6.24		1.96
	N2=Nª_Vida_libre	19.73	18.53	22.00	60.27	20.09		
	N3= <i>Helicotylenchus</i>	0.73	1.27	0.93	2.93	0.98	13.50	
	N4= <i>Mesocriconema</i>	38.20	25.87	52.93	117.00	39.00		
	N5= <i>Discocriconema</i>	1.40	0.87	1.33	3.60	1.20		

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 24.** Muestras de suelo y de raíces del cultivo de café de sectores del distrito de San Juan del Oro



**Figura 25.** Proceso de lavado del suelo para la extracción de juveniles de nematodos.



**Figura 26.** Vasos con muestras de suelo de los sectores del distrito de San Juan del Oro



**Figura 27.** Vertido de caolín en las muestras de suelo en vasos



**Figura 28.** Tubos de centrifuga con muestras de suelo



**Figura 29.** Centrifugadora para el proceso de centrifugación de las muestras



**Figura 30.** Vasos con muestras de nematodos para su identificación.



**Figura 31.** Identificación de género de nematodos y vista de daños ocasionados por nematodos en raíces.