

DIAGNÓSTICO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN CUATRO LOCALIDADES DEL MUNICIPIO DE CARANAVI

Diagnosis of phytoparasite nematodes of coffee cultivation (*Coffea arabica* L.) in four localities of the municipality of Caranavi

Mamani Villanueva, Jose Luis¹

Abstract

The infestation of coffee plants with phytoparasite nematodes decreases coffee production affecting the economic income of coffee families in this sense the research was proposed with the aim of diagnosing the population fluctuation of phytoparasite nematodes in coffee plantations in production in four localities of the municipality of Caranavi, where the combined sieving and centrifugation in sugar proposed by the PROINPA foundation, where according to the Zeck scale the cantons of San Lorenzo and Calama obtained infestations of levels 4, 5 and 6 the highest with respect to the cantons of Carrasco la Reserva and Taipiplaya where there were levels of 1, 2, 3, 4 and 5 of lower infestation, the nematode genera identified and quantified in samples of 25 g of root were: *Meloidogyne* spp., 6063 nematodes, *Pratylenchus* spp. 392, *Helicotylenchus* spp., 147, *Tylenchulus* spp., 40, *Xiphinema* spp., 19, free-living 17, *Psilenchus* spp., 16, *Tylenchus* spp., 11, *Criconemella* spp., 3 nematodes, in samples of 200 cc of soil were identified and quantified *Tylenchulus* spp., with 150 nematodes followed by *Tylenchus* spp., with 122, *Xiphinema* spp., with 114, *Meloidogyne* spp., with 109, *Helicotylenchus* spp., 59, *Pratylenchus* spp., with 40, *Criconemella* spp., with 26, *Discocriconemella* spp., with 24, *Psilenchus* spp., with 16, of free life with 5 nematodes, *Ditylenchus* spp., with 3, *Leptonchus* spp., with 3 nematodes. In the relationship of nematodes in soil and soil texture the clay textures, clay loam, had greater populations of nematodes, in the relationship of nematodes in soil and soil pH in the four localities presented pH ranges 3, 4, 5 and 6 in which the pH ranges 4 and 5 presented a greater population of nematodes, in the relationship population of nematodes in soil and type of zone, the upper zone presented greater diversity and population of nematodes, in the relationship population of nematodes in root and type of zone, the upper zone presented greater population of nematodes where the genus *Meloidogyne* spp. was predominant in both areas with a population of 3887 nematodes in the upper zone and 2176 nematodes in the lower zone, followed by the genera with the lowest population of 271 nematodes, *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Xiphinema* spp., *Psilenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Criconemella* spp., and free-living nematodes.

Keywords: Infestation, predominant, phytoparasites

Resumen

La infestación de plantas de café con nematodos fitoparásitos disminuye la producción de café afectando a los ingresos económicos de familias cafetaleras en tal sentido se planteó la investigación con el objetivo de diagnosticar la fluctuación poblacional de nematodos fitoparásitos en cafetales en producción en cuatro localidades del municipio de Caranavi, Donde se empleó el combinado de tamizado y centrifugación en azúcar propuesto por la fundación PROINPA, donde según la escala de Zeck los cantones San Lorenzo y Calama obtuvieron infestaciones de niveles 4, 5 y 6 los más altos respecto a los cantones de Carrasco la Reserva y Taipiplaya donde se tuvo niveles de 1, 2, 3, 4 y 5 de menor infestación, los géneros de nematodos identificados y cuantificados en muestras de 25 g de raíz fueron: *Meloidogyne* spp., 6063 nematodos, *Pratylenchus* spp. 392, *Helicotylenchus* spp., 147, *Tylenchulus* spp., 40, *Xiphinema* spp., 19, de vida libre 17, *Psilenchus* spp., 16, *Tylenchus* spp., 11, *Criconemella* spp., 3 nematodos, en muestras de 200 cc de suelo se identificaron y cuantificaron a

Tylenchulus spp., con 150 nematodos seguido de *Tylenchus* spp., con 122, *Xiphinema* spp., con 114, *Meloidogyne* spp., con 109, *Helicotylenchus* spp., 59, *Pratylenchus* spp., con 40, *Criconebella* spp., con 26, *Discocriconebella* spp., con 24, *Psilenchus* spp., con 16, de vida libre con 5 nematodos, *Ditylenchus* spp., con 3, *Leptonchus* spp., con 3 nematodos. En la relación de nematodos en suelo y textura de suelos las texturas arcillosas, franco arcilloso, tuvieron mayores poblaciones de nematodos, en la relación de nematodos en suelo y pH de suelo en las cuatro localidades presentaron rangos de pH 3, 4, 5 y 6 en los cuales los rangos de pH 4 y 5 presentaron mayor población de nematodos, en la relación población de nematodos en suelo y tipo de zona, la zona alta presentó mayor diversidad y población de nematodos, en la relación población de nematodos en raíz y tipo de zona, la zona alta presentó mayor población de nematodos donde el género *Meloidogyne* spp. fue predominante en ambas zonas con una población de 3887 nematodos en la zona alta y 2176 nematodos en la zona baja, seguidos de los géneros con menor población a 271 nematodos, *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Xiphinema* spp., *Psilenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Criconebella* spp. y nematodos de vida libre.

Palabras clave: Infestación, predominante, fitoparásitos.

1. Introducción

El café es el segundo producto de mayor valor en el comercio mundial después del petróleo, esta industria del café mueve en la actualidad cerca de setenta millones de dólares al año, cifra superada únicamente por el petróleo en lo que se refiere a exportaciones a escala mundial, el café es fuente de ingreso económico de países en desarrollo, en lo cual ciento veinte y cinco millones de personas viven del cultivo y veinte y cinco millones de pequeños productores de café, que provee empleos a millones de personas alrededor del mundo en la cadena de valor del café producción, procesamiento, comercio, transportación y mercadeo. Organización Internacional del café (OIC, 2020).

En Bolivia los volúmenes de exportación muestran que el año 2011 se obtuvo un promedio de 26.264 toneladas respecto a 8.584 toneladas en el año 2019 datos que muestra una caída en la producción de 67%, esto debido a diversos factores internos y externos en la agricultura nacional. Sin embargo, con la implementación del programa Nacional del café con trabajos de innovación tecnológica el objetivo es incrementar en la producción del café. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF, 2020).

El municipio de Caranavi tiene una superficie cultivada de 13.380,9 Ha de café con una producción de 179.956.1 quintales según censo agropecuario 2013. Instituto Nacional de Estadística (INE, 2017).

A nivel mundial los nematodos fitoparásitos constituyen uno de los principales problemas que afectan la producción de café. Los géneros más importantes son *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. debido a que dañan el sistema radicular de las plantas, permitiendo condiciones para el ataque de enfermedades radiculares; condición que disminuye los rendimientos de parcelas y reduce la vida productiva de las plantaciones de café. Asociación Nacional del Café (ANACAFE, 2018).

En Bolivia no se dispone de información precisa sobre el porcentaje de las plantaciones de café que están infectadas por nematodos. Sin embargo, la atrofia del sistema radicular causado por el ataque de nematodos los tejidos se infectan y el suelo se infesta con estos fitoparásitos, haciendo que las plantas pierdan su anclaje y se volteen, este fitoparásito puede reducir la productividad en un 40% y su efecto es más evidente en plantaciones a plena exposición solar (Ugalde, 1996).

El municipio de Caranavi, es una de las regiones fuertemente afectadas por la infestación de los nematodos en las plantaciones de café, en particular sus

principales cantones productores como; Calama, San Lorenzo, Carrasco la Reserva y Taipiplaya siendo las localidades con mayor potencial para el desarrollo de la caficultura de altura, sin embargo, el problema es latente en la zona.

2. Materiales y métodos

Se empleó la técnica de muestreo dirigido en cafetales en producción donde se colectó muestras de raíz de las plantas con aparente sintomatología, empleando un flexómetro para medir la distancia de 20 cm alrededor de la planta y 15 cm de profundidad, y con una pala y el rastrillo de jardinería se tomaron las muestras de raíces y se las depositó en la bolsa zipper, a cada muestra se asignó un código de identificación y preparó con la ficha técnica para su diagnóstico en laboratorio. Para el transporte de la muestra de campo a laboratorio se utilizó una caja conservadora.

El muestreo de suelo para diagnóstico de nematodos se realizó empleando la técnica de muestreo dirigido, para lo cual la muestra se tomó a 20 cm del contorno de la planta y 15 cm de profundidad un kg de suelo, luego se depositó en la bolsa zipper para proceder a codificar y llenar la ficha técnica. Para el transporte de la muestra de campo a laboratorio se utilizó una caja conservadora.

La extracción de nematodos de raíces se lo realizó en el Laboratorio de INIAF Macro región altiplano La Paz, basados en Método de la licuadora, propuesto por la fundación (PROINPA, 2007).

Procedimiento en laboratorio para muestras de 25 g de raíz.

- a) La muestra de raíz primeramente se lavó dos veces esto para desprender de los terrones que tenían adheridas
- b) luego se procedió a secar las raíces a temperatura ambiente para después en una bandeja cortar las raíces a una longitud de 1cm

- c) una vez cortadas la muestra se procedió a homogenizar y pesar en una balanza digital 25 g
- d) Ya una vez pesado se procedió al licuado para ello se utilizó una licuadora y 500ml de agua a ello se agregó 0.004 g de detergente para romper la tensión superficial, Se la licuo en dos tiempos que son la primera a marcha lenta por 15s y a marcha rápida 15 s
- e) Luego de haber obtenido el licuado se pasó por el tamizado para ello se utilizó dos tamices uno de 400 mesh y otro de 200 mesh el proceso que pasa es lavar con agua de grifo y una Piceta primero se pasó la muestra por el tamiz de 200 mesh, donde se retiene restos de la materia vegetal de raíz pasando al tamiz de 400 mesh solamente los nematodos y algunas partículas vegetales.
- f) El siguiente paso que se realizó fue vaciar la muestra del tamiz a los vasos de precipitado, luego fueron vaciadas en los tubos de centrifugación, los cuales se pesaron en una balanza digital donde se agregó agua hasta igualar a un solo peso.
- g) Las muestras antes de ser introducidas se las agitó y se programó la centrifugadora a 3 minutos y 3000 rpm con esta primera centrifugación, se dejó que la materia orgánica y los nematodos precipiten y este concentrado en la parte baja.
- h) Luego se extrajo las muestras y se desechó el agua que está en la parte superficial con este primer procedimiento logramos que los nematodos precipiten a la inferior de los tubos.
- i) Para el siguiente procedimiento se preparó una solución azucarada (sacarosa al 50%), se pesó y de igual manera se homogenizo aun solo peso esta vez utilizando sacarosa.
- j) Luego se procedió a agitar las muestras e introducir a la centrifugadora por un tiempo de 3 minutos a 3000 r.p.m

- k) Lo que obtuvimos en este segundo proceso de centrifugación fue que la materia vegetal precipite a la parte inferior del tubo y los nematodos salgan a flote.
- l) Una vez extraída la muestra de la centrifugadora cada muestra se las paso por el tamiz de 400 mesh, lavando con la Piceta se procedió a la extracción de nematodos vaciando en una placa Petri, las cuales se codificaron, observaron y dieron lectura en el Estereoscopio y Microscopio.

Procedimiento en muestra de 200 cc de suelo.

- a) Se tomó 200 cc de la muestra de suelo y en un balde de 5l se añadió agua de grifo, se agitó bien con una espátula, para desmenuzar el suelo y para que este se suspenda en el agua, para facilitar la separación de los nematodos de partículas de suelo.
- b) Se dejó reposar por 30 segundos a fin de que las partículas más grandes (pesadas) de suelo sedimenten en la parte inferior del balde.
- c) Se paso la muestra a través del primer tamiz de 200 mesh, donde quedaron los restos rastrojos terrones y materia orgánica, colocado sobre un segundo tamiz de 400 mesh donde quedan atrapados los nematodos. (Este paso se repitió dos veces vaciando la muestra en un vaso precipitado para la segunda repetición).
- d) Se pasó la muestra a través del tamiz de 400 mesh, con una corriente suave de agua utilizando la Piceta se concentró el suelo y los nematodos en un extremo del tamiz, y se vació en un vaso de precipitado.
- e) Se vació las muestras en los tubos de centrifugación y en una balanza digital se igualo a un solo peso agregando agua.
- f) Una vez vaciada la muestra en los tubos de centrifugación se igualo con

agua hasta llenar el tubo a un solo peso, se agito la suspensión y se procedió a introducir los 6 tubos de manera intercalada

- g) Se programó la centrifugadora a 3 000 r.p.m. y tres minutos el tiempo, Los nematodos con el suelo quedan en el fondo del tubo, se eliminó el agua y la materia orgánica que queda suspendida en la porción superior del tubo.
- h) En el mismo tubo que contiene el suelo más los nematodos, se añadió la solución de azúcar al 50%, hasta igualar a un solo peso todos los tubos, se agito fuertemente para suspender el suelo más los nematodos.
- i) Una vez lleno el tubo con la solución de azúcar se procedió a la inserción en la centrifugadora y centrifugo por 3 minutos a 3000 r.p.m, las partículas de suelo quedan en el fondo y los nematodos flotan en la solución de azúcar.
- j) Una vez extraído los tubos de la centrifugadora se pasó por el tamiz de 400 mesh con una Piceta con agua, concentro a un costado y con un último lavado se extrae en una placa Petri a la cual se le asigno su código que correspondiente, para luego pasar a ser observada en el Estereoscopio y Microscopio.

Después de haber procesado y obtenido las muestras procedió la cuantificación de los nematodos fitoparásitos presentes en raíz y suelo para ello se vació la muestra en una placa Petri marcadas con marcador indeleble en 16 centímetros cuadrados de los cuales tres cuadrantes al azar fueron seleccionados para la lectura, luego fue montada al microscopio, para su observación y cuantificación utilizando las claves taxonómicas de nematología; Manual de Nematodos Fitoparásitos, Clave para determinar géneros de nematodos del suelo de la república argentina Manual de Identificación de Especies Cuarentenarias

3. Resultados y discusión

Nivel de infestación de cafetales en producción según la escala de nodulación zeck de cuatro localidades

Los resultados obtenidos del nivel de infestación mediante la escala de nodulación de zeck muestran que en los cantones San Lorenzo y Calama el nivel de infestación en raíz fue mayor a los cantones Carrasco la Reserva y Taipiplaya con rangos que comprenden desde 4=Numerosos nódulos pequeños o algunos grandes, la gran mayoría de raíces funcionales, 5 =25% del sistema radicular seriamente

nodulados y no funcional y 6 = 50% del sistema radicular seriamente nodulados y no funcional.

En los cantones Carrasco la reserva y Taipiplaya el nivel de infestación en raíz fue menor y variable encontrándose desde los niveles 1= Muy pocos nódulos pequeños pueden detectarse, 2= Nódulos pequeños como en 1, en mayor número y fáciles de detectar, 3= Numerosos nódulos pequeños, algunos crecimientos juntos, no afectara seriamente a la fusión de las raíces, 4= Numerosos nódulos pequeños o algunos grandes, la gran mayoría de raíces funcionales y 5 =25% del sistema radicular seriamente nodulados y no funcional

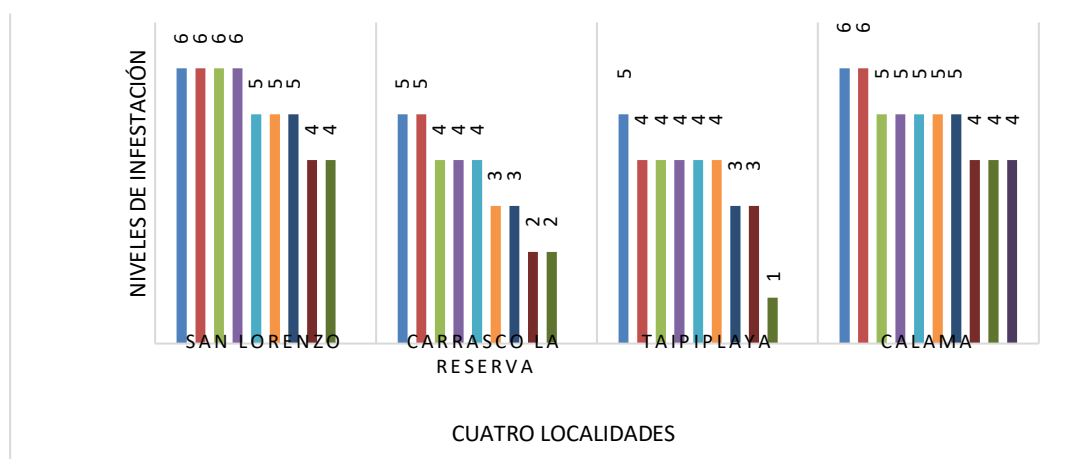


Figura 1. Nivel de infestación de cafetales en producción según escala de nodulación zeck de cuatro localidades del municipio de Caranavi

Mayta (2017) menciona, que existen sectores que tienen una mayor incidencia de infestación tales resultados podrían estar relacionados con el nivel de manejo y protección que hace cada agricultor o por la clase textural de cada sector ya que en los sectores donde hubo mayor incidencia de *Meloidogyne*.

Jara (2018), sobre los grados de lesiones y agallas en el tejido radicular del café en diferentes parcelas evaluadas, determinó que la presencia de agallas se encuentra en un grado de 1 a 3 y para el caso de las lesiones en raíces, en un grado de 3 a 4. Resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.

Gómez (2019) indica, que los valores más altos para el índice de severidad se evidencian en los tres pisos altitudinales del cantón Olmedo (62,8; 57,8 y 66,4 % de área radicular afectada), mientras que, en los demás pisos, se observan valores inferiores sin diferencias estadísticas entre ellos, resultados que atribuye principalmente a las condiciones climáticas tropicales del lugar.

Identificación de diferentes géneros de nematodo en muestras de 200 cc de suelo en cuatro localidades del municipio de Caranavi

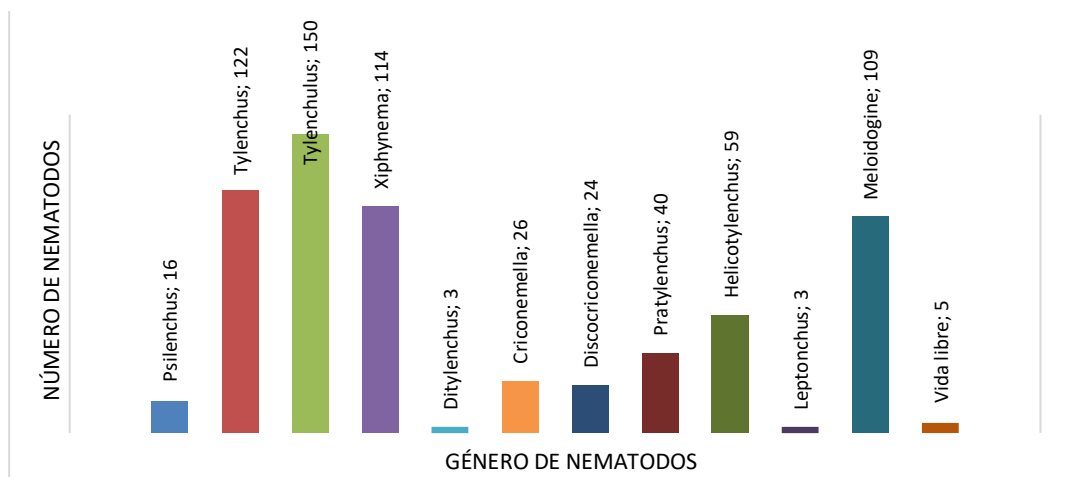


Figura 2.

Numero de nematodos por genero identificados en muestras de 200 cc de suelo de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En la identificación de nematodos presentes en 200 cc de suelos recolectados en los cuatro cantones productores de café del municipio de Caranavi se identificaron 11 géneros de nematodos fitoparásitos correspondientes a *Tylenchulus* spp., con 150 nematodos, seguido de *Tylenchus* spp., con 122 nematodos, *Xiphinema* spp., con 114 nematodos, *Meloidogyne* spp., con 109 nematodos *Helicotylenchus* spp., con 59 nematodos, *Pratylenchus* spp., con 40 nematodos, *Criconemella* spp., con 26 nematodos, *Discocriconemella* spp., con 24 nematodos *Psilenchus* spp., con 16 nematodos, *Psilenchus* spp., con 9 nematodos., y nematodos de vida libre, donde el género *Tylenchulus* spp. fue predominante.

Del mismo modo Miranda *et al.* (2021), en muestras de suelo observaron 6 géneros de nematodos fitoparásitos a *Meloidogyne* spp.,

Pratylenchus spp., *Haplolaimus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Dorilaimus* spp., y *Tylenchulus* spp., También hacen mención que los fitoparásitos más abundantes dentro de la parcela que fueron *Meloidogyne* y *Pratylenchus* spp., los más dañinos para el cultivo del café. Resultados que concuerdan con lo identificado en la presente investigación.

Garambel *et al.* (2022) en muestras de suelo identificó 8 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Mesocriconema* spp., *Dorylaimus* spp., *Tylenchus* spp., *Hemicycliophora* spp. resultados que se asemejan con lo identificado en la presente investigación.

Identificación de nematodos en muestras en 25 g de raíz en cuatro localidades

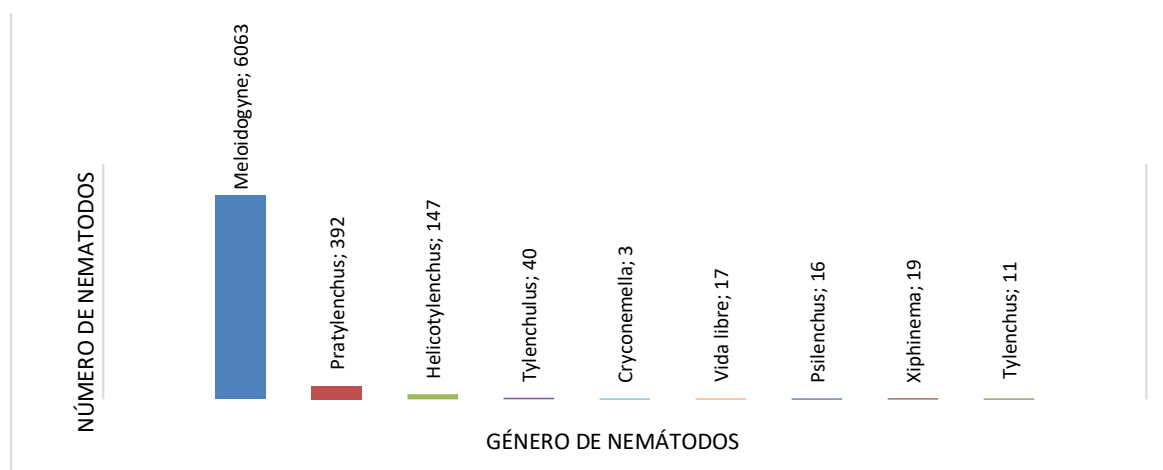


Figura 3. Número de nematodos por genero identificados en muestras de 25 g de raíz de cafetales en producción de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En las raíces de café colectadas de los cuatro cantones del municipio de Caranavi, en muestras de 25 g de raíz procesadas se identificaron 8 géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre: *Meloidogyne* spp., con 6063 nematodos *Pratylenchus* spp., con 392 nematodos, *Helicotylenchus* spp., con 147 nematodos, *Tylenchulus* spp., con 40 nematodos, *Xiphinema* spp., con 19 nematodos, de vida libre con 17 nematodos, *Psilenchus* spp., con 16 nematodos, y *Tylenchus* spp., con 11 nematodos, el género predominante en muestras de raíz fue *Meloidogyne* spp.

Al respecto Pérez (2017) en muestras de 25 g de raíz identifico la presencia de los géneros: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Cryconemella* spp., y nematodos de vida libre, resultados que concuerdan con lo identificado en el presente trabajo de investigación.

Del mismo modo Jara (2018) en parcelas de café Identificó 6 géneros de nematodos fitoparásitos; *Pratylenchus* spp.,

Helicotylenchus spp., *Longidorus* spp., *Meloidogyne* spp., *Radopholus* spp., y *Criconemoides* spp., Coincidiendo con 4 de 6 géneros identificados en el presente estudio.

Cantos (2020) en muestras de 10 g de raíz identifico la presencia de los géneros *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., y *Helicotylenchus* spp., nematodos que son los más frecuentes en raíces de la planta de café.

Marca (2021) identifico 9 géneros de nematodos fitoparásitos; *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Mesocriconema* spp., *Dorylaimus* spp., *Tylenchus* spp., *Hemicycliophora* spp., *Mononchus* spp., y nematodos de vida libre. Resultados que concuerdan con 6 géneros identificados en el presente estudio.

Cuantificación de géneros de nematodo identificados en muestras de 200 cc de suelo de cafetales en producción de cuatro localidades del municipio de Caranavi

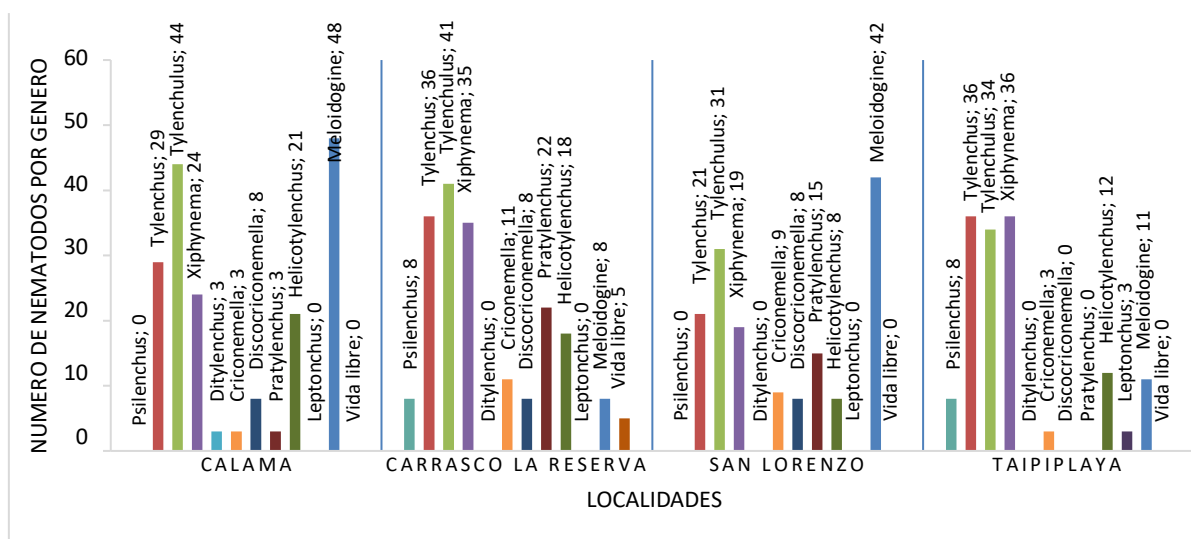


Figura 4. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodo identificados en 200 cc de suelo de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En muestras de suelo de las cuatro localidades se identificaron 12 géneros de nematodos, donde se observó, diversidad de nematodos resaltando el género *meloidogyne* spp., en dos localidades Calama y San Lorenzo con poblaciones de 48 y 42 nematodos respectivamente, los géneros *Tylenchus* spp. *Tylenchulus* spp. y *Xiphinema* spp., sobresalieron en las localidades, en Taipiplaya con 36, 34, 36 nematodos respectivamente, en San Lorenzo con 21,31,19 nematodos, en Carrasco la Reserva con 36, 41, 35 nematodos, y en Calama con 29,44,24 nematodos cuantificados, el resto de los géneros tuvieron poblaciones menores a 22 nematodos.

Al respecto Cantos (2020) al evaluar la dinámica poblacional en 100 cc de suelo cuantifico las siguientes poblaciones, el género *Meloidogyne* (13%), *Helicotylenchus* (25%) y nematodos de vida libre (63%) con plantaciones 5 años; mientras que *Helicotylenchus* (25%) y nematodos de vida libre (75%) con plantaciones mayores a 8 años.

Del mismo modo, Gómez (2019) en 100 cc de suelo identificaron tres géneros con las poblaciones más altas, *Helicotylenchus* spp. (360 individuos/100 cc de suelo), *Pratylenchus* spp. (203 individuos/100 cc de suelo) y

Xiphinema spp. (156 individuos/100 cc de suelo).

Del mismo modo Mayta (2017) en 100 g de suelo de tres distritos menciona que el género *Meloidogyne* spp. mostró la mayor población promedio, evaluados San Juan de Oro representó el 38 % de la población total de nematodos estudiados (226,4 nematodos), en San Pedro de Putina Punco, el 29,1 % (324,8 nematodos) y en San Gabán, el 32,2 % (351,9 nematodos). Seguido por *Helicotylenchus* spp. que presentó 18,1 % (108,2 nematodos) en San Juan de Oro; 18,5 % (324,8 nematodos) en San Pedro de Putina Punco y 7,9 % (351,9 nematodos) en San Gabán.

Pérez (2017) en 100 g de suelo identifico los géneros *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. *Helicotylenchus* spp., *Criconemella* spp., todos ellos nematodos fitoparásitos, y también menciona que tales resultados son menores en población en comparación con los encontrados en muestras de raíz. Resultados que concuerdan con la fluctuación poblacional de nematodos en la presente investigación.

Cuantificación de diferentes géneros de nematodo identificados en 25 g de raíz de cafetales en producción de cuatro localidades municipio de Caranavi

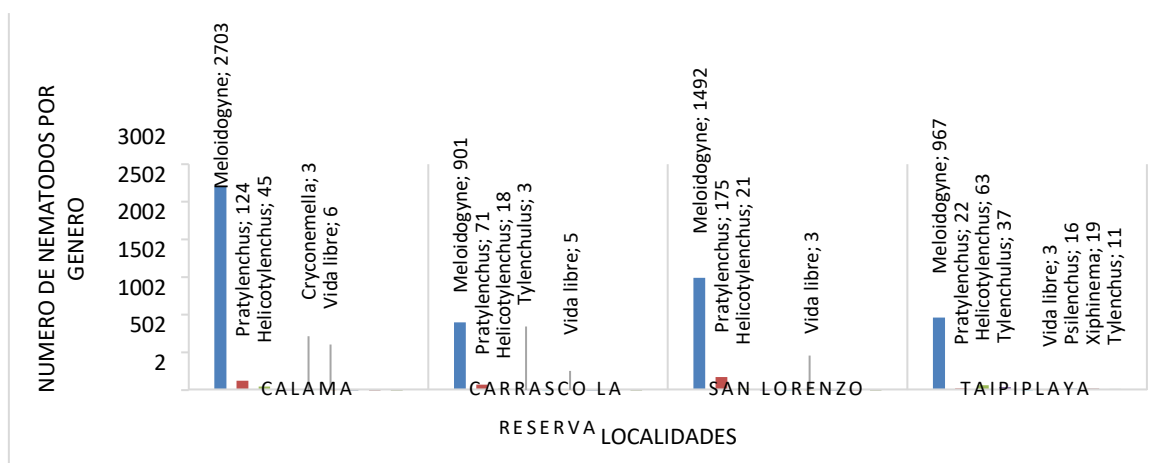


Figura 5. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodos identificados en muestras de 25 g de raíz de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En muestras de raíz de las cuatro localidades se identificaron 9 géneros de nematodos, donde se observó diversidad de nematodos predominando el género *Meloidogyne* spp., en las cuatro localidades; Calama, Carrasco la Reserva, San Lorenzo, y Taipiplaya con poblaciones de 2703, 901, 1492, y 967 nematodos respectivamente, seguido del género *Pratylenchus* spp., con 124, 71, 175, y 22 nematodos respectivamente, y *Helicotylenchus* spp., con 45, 18, 21 y 63 nematodos cuantificados respectivamente, el resto de los géneros tuvieron poblaciones menores a 19 nematodos.

Al respecto Escobar (2008), en 200 g de suelo y 25 g de raíz identificó los géneros *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Rotylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Criconeoide* y nematodos de vida libre, el género más abundante en raíces y suelo fue *Meloidogyne* spp., tales resultados concuerdan con el resultado del presente trabajo de investigación.

Gómez (2019) en 10 g de raíz se identificaron cuatro géneros en mayor proporción *Pratylenchus* spp., (4433 individuos/10 g de raíces), *Helicotylenchus* sp., (1867 individuos/10 g de raíces) *Tylenchus* sp., (693 individuos/10 g de raíces) y *Xiphynema* sp.,

(233 individuos/10 g de raíces) resultados que concuerda con lo identificado en la presente investigación.

Al evaluar la dinámica poblacional Cantos (2020) en raíces 10 g cuantifico los géneros *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., y *Pratylenchus* spp., con 20%, 20% y 60% respectivamente en plantaciones con 7 años de edad, mientras que en plantaciones mayores a 8 años solo se identificó 100 *Meloidogyne* spp. lo cual hace entender que a mayor edad las plantaciones de café son susceptibles al género *Meloidogyne* spp.

Pérez (2017) en la cuantificación de nematodos en muestras de raíz, concluyo que el género *Meloidogyne* spp., fue identificado como el género con mayores porcentajes, en promedio de 81,5% y 72,16 % en las zonas bajas y altas, en relación a otros géneros de nematodos en raíz de café, que es directamente el principal género de infestación de la raíz de café, dados por su predominancia en las dos zonas de estudio. Resultado que coincide con lo identificado en el presente estudio.

Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodos identificados en suelo según textura de suelo de cuatro localidades del municipio de Caranavi

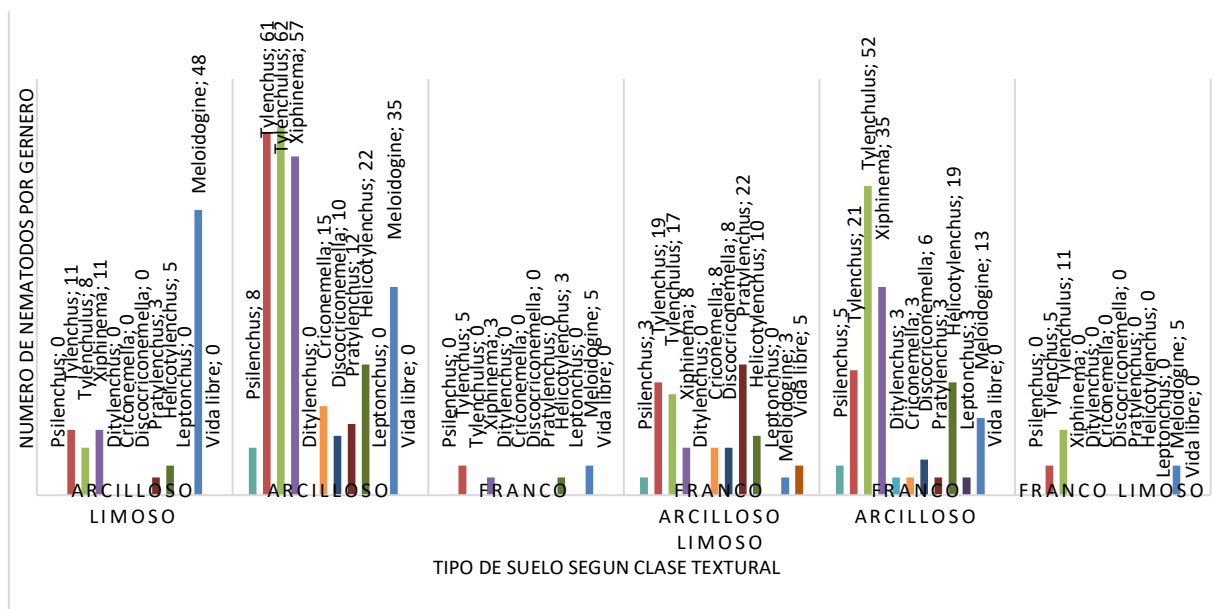


Figura 6. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodos identificados en muestras de 200 cc de suelo, según textura de suelo de cuatro localidades del municipio de Caranavi

Las poblaciones de nematodos fitoparásitos identificados en 200 cc de suelo se relacionaron con las texturas de suelo caracterizadas en las cuatro localidades. En cuanto a población de nematodos fitoparásitos en las texturas arcilloso, franco arcillo limoso y franco arcilloso se identificó mayor diversidad de géneros de nematodos fitoparásitos 9, 10 y 11 géneros respectivamente. Las texturas con menor cantidad de géneros de nematodos fitoparásitos identificados fueron: arcilloso limoso, franco y franco limoso con 6, 4 y 3 géneros respectivamente.

Al respecto Castilla (2015), en su trabajo de investigación concluye que los suelos arenosos generalmente contienen más poblaciones de nematodos fitófagos que los suelos arcillosos, debido a que la porosidad es mayor, por ende, la aireación es más eficiente en suelo arenoso favoreciendo el metabolismo de estos organismos aerobios y, además, los nematodos se mueven con facilidad a través de la rizosfera.

De acuerdo al porcentaje de arcilla Muñoz (2011) considera que las condiciones de los suelos arcillosos hacen que los niveles de

oxígeno sean más bajos y, en consecuencia, el metabolismo, movimiento e infectividad de los juveniles se afecte, además del efecto negativo sobre el crecimiento y reproducción de las hembras.

Por otra parte, Castilla *et al.* (2017) en su estudio de relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre mencionan, que el ciclo de nematodos Fito parásitos es afectado debido al desarrollo de organismos antagónicos como bacterias y hongos entomopatógenos, así como también a la competencia por espacio y alimento de los nematodos de vida libre. Lo cual llega a concluir que niveles elevados de materia orgánica influye como factor limitante en el desarrollo de los nematodos fitoparásitos, lo cual podría estar influyendo que los nematodos estén presentes en texturas más finas.

Fluctuación poblacional de géneros de nematodos fitoparásitos según rango de pH de suelos de cuatro localidades municipio de Caranavi

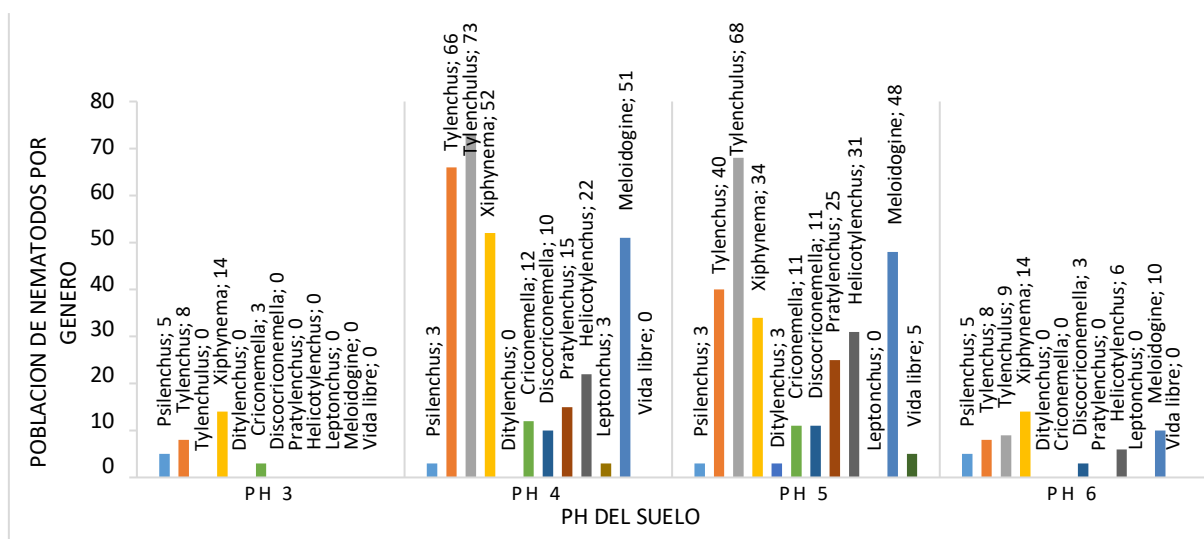


Figura 7. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodos identificados en muestras de 200 cc de suelo, según rango de pH de cuatro cantones del municipio de Caranavi

En la relación de poblaciones de géneros de nematodos fitoparásitos identificados en 200 cc de suelo y los rangos de pH de suelo determinados en las cuatro localidades, los rangos de pH 4 y 5 presentaron mayor diversidad y población de nematodos, en el rango 4 de pH predominó el género *Tylenchulus* spp., con 73 nematodos seguido de *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., y *Meloidogyne* spp., con 66, 52 y 51 nematodos el resto de los géneros presentaron poblaciones menores a 22 nematodos. En el rango de pH 5 los géneros con mayor población fueron *Tylenchulus* spp., con 68 nematodos seguido de *Meloidogyne* spp., *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., y *Helicotylenchus* spp., con 48, 40, 34 y 31 nematodos respectivamente.

Los rangos de pH 3 y 6 presentaron menor población y diversidad de géneros de nematodo identificados en 200 cc de suelo, donde el rango de pH 3 presentó al género *Xiphinema* spp., con 14 nematodos seguido de *Tylenchus* spp., *Psilenchus* spp., y *Criconebella* spp., con 8, 5 y 3 nematodos respectivamente, el rango de pH 6 presentó a *Xiphynema* spp., con 14 nematodos seguido de *Meloidogyne* spp., *Tylenchulus* spp., y *Tylenchus* spp., con 10, 9 y 8 nematodos respectivamente.

Al respecto Guzmán (2008) indica que la variación del pH, de 5.0 hasta 7.6, no influye sobre la población de nematodos en suelo y la diversidad, resultados que concuerdan con la baja diversidad y poca población de nematodos identificados en los rangos de pH 6.

En su estudio de relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre Castilla et al. (2017) mencionan, que el pH registrado entre rangos de 6.33 a 7.42 llega a clasificar a los suelos analizados en ligeramente ácidos y ligeramente alcalino, donde no encontraron relación de nematodos con los valores de pH. Resultado que coincide con lo identificado en el presente estudio.

Martínez et al. (2015) en un estudio que realizaron donde obtuvieron un pH que varió de 6.2 a 7.5, y no se observó una relación importante entre la distribución de las poblaciones de nematodos fitoparásitos, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio de investigación

Fluctuación poblacional de géneros de nematodos identificados en suelo según tipo de zona de cuatro localidades del municipio de Caranavi

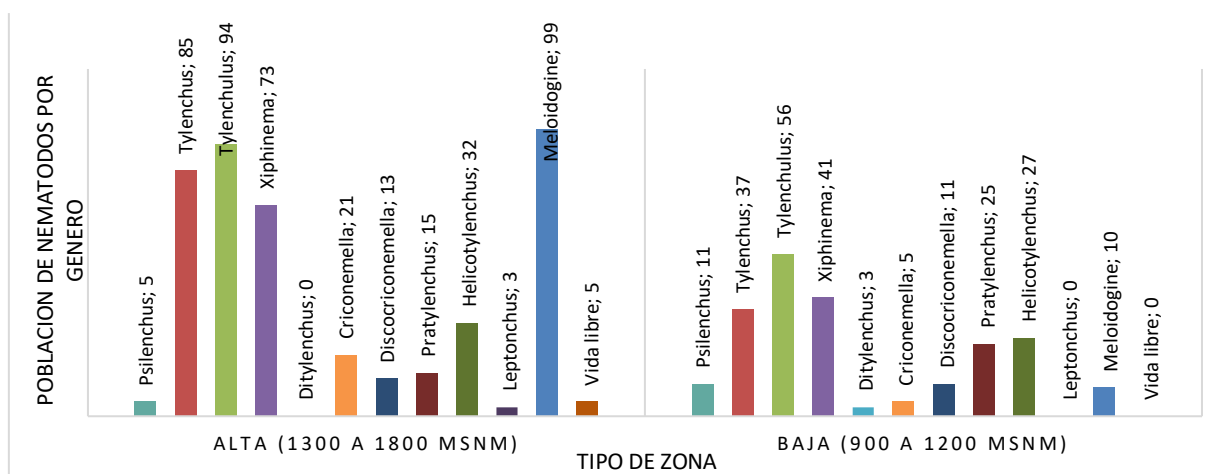


Figura 8. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodo identificados en muestras de 200 cc de suelo, según tipo de zona alta y baja de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En las cuatro localidades ambas zonas alta y baja presentaron diversidad de géneros, respecto a población de nematodos la zona alta fue superior donde *Meloidogyne* spp., presento 99 nematodos seguido de *Tylenchulus* spp., *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., y *Helicotylenchus* spp., con 94, 85, 73 y 32 nematodos respectivamente el resto de los géneros presentaron poblaciones menores a 21 nematodos. En la zona baja *Tylenchulus* spp., presento 56 nematodos seguido de *Xiphinema* spp., *Tylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., y *Pratylenchus* spp., con 41, 37, 27, y 25 nematodos respectivamente, el resto de los géneros presentaron poblaciones menores a 11 nematodos.

Al respecto Pérez (2017) en relación con zonas altitudinales menciona que predominó el género *Meloidogyne* spp., con predominancia de 24,0% y 17,72 % en las zonas bajas y altas seguido por *Pratylenchus* spp., con 12,0% y 11,03 % dejando en un tercer lugar los géneros *Criconebella* spp., 8,9% y 12,6% y *Helicotylenchus* spp., con 9,7% y 7,91% resultados que confirman lo identificado en el presente estudio respecto a la mayor población en la zona alta respecto a la diversidad de nematodos en ambas zonas.

Así mismo respecto a la evaluación de poblaciones por altitud, Wingching y Salazar (2011) señalan que los géneros *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., y *Pratylenchus* spp., se encuentran presentes en altitudes de 500 a 1100 m.s.n.m. los cuales en el presente estudio se observaron con mayor población en la zona alta

Avelino *et al.* (2009) mencionan, que *Meloidogyne exigua* se encuentra principalmente a bajas altitudes menores a 1320 m.s.n.m. y están ausentes a altitudes mayores a 1500 m.s.n.m.

Así mismo, Garambel (2022) sobre el efecto de la altitud en las poblaciones de nematodos, indica que el total de nematodos fitoparásitos disminuye su población conforme aumenta la altitud, se describió que el mayor promedio del total de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre fue reportado en las altitudes de 800 a 1000 m.s.n.m. y menor promedio a altitudes de 1001 a 1200 y 1201 a 1400 m.s.n.m. resultado que no concuerda con lo identificado en el presente estudio.

Fluctuación poblacional de géneros de nematodo identificados en muestras de 25 g de raíz según tipo de zona alta y baja de cuatro Localidades

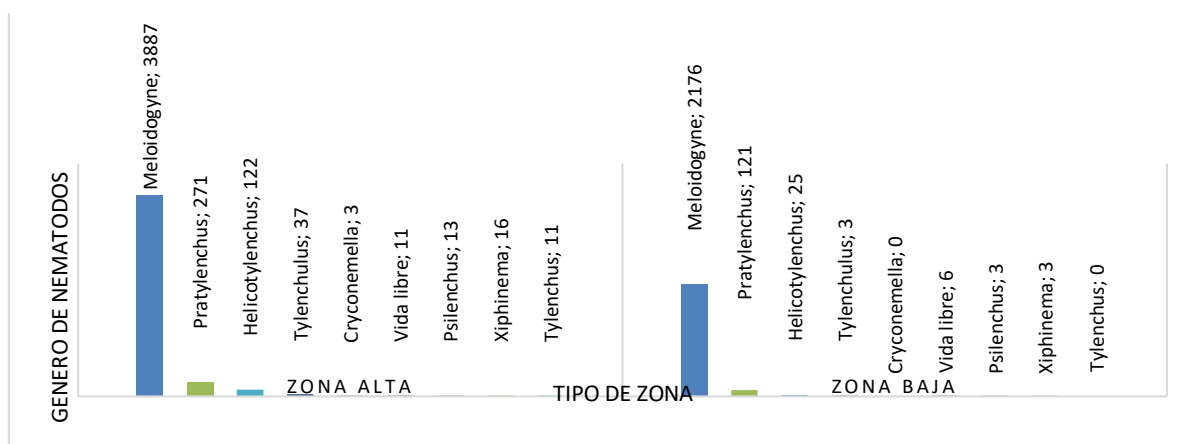


Figura 9. Fluctuación poblacional de diferentes géneros de nematodo identificados en muestras de 25 g de raíz según tipo de zona alta y baja de cuatro localidades del municipio de Caranavi

En la zona alta se presentaron 8 géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre, mientras que en la zona baja se presentaron 6 géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre, las frecuencias mayores de nematodos correspondieron a la zona alta.

El género *Meloidogyne* spp. fue predominante en ambas zonas con una población de 3887 nematodos en la zona alta y 2176 nematodos en la zona baja, seguido de *Pratylenchus* spp. que presentó una población de 271 nematodos en la zona alta y 121 nematodos en la zona baja, *Helicotylenchus* spp. presentó 122 nematodos en la zona alta y 25 nematodos en la zona baja, *Tylenchulus* spp. presentó 37 nematodos en la zona alta y 3 nematodos en la zona baja *Xiphinema* spp. presentó 16 nematodos en la zona alta y 3 nematodos en la zona baja *Psilenchus* spp. presentó 13 nematodos en la zona alta y 3 en la zona baja *Tylenchus* spp. presentó 11 nematodos en la zona alta y 0 en la zona baja *Cryconemella* spp. 3 nematodos en la zona alta y 0 en la zona baja, nematodos de vida libre 11 en la zona alta y 6 nematodos en la zona baja.

En cuanto al género *Tylenchulus* spp. predominante en 200 cc de suelo correspondiente a cuatro localidades, se presentó en ambas zonas alta y baja con mayor población en la zona alta con 37 nematodos y en la zona baja con 3 nematodos. Del mismo

modo el género *Meloidogyne* spp. predominante en 25 g de raíz correspondientes a las cuatro localidades, se presentó en ambas zonas alta y baja predominando en población en la zona alta con 3887 y en la zona baja con 2176 nematodos.

En la comunidad de Alto Lima del municipio de Caranavi en una investigación de tesis Pérez (2017) indica que las mayores poblaciones de nematodos correspondieron al género *Meloidogyne* spp., con 81.5% en la zona baja, respecto a 72.16%, en la zona alta. Seguido de los géneros *Pratylenchus* spp., y *Helicotylenchus* spp., con 9.2%, en la zona baja y 14.66%, presentes en la zona alta y 7.9%, en la zona baja, respecto a 11.0%, en la zona alta. *Cryconemella* spp. pasa muy desapercibida al interior de las raíces, así como de los otros géneros de vida libre que están por 1.3% para ambas zonas. Resultado que concuerda con los géneros identificados y la predominancia de *Meloidogyne* spp., en ambas zonas.

Del mismo modo Gómez (2019) indica, que los géneros de nematodos encontrados en las plantaciones de café en cinco zonas cafetaleras a tres diferentes pisos altitudinales de la provincia de Loja son: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Cryconemoides* spp., *Psilenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Aphelenchoides* spp. y *Aphelenchus* spp. Resultados que concuerdan

con lo identificado en las dos zonas del presente estudio.

Así mismo, en Perú Mayta (2017) indica que de los sectores de Huycusmayo y Rio Blanco presentaron los picos más altos para la densidad poblacional de *Meloidogyne* spp., por otro lado, el sector de Challohuma identificando por medio de las encuestas los sectores con mayor y menor presencia de nematodos en un rango altitudinal de 1300 a 1500 m.s.n.m. Lo que confirma que *Meloidogyne* spp., está presente tanto en zonas altas y bajas.

4. Conclusiones

- Según la escala de nodulación de Zeck las localidades con mayor infestación fueron San Lorenzo y Calama con promedios de 5,2 y 4,9 respectivamente, con respecto a las localidades de Taipiplaya y Carrasco la Reserva que obtuvieron niveles iguales de 3,4 que son de menor infestación.
- En la identificación y cuantificación de nematodos presentes en 200 cc de suelos recolectados en cuatro localidades del municipio de Caranavi se identificaron los siguientes géneros en orden descendente acorde a la población de nematodos, *Tylenchulus* spp., con 150 nematodos, seguido de *Tylenchus* spp., con 122 *Xiphinema* spp., con 114, *Meloidogyne* spp., con 109, *Helicotylenchus* spp., con 59 *Pratylenchus* spp., con 40 *Criconemella* spp., con 26 *Discocriconemella* spp., con 24 *Psilenchus* spp., con 16 Vida libre, con 5, *Ditylenchus* spp., con 3 *Leptonchus* spp., con 3 nematodos.
- En la identificación y cuantificación de nematodos presentes en 25 g de raíz colectados en cuatro localidades del municipio de Caranavi, se identificó los siguientes géneros de nematodos en orden descendente acorde a la cantidad de población de nematodos, *Meloidogyne* spp., con 6063 nematodos seguido de *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchulus* spp., *Xiphinema* spp., Vida libre, *Psilenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Criconemella* spp., con 392, 147, 40, 19, 17, 16, y 11 nematodos respectivamente.
- En la relación población de nematodos en suelo y textura de suelo en cuatro

localidades, dos clases texturales presentaron mayor diversidad y población de nematodos, textura Arcilloso y Franco Arcilloso donde cuatro géneros presentaron mayores poblaciones *Tylenchulus* spp., *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., y *Meloidogyne* spp.

- Según la relación población de nematodos en suelo y pH de suelo, se observó que en los rangos de pH 4 y 5 hay mayor diversidad y población de nematodos, en suelos de pH 4 predominó *Tylenchulus* spp., con 73 nematodos seguido de *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., y *Meloidogyne* spp., con 66, 52 y 51 nematodos respectivamente, y en suelos con pH 5 predominó, *Tylenchulus* spp., con 68 nematodos seguido de *Meloidogyne* spp., *Tylenchus* spp., y *Xiphinema* spp., con 48, 40 y 34 nematodos respectivamente.
- En la relación de nematodos de suelo y tipo de zona alta y baja, la zona alta presento géneros de nematodos con mayor población *Meloidogyne* spp., con 99 nematodos seguido de *Tylenchulus* spp., *Tylenchus* spp., y *Xiphinema* spp., con 94, 85, y 73 nematodos respectivamente. En la zona baja *Tylenchulus* spp., presento 56 nematodos seguido de *Xiphinema* spp., y *Tylenchus* spp., con 41 y 37 nematodos respectivamente.
- En la relación nematodos en raíz y tipo de zona alta y baja, la zona alta tuvo mayor población donde *Meloidogyne* spp., fue predominante con 3887 nematodos seguido de *Pratylenchus* spp., y *Helicotylenchus* spp., con 271 y 122 nematodos respectivamente el resto de los géneros presento poblaciones menores a 37 nematodos. En la zona baja *Meloidogyne* spp., presento 2176 nematodos seguido de *Pratylenchus* spp., y *Helicotylenchus* spp., con 121 y 25 nematodos el resto de los géneros presento menores a 3 nematodos.

5. Agradecimientos

- A la Universidad Pública de El Alto y la Carrera Ingeniería Agronómica por mi formación y abrirme las puertas para un mejor mañana y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por sus enseñanzas y los consejos que marcan y direccionan el camino de muchos de nosotros.

- Al instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), Dirección Nacional de Investigación (DNI) por haberme abierto sus puertas para realizar la presente investigación.

6. Referencias bibliográficas

- Arcila, P. 2017. Crecimiento y desarrollo de la planta de café: Sistema de producción de café (*Coffea arabica*) en Colombia. Disponible en: <https://cenicafe.org/es/documents/libro-sistemasproduccioncapitulo2.pdf>.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café). 25 años Congreso Nacional del Café, Guatemala. 2014. Control Integrado de Nematodos Parte 1 (en línea). Guatemala. Consultado 26 de abr. 2022 Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=TjI9jAncdrY>
- Escobar Medrano, MM. 2008. Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007). Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua Nicaragua, Universidad Nacional Agraria.
- Pérez Quispe, F. (2017). Evaluación del uso de residuos agrícolas como biofumigantes en el café (*Coffea arabica* L.) para el control del nemátodo agallador (*Meloidogyne spp.*) en la sub - central agraria alto lima - Caranavi - La Paz. Tesis Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andres.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2017. Caranavi, Capital cafetalera de Bolivia.
- OIC. Organización Internacional del Café. Informe del mercado del café 2018. Ligera recuperación del mercado de café después de la baja de diciembre.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2020. Manual de producción de café yungas de Bolivia. La Paz, Bolivia. Libro completo
- Garambel, I. 2017. Caracterización de poblaciones del nemátodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne spp*) de las zonas productoras de café (*Coffea arabica* L) de Puno. Recuperado de Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9169/Garambel_Acurio_Stewart_Irwin.pdf?sequence=1
- Gómez Guayllas, ET. 2019. Identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Loja: Población de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces. Tesis Ingeniero agrónomo. Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja.
- Guzmán, PA; Castaño, ZJ; Villegas, EB. 2012. Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. Agronomía.
- López, J. 2013. Densidad de siembra. Una estrategia sostenible en el cultivo de café. Asociación Nacional del Café (35). Disponible en http://www.anacafe.org/glifos/images/c/c2/2013_36_El_Cafetal.pdf
- Mayta M. 2017. Caracterización isoenzimática y distribución del nemátodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne spp.*) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en san juan del orosandia, puno: Identificación de los

principales géneros de nematodos fitoparásitos presentes en cultivo de café del distrito de San Juan del Oro. Licenciado en Biología. Puno Perú, Universidad Nacional del Altiplano. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9169/Garambel_Acurio_Sthewar_Irwin.pdf?sequence=1

Wingching-Jones, R. y L. Salazar-Figueroa. 2011. Población de nematodos en forrajes tropicales en dos rangos de altura en El Cantón de San Carlos, Alajuela. *Agronomía Costarricense* 35(1):

Siddiqi, M.R. 1972. *Helicotylenchus dihystra*. CIH Descriptions of Plantparasitic Nematodes. Set 1, No. 9. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.