Caracterización de nemátodos de vida libre en suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.

Jannier Stiven Moreno Asprilla

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Rectoría Oriente

Centro Universitario Villavicencio (Meta)

Unidad de Ciencias Agropecuarias

Programa Ingeniería Agroecológica

Octubre de 2024

Caracterización de nemátodos de vida libre en suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.

Jannier Estiven Moreno Asprilla

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en Agroecología

Asesor(a)

Martha Lucia Velasco Belalcázar

Bióloga - MSc Ciencias Agrarias

CO-asesor(a)

Carlos Alberto Hernández Medina

Biólogo - MSc Ciencias Agrarias

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Rectoría Oriente

Centro Universitario Villavicencio (Meta)

Unidad de Ciencias Agropecuarias

Programa Ingeniería Agroecológica

Octubre de 2024

Contenido

Lista de tablas 5
Lista de figuras 6
Resumen 8
Abstract 9
Introducción 10
1. Objetivos 12
1.1 Objetivo general 12
1.2 Objetivos específicos 12
2. Planteamiento del problema 13
3. Justificación 15
4. Marco teórico 17
4.1. Definición de nemátodos 17
4.2. Características de los nemátodos 17
4.3. Clasificación taxonómica 17
4.4. Clasificación morfológica 18
4.4.1. La pared del cuerpo. 18
4.4.2. Sistema digestivo. 18
4.4.3. Sistema excretor. 18
4.4.4. Ciclo biológico 19
4.5. Grupos distintivos en la agricultura 20
4.5.1. Fitopatógenos o fitoparásitos 20
4.5.2. Entomopatógenos 20
4.5.3. De vida libre 21
4.6. Clasificación grupos tróficos 21
4.6.1. Nemátodos bacteriófagos 21
4.6.2. Nemátodos fitófagos 22
4.6.3. Nemátodos fungivoros 22
4.6.4. Nemátodos omnívoros 22
4.6.5. Nemátodos predadores 22

5. Metodología 23
5.1. Diseño metodológico 23
5.2. Técnicas de recolección de datos 23
5.3. Ubicación Geográfica del área de estudio. 24
5.4. Procedimiento para la obtención de Datos 25
5.4.1. Descripción de las zonas de estudio y toma de muestras de suelo 25
5.4.2. Extracción de nematodos de las muestras de suelo 27
5.4.3 Identificación de las especies encontradas en las muestras de suelo de los sitios de estudio. 29
5.4.4 Determinación de la importancia biológica y funcional de los nematodos encontrados en los sitios de estudio. 29
5.4.5 Comparación de la diversidad y densidad poblacional de los nematodos encontrados en los sitios de estudio. 30
6. Resultados y Discusión 31
6.1 Identificación taxonómicamente de los nematodos encontrados en los suelos de la finca ganadera y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta. 31
6.2 Importancia biológica y funcional de los nematodos encontrados en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta. 44
6.3 Comparación de la diversidad y densidad poblacional de los nematodos de vida libre en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Río Negro, Villavicencio, Meta. 48
7. Conclusiones y Recomendaciones 52
8. Referencias 53

Lista de tablas

Tabla 1. *Clasificación taxonómica de los nemátodos* 17

Tabla 2. *Recolección de datos* 23

Tabla 3. *Cantidad total de nematodos* 31

Tabla 4. *Nematodos encontrados en la zona de estudio* 31

Tabla 5. *Índices de diversidad para las zonas de estudio* 50

Lista de figuras

Figura 1. *Ciclo de vida del nematodo* 19

Figura 2. *Anatomía morfología del nematodo* 20

Figura 3. *Grupo tróficos de nematodos* 21

Figura 4. *Mapa de la Vereda Río Negro* 24

Figura 5. *Zonas de muestras potrero* 25

Figura 6. *Zona de muestra en bosque* 26

Figura 7. *Algunos procedimientos en la toma de muestra* 26

Figura 8. *Pesaje y tamizaje del suelo* 27

Figura 9. *Preparación de tubos falcón para la centrifugadora* 28

Figura 10. *Centrifugación* 28

Figura 11. *Observación microscópica de Chronogaster sp.* 32

Figura 12. *Observación microscópica de Mylonchus sp* 33

Figura 13. *Observación microscópica de Trophurus sp* 33

Figura 14. *Observación microscópica de Xiphinema sp* 34

Figura 15. *Observación microscópica de Tobrilus sp* 34

Figura 16. *Observación microscópica de Prismatolaimus sp* 35

Figura 17. *Observación microscópica de Acrobeles sp* 35

Figura 18. *Observación microscópica de Criconemoides sp* 36

Figura 19. *Observación microscópica de Ditylenchus sp* 36

Figura 20. *Observación microscópica de Helicotylenchus sp* 37

Figura 21. Observación microscópica de *Tylenchorhynchus sp* 37

Figura 22. *Observación microscópica de Filenchus sp* 38

Figura 23. *Observación microscópica de Ogma sp* 38

Figura 24. *Observación microscópica de Hemicycliophora sp.* 39

Figura 25. *Observación microscópica de Rhabditis sp* 39

Figura 26. *Observación microscópica de Longidorus sp* 40

Figura 27. *Observación microscópica de Tylenchus sp* 40

Figura 28. *Observación microscópica de Panagrolaimus sp* 41

Figura 29. *Observación microscópica de Rotylenchus sp* 41

Figura 30. *Observación microscópica de Prodorylaimus sp* 42

Figura 31. *Observación microscópica* de *Ditylenchus sp* 42

Figura 32. *Observación microscópica de Psilenchus sp.* 43

Figura 33. *Observación microscópica de Panagrellus sp* 43

Figura 34. *Observación microscópica de Dorylaimus sp* 44

Figura 35. *Representatividad de Gremios tróficos o hábitos alimenticios de los nematodos en todo el estudio.* 46

Figura 36. *Representatividad de Gremios tróficos o hábitos alimenticios de los nematodos por zona de estudio* 47

Figura 37. *Número de individuos y especies encontrados en las diferentes zonas de estudio* 49

Resumen

El trabajo de grado se centra en el estudio de los nemátodos, abarcando su clasificación taxonómica y su impacto en diversos entornos, especialmente en la agricultura y estudios ambientales. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la comunidad de nemátodos de vida libre en el suelo de potreros y zonas de bosque en la vereda rio negro, ubicada en Villavicencio, Meta. Para ellos, se realizó la toma de 5 muestras de suelo compuestas (2 de bosque y tres de potreros). La extracción de nematodos se realizó a través del método de tamizaje y centrifugado. Los organismos hallados se identificaron a nivel de género teniendo en cuenta caracteres morfológicos como la forma del esqueleto cefálico, entre otros. A si mismo, se determinó a que grupo trófico pertenecían y por último se calculados en índices de diversidad para comparar las zonas de estudio. Como resultado de ello, se logró la extracción de 558 individuos y se hizo la identificación a 521. Para los cuales se determinó que pertenecían a 23 géneros, 15 familias, 5 órdenes y dos clases: *Chromadorea* y *Enoplea*. El gremio trófico más predominante fue el de los herbívoros, con el 57% del total de nematodos. Los géneros *Helicotylenchus sp.* y *Criconemoides sp.,* tuvieron presencia en todos los sitios de muestreo y el mayor número de individuos extraídos e identificados. Por otro lado, al realizar el análisis de diversidad, el bosque 1 y 2, fueron los sitios con mayor diversidad en comparación con los potreros 1 y 2, pero presentaron diversidad similar al potrero 3. Lo anterior, debido a que el potrero 3, era un área más conservada, con mayor cobertura vegetal y menor carga animal que los otros potreros. Esto resalta la importancia de las buenas prácticas agrícolas sostenibles para preservar la salud del suelo.

Palabras clave: Biodiversidad, biología del suelo, deforestación, ganadería extensiva, nematodos

Abstract

The thesis focuses on the study of nematodes, covering their taxonomic classification and their impact in various environments, especially in agriculture and environmental studies. The objective of this research was to characterize the community of free-living nematodes in the soil of pastures and forest areas in the Rio Negro area, located in Villavicencio, Meta. For this, 5 composite soil samples were taken (2 from the forest and three from pastures). The extraction of nematodes was carried out through the screening and centrifugation method. The organisms found were identified at the genus level taking into account morphological characteristics such as the shape of the cephalic skeleton, among others. Likewise, it was determined to which trophic group they belonged and finally they were calculated in diversity indices to compare the study areas. As a result, 558 individuals were extracted and 521 were identified. It was determined that they belonged to 23 genera, 15 families, 5 orders and two classes: Chromadorea and Enoplea. The most predominant trophic guild was that of herbivores, with 57% of the total nematodes. The genera *Helicotylenchus* sp. and *Criconemoides* sp. were present in all sampling sites and had the highest number of individuals extracted and identified. On the other hand, when performing the diversity analysis, forest 1 and 2 were the sites with the greatest diversity compared to pastures 1 and 2, but they presented similar diversity to pasture 3. This was due to the fact that pasture 3 was a more conserved area, with greater vegetation cover and lower animal load than the other pastures. This highlights the importance of good sustainable agricultural practices to preserve soil health.

Keywords: Biodiversity, soil biology, deforestation, extensive livestock farming, nematodes.

Introducción

La vereda Rio Negro, ubicada en el departamento del Meta - Colombia, desde el enfoque biológico de la región Amazonico - Orinoquense, es uno de los territorios que tiene mayor interés de estudio por sus contribuciones a nivel de diversidad natural en relación con la fauna llanera, guayanesa y amazónica (Lasso et al, 2018). De acuerdo con lo mencionado anteriormente, uno de los lugares conocidos de la región es el bosque del paso de los toros, un bosque simbólico que por sus características se mantiene en resguardo, ya que es un punto estratégico de biodiversidad y permite tener un acercamiento sobre las especies faunísticas que ofrecen servicios ecosistémicos dentro de las funciones del sistema que está compuesto por bosques inundables, praderas, selvas húmedas e incluso dentro de la verada hay espacios ya intervenidos por factores antrópicos y/o actividades ganaderas intensivas. Dichas actividades ponen en peligro el suelo, lo cual es preocupante puesto que este es una reserva biológica, por los organismos que lo habitan y las funciones que cumple en el ecosistema. (Burbano-Orjuela, 2016).

Los organismos que habitan en el suelo proveen diversos servicios que favorecen el mantenimiento, el equilibrio de la sostenibilidad de los ecosistemas, el ciclaje de nutrientes, el dinamismo microbiológico, que está asociado a los componentes fundamentales como; la respiración del suelo lo cual es un reflejo de la actividad microbiológica de la biota, por lo que se considera un atributo positivo en el suelo, reflejándose en el funcionamiento de la gestión de los sistemas agrícolas y calidad en los alimentos cosechados (FAO, 2021; Bracamontes et al., 2022).

En la diversidad biológica del suelo están involucrados especies como los nemátodos, que son organismos pequeños y se encuentra en cualquier medio edáfico con una fuente de carbono y dependen del agua (líquidos) que rodea las partículas del suelo para moverse por medio del mismo (Aspilicueta & Aruani, 2016), sin embargo, la estudios investigativos son escasos, y que

eventualmente por el cambio del uso en el suelo, ampliación de la frontera agrícola, uso intensivo de agroquímicos, mecanización agrícola, entre otras actividades pecuarias y agrícolas. Han afectado la estructura del medio edáfico que lentamente siguen incidiendo en la disminución de organismos benéficos asociados. (Castilla-Diaz, 2015) De ahí, parte la importancia de determinar la presencia y ausencia de los nemátodos, ya sean en fincas ganaderas o zonas de bosques, además de realizar seguimientos del comportamiento de los organismos para diagnosticar la salud y establecer el causal del proceso de degradación.

Según (Yeastes et al, 2009), los nemátodos presentan una característica importante por su amplia diversidad taxonómica y funcional, y representan los organismos más abundantes cerca de 80% de los animales en el planeta tierra, además, indicadores puntuales desarrollados para el estudio de las comunidades de nemátodos, como los índices de madurez, índices en la red trófica, indicadores del estado sucesiones del suelo y la capacidad de supresión de plagas (Sánchez & Talavera, 2013). Así mismo, estos organismos, pueden encontrarse en la mayoría de los ambientes distribuidos en el mundo; en tundras, desiertos, ambientes marinos o de agua dulce, termales y aguas congeladas, pero se hallan en mayor distribución y cantidad en el recurso suelo, donde cada metro cuadrado de suelo puede albergar millones de nemátodos, que pertenecen a más de 400 especies (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009).

De esta manera, se han clasificado en diferentes grupos tróficos, los cuales pueden ser fácilmente caracterizados por su hábito alimenticio, destacándose cinco grupos en base a la estructura bucal y el esófago: bacteriófagos, fungivoros, omnívoros, predadores y fitófagos; cada uno con un rol especifico a nivel ecológico (Chaves et al., 2019), de este modo, es fundamental realizar estudios para fortalecer iniciativas de restauración ecológica, conocer los organismos que no se tienen estimaciones en cuanto a funciones realizadas en los ecosistemas, así que, se debe

aprovechar y proteger el valor de biodiversidad que proporcionan a los ecosistemas naturales y/o intervenidos por factores agrícolas y pecuarios.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Caracterizar la comunidad de nemátodos de vida libre en el suelo de potreros utilizados para ganadera y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar taxonómicamente las especies de nemátodos que se encuentren en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.
- Establecer la importancia biológica y funcional de las interacciones específicas entre las diferentes clases de nemátodos que se encuentran en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.
- Comparar la diversidad y densidad poblacional de nemátodos de vida libre en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Río Negro, Villavicencio, Meta, para analizar cómo las prácticas ganaderas afectan estas comunidades.

2. Planteamiento del problema

A causa de actividades antrópicas indiscriminadas como el uso inadecuado de suelos, ampliación de la frontera agrícola, deforestación y ganadería intensiva han provocado impactos negativos que van deteriorando la funcionalidad de la biodiversidad de los sistemas biológicos. Por otra parte, Colombia es conocida por su gran variedad de especies, sin embargo; en la actualidad se encuentra en peligro, como indica Humboldt (2022), "la biodiversidad está en riesgo, Colombia paso de 158 mil a más de 171 mil ha deforestada entre 2019 y 2020" (p. 14).

La problemática mencionada anteriormente adquiere relevancia, ya que, en Colombia, la ganadería extensiva y el pastoreo ocasiona impactos negativos en el suelo convirtiéndose en un factor definitivo (IGAC, 2021; IDEAM, 2022). Para el año 2021 el país contaba con 34,8 millones de ganado equivalente al (36.6%), lo que implica para el suelo el constante pisoteo, lo que se conoce como terraceo (pata de vaca) causando compactación en su estructura e incremento en la severidad de la erosión, lo que imposibilitaría la regeneración biológica del suelo. Asimismo, (Gallo & Sanabria, 2019; Mora et al., 2017) la ganadería es la actividad más desarrollada en el uso agropecuario, haciendo que el sector se expanda desproporcionadamente sin tener en cuenta los costos ambientales que generaría a largo plazo para la biología del suelo, extralimitando la posibilidad de obtener algún provecho de la diversidad edáfica colombiana. La ganadería colombiana no es sostenible, se sigue ocasionando desestabilidad en los ecosistemas, producto de la tala indiscriminada de bosques y selvas para la construcción de potreros, así como también, quema de recursos naturales para el establecimiento de actividades ganaderas (Pertuz et al., 2022).

Por otra parte, en la Vereda Río Negro, el uso desmedido de los recursos naturales y el aumento de la deforestación, ocasionados en gran medida por el desarrollo ganadero, han

provocado una significativa pérdida de cobertura vegetal. Esto ha contribuido a la praderización, afectando áreas boscosas indispensables para la región del Meta (CORMACARENA, 2016; Forero & Polanco, 2021). Asimismo, se trata de una zona prioritaria para la conservación de especies biológicas debido a sus valores ecológicos y los servicios naturales que suministra al sistema montañoso del Escudo Guayanés. Su ubicación estratégica, entre los ecosistemas de la Orinoquia, los Andes y la Amazonía, le otorga características únicas a la fauna de la Vereda Río Negro (Lasso et al., 2017). En este contexto, conocer la fauna del territorio es esencial, especialmente aquellas especies con funciones bioindicadoras de la calidad ambiental, como los organismos edáficos, en este caso, los nemátodos. Estos permiten evaluar el estado de las tierras en áreas deterioradas por la ganadería extensiva y la deforestación de bosques naturales. **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los grupos funcionales de nemátodos presentes en suelos de fincas ganaderas y zona de bosque en la vereda rio negro, ubicada en Villavicencio, Meta?

3. Justificación

Los sistemas de producción ganadera en Colombia tienen graves repercusiones ambientales. Sin embargo, un manejo adecuado de la ganadería, orientado por la ley de conservación agropecuaria, puede contribuir al cambio en los modelos de producción y a la preservación de los ecosistemas naturales (Baleta et al., 2019). Uno de los centros de biodiversidad más importantes es la vereda Río Negro, que presenta una alta concentración de diversidad, abarcando un amplio rango de ecosistemas terrestres, como bosques inundables, praderas y selvas húmedas, que son hábitats y nichos ecológicos para especies bioindicadores de la calidad ambiental (Lasso et al., 2018).

Considerando que las modificaciones de los ecosistemas naturales afectan la biología edáfica, es necesario desarrollar estrategias de estudio para conocer las especies que pueden regenerar espacios afectados por la frontera agrícola, como menciona con Sánchez & Talavera (2013) los nematodos presentan características biológicas y ecológicas que les permite cumplir las funciones como bioindicadores del estado de conservación en los sistemas agrarios. A su vez los índices de red trófica y diversidad de los nemátodos son indicadores de la estabilidad ecológica (Castro & Sánchez, 2022), así que permiten establecer estrategias de conservación para evitar pérdidas de especies biológicas, por esta razón, la nematofauna es una opción para los procesos de recuperación de áreas perturbados por la ganadería intensiva.

Los nematodos en calidad de bioindicadores ofrecen una concepción única sobre el estado de la salud del suelo, como los especializados en depredación que pueden considerarse como señales de los efectos en el uso de la tierra al evidenciar cambios en las densidades poblaciones, asimismo, la abundancia de especies predadores parte de la conservación de los recursos representados por una amplia gama en la productividad a lo largo del tiempo (Machado Restrepo,

2009; Dietrich et al, 2020), es importante entender como estos organismos pueden servir como una guía clave para orientar de manera adecuada la conservación y restauración ambiental en bosques, praderas y selvas afectadas por la ganadería y la deforestación, buscando un equilibrio entre los sistemas productivos y la preservación de las zonas naturales. Además, desempeñan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica, lo cual es fundamental para el reciclaje de nutrientes en el suelo, y también en la diseminación de patógenos que afectan la agricultura (Chaves et al., 2019; Decraemer et al., 2019).

El estudio del reconocimiento de nemátodos en Villavicencio, permite establecer bases para futuras investigaciones y ampliar el conocimiento de organismos microscópicos en los espacios de ecosistemas perturbados, investigación que no solo estaría dirigida no solo al público científico, sino en general a la comunidad local, incluyendo a la Corporación Universitaria Minuto de Dios y desde el programa de Ingeniería Agroecológica se estaría contribuyendo con el aporte investigativo para que la comunidad educativa conozca, replique, conserve y emplee de manera racional y sostenible los recursos naturales que tiene al alcance.

4. Marco teórico

Este proyecto investigativo hace referencia a la caracterización de nematodos de vida libre, donde a continuación encontraran los principales conceptos teóricos:

4.1. Definición de nemátodos

La palabra nemátodo se deriva del término griego (***nema:*** hilo y ***oídos*** con aspecto de), indicando que son animales invertebrados, pseudocelomados (falso celoma). Presentan una característica similar al gusano, sin embargo, no debe confundirse, ya que reciben nombres relacionados por sus características físicas (Armendariz & Landázuri, 2015). Según (Chaves et al, 2019) los nematodos son organismos que habitan en el suelo y tienen claves en forma cilíndrica, son muy diminutos, miden entre 0,3 a 11 mm de longitud aproximadamente. También surgen otras definiciones como; forma de anélidos, son redondos, largos y no segmentados a diferencia de las lombrices que son segmentadas (Uribe et al, 2020).

4.2. Características de los nemátodos

Se identifican como organismos filiformes (en el 99% de las especies) con cuerpo segmentados, tienden a ser transparentes, recubiertos de una cutícula hialina, de este modo, hace referencia a la demarcación por estrías u otras marcas propias del phylum, son redondos en sección transversal, con boca, sin extremidades u apéndices (Guzmán et al, 2012).

4.3. Clasificación taxonómica

Tabla 1. *Clasificación taxonómica de los nemátodos*

Categoría	Taxón
Dominio	Eukarya
Reino	Animalia
Subphylum	Nematoida

Fuente. *Datos taxonómicos tomados de (Banki et al., 2022)*

4.4. Clasificación morfológica

El cuerpo de los nematodos está compuesto por una pared externa que limita la cavidad interna; siendo la cavidad general del cuerpo, el pseudoceloma, diferenciado por tejidos de origen mesodérmico. Este a su vez, contiene un líquido llamado fluido pseudocelómico donde los aparatos y sistemas (esófago, intestino, ovarios y testis) están inmersos funcionando como esqueleto hidrostático (Ferraz et al, 2012).

4.4.1. La pared del cuerpo.

Está formada por la cutícula, hipodermis y células musculares. La cutícula es una corteza dispuesta de sustancias orgánicas, está estructura le permite resistir a condiciones adversidad del hábitat. La hipodermis está debajo de la cutícula y consiste en una formación de células, funcionando como reservorios de nutrientes, como lípidos y glicógeno. Además, la parte del cuerpo está compuesta por células musculares, siendo esenciales para su movimiento.

4.4.2. Sistema digestivo.

Es un sistema completo, después de la boca sigue una cavidad bucal o estoma, protegida de cutícula, siendo el segmento entre la abertura bucal y el comienzo del esófago lo que le permite procesar eficientemente los nutrientes, se divide en cinco regiones: cheilostoma, prostoma, mesostoma, metastoma y el telostoma (Navone et al, 2011).

4.4.3. Sistema excretor.

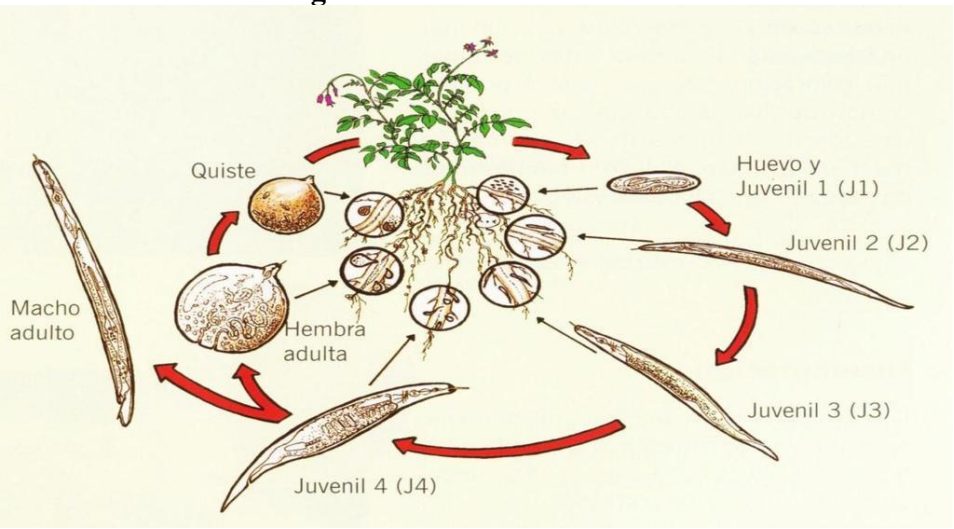
Existen dos tipos: una célula glandular ventral (abre el exterior por un conducto Sistema reproductor se caracteriza por ser largo) y el tipo H (constituye dos conductos ubicados en las cuerdas laterales, unidos por una línea transversal del cual parte el conducto y el poro excretor. La diversidad que tienen los sistemas extractores de los nematodos muestra o refleja la forma en la que se puede adaptar a diferentes formas de vida, esto se ve de forma más clara en los parásitos.

Por otra parte, algunas familias como dioctophymatidae y trichuridae, no cuentan con este sistema extractos, las larvas muestras características evolutivas que les facilita eliminar los desechos (Navone et al, 2011).

4.4.4. Ciclo biológico

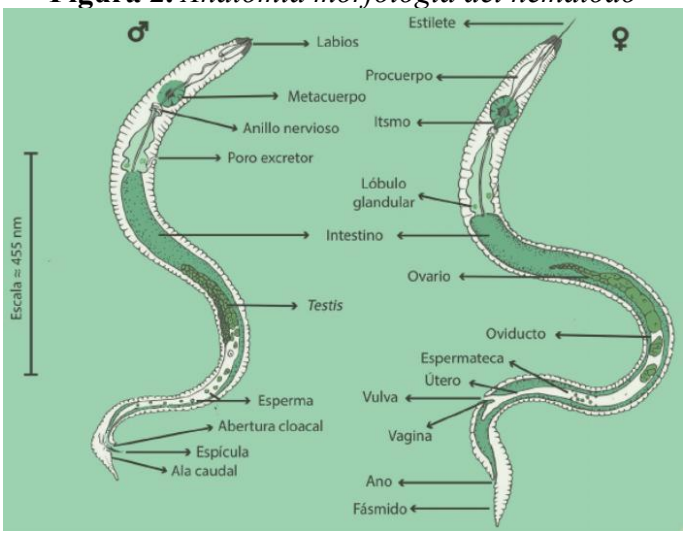
Se diferencia en tres estados: huevo, juvenil y adulto. Los nematodos tienen la particularidad al igual que los artrópodos de estar clasificados como Ecdysozoa (son animales que mudan), ya que normalmente son organismos que mudan cuatro veces en todo su desarrollo, lo cual da como resultado 4 etapas juveniles hasta llegar al estado adulto. El huevo contiene una de esas primeras etapas; el primer juvenil 1, el juvenil 2 abandona el huevo y empieza alimentarse, en el cual, son semejantes a los adultos, a diferencia de los que presentan dimorfismo sexual. Regularmente el macho no se alimenta, muere después de la copula a excepción de la hembra que continua el ciclo hasta la deposición e los huevos, estos a su vez, quedan libres en el suelo o en la parte interna de las plantas (Decraemer et al., 2019).

Figura 1. *Ciclo de vida del nematodo*



Nota. La ilustración hace referencia al ciclo de vida, sin embargo, en algunas especies puede variar. **Fuente:** *PROINPA (2002)*

Figura 2. *Anatomía morfología del nematodo*



Nota. La figura representa la anatomía interna y externa de ejemplar macho y hembra.

Fuente: Manual de Nematología Agrícola. Bases y Procedimientos *(2021)*

4.5. Grupos distintivos en la agricultura

De acuerdo con su interacción podemos distinguir tres (3) grupos fundamentales en el campo agrícola:

4.5.1. Fitopatógenos o fitoparásitos

Son los organismos que independiente de los daños que genera, reducen las funciones fisiológicas de las raíces y de la parte aérea produciendo perdidas en los rendimientos lo que impide el crecimiento de las plantas (Guzmán et al, 2020)

4.5.2. Entomopatógenos

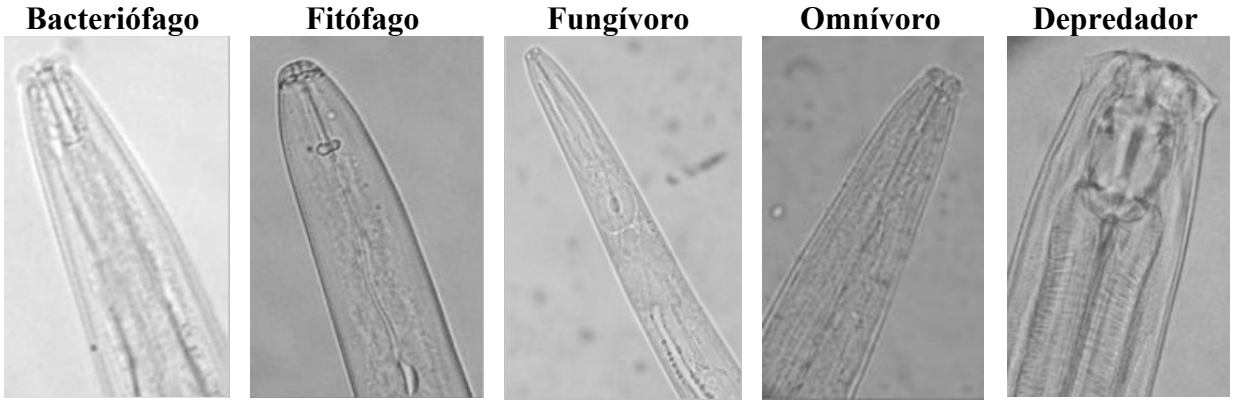
Son algunas especies de nemátodos capaces de infectar a insectos, estos especialmente a plagas que generan daños en los cultivos, en los que se destacan géneros como Heterorhabditis y Steinernema y que pueden inducir la muerte de las larvas o adultos (Uribe et al, 2020).

4.5.3. De vida libre

Estos organismos cumplen un rol fundamental en el equilibrio y desarrollo en su nicho ecológico, agrupan la mayoría de las especies en la dinámica del suelo, y que muestran ser dependientes de la materia orgánica para su supervivencia, la gran mayoría de los géneros están presente en mayor abundancia en suelos de textura liviana (Uribe et al, 2020; Millán et al, 2016).

4.6.Clasificación grupos tróficos

Figura 3. *Grupo tróficos de nematodos*



Nota. La comunidad de nematodo edáficos está conformada por organismos de distintos hábitos alimenticios y que se clasifican en cinco grupos tróficos. **Fuente**: LASAF (2016).

4.6.1. Nemátodos bacteriófagos

Según lo dicho por (Chaves et al., 2019) los organismos pequeños (0,4 a 2,0 mm), de cuerpo ancho, con arte anterior deprimida y parte posterior aguda, cabe resaltar, que algunos presentan forma en punta fina, cola truncada. La parte bucal no presenta estilete, pero posee cavidad bucal con paredes gruesas, el esófago es cilíndrico en el área anterior, contiene bulo basal. Se alimenta de bacterias del suelo rizosferico y se encuentran en su mayoría en tejidos de plantas en estado de descomposición.

4.6.2. Nemátodos fitófagos

Los organismos miden entre (0,4 a 11 mm) se caracterizan por poseer un estomatoestilete perforados, un esófago cilíndrico con bulbo medio valvular presenta ciclo de vida de 4 semanas, se diferencian en tres grupos: ectoparásitos (se alimentan de la raíz), semiendoparasitos (penetran la parte interior en las células de la corteza) y endoparásitos (se introduce en distintos órganos de las plantas y se adhieren a los tejidos) (Piedrahita et al., 2012).

4.6.3. Nemátodos fungivoros

Los organismos presentan estilete de tamaño pequeño y fino, sin ausencia o presencia de bulbos basales, se hallan en plantas y en el suelo, alimentándose de micelios de hongos (Sánchez et al., 2013).

4.6.4. Nemátodos omnívoros

Los organismos miden entre (1 a 11 mm) y se caracterizan por presentar estilete corto y esófago cilíndrico. Se alimentan de plantas, algas, hongos, protozoos, rotíferos, enquitreidos y otros nematodos (Sánchez et al., 2013).

4.6.5. Nemátodos predadores

Los predadores se caracterizan por poseer un estoma de pared gruesa con diente dorsal y esófago cilíndrico, se alimentan de otros nematodos, de rotíferos y de pequeños invertebrados del suelos (Chaves et al., 2019).

5. Metodología

5.1. Diseño metodológico

Para la planificación y desarrollo de la presente investigación, se implementó un enfoque metodológico mixto. Las muestras de suelo fueron tomadas de dos áreas de estudio biológicas y con intervención antrópica distintas, Potreros y Zona de bosque, de estas se obtuvo un total de 5 muestras (3 de potreros y 2 de bosque).

La recolección de las mismas se realizó siguiendo las recomendaciones del IGAC, (2023), teniendo en cuenta la toma submuestras (para generar una muestra homogénea representativa) en cada sitio de estudio.

En el procedimiento de extracción, selección e identificación de nematodos se realizó por quintuplicado para cada muestra de suelo de los sitios de estudio (Bosque 1, bosque 2, Potrero 1, Potrero 2 y Potrero 3), asegurando así la repetición del análisis en cinco ocasiones por cada muestra.

5.2. Técnicas de recolección de datos

A continuación, se presentan las técnicas de recolección de datos para el desarrollo de la presente investigación:

Tabla 2. *Recolección de datos*

Diseño de investigación	Técnicas	Instrumentos
Documental	**Análisis documental**	Computadora y sus unidades de almacenaje, acceso a bases de datos y publicaciones científicas.
	Análisis de contenido	Cuadros de registro y clasificación de categorías.
De campo	**Observación estructurada**	Lista de cotejo para muestreo de suelo, balanza de precisión
	Muestreo de suelo	Kit de muestreo de suelo (incluye palas, recipientes de muestreo), cámara fotográfica para documentar muestras

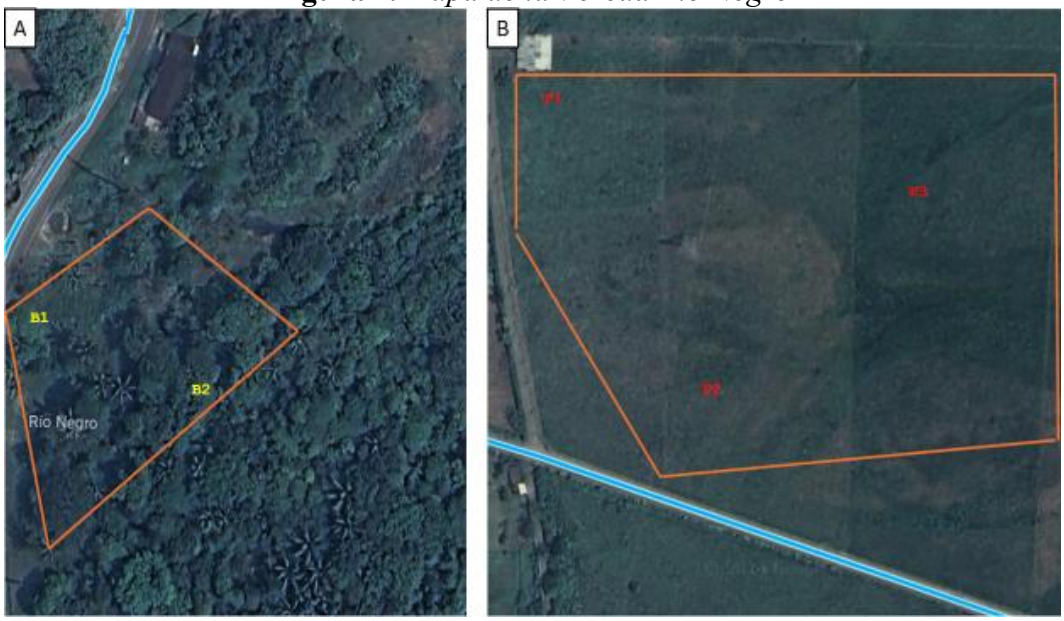
Análisis en Laboratorio	Microscopio óptico, cámara para microscopio, estereoscopio e instrumentos para preparación de muestras (pinzas, placas de petri)

Fuente. Elaboración propia (2024).

5.3. Ubicación Geográfica del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la finca del Paso de los toros y la finca La morenita, que se encuentran ubicadas en la vereda Rio Negro Villavicencio Meta- 4°02'13.5"N 73°40'56.6"W-4°03'18.5"N 73°40'05.3"W, en la **(figura 4)** se podrá notar las zonas donde se tomaron las muestras de suelo para hacer la extracción de nematodos

Figura 4. *Mapa de la Vereda Río Negro*



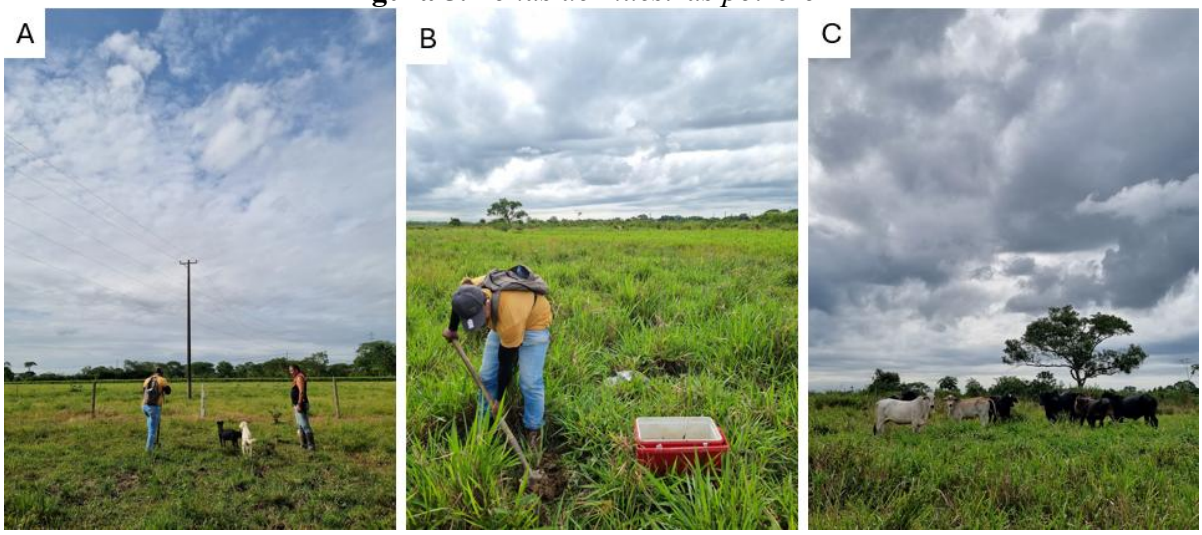
Nota. Ubicación de los puntos donde se extrajeron las muestras. A). zona de bosque el Pase de los toros. B). zona de potrero La morenita. Imagen sacada de Google Maps, los cuadros naranjas indican con precisión de donde se sacaron las muestras. B1: Bosque 1, B2: Bosque 2, P1: Potrero 1, P2: Potrero 2, P3: Potrero 3**. Fuente:** Google Earth (2024)

5.4.Procedimiento para la obtención de Datos

5.4.1. Descripción de las zonas de estudio y toma de muestras de suelo

Las muestras de suelo se recolectaron de dos zonas en la vereda Rio Negro, las cuales estaban en condiciones diferentes; las primeras son de 3 potreros ganaderos y la segunda de un bosque primario, en cada zona se tomaron 5 submuestras de suelo rizosférico completamente al azar para así revolver y tener finalmente una muestra de suelo.

Figura 5. *Zonas de muestras potrero*



Nota. A). poca vegetación y más intervención por animales (Potrero 1-P1), B). mejor vegetación y mantenimiento (Potrero 2-P2), C). pastos más altos, poca intervención animal y una mejor conservación del suelo (Potrero 3-P3). **Fuente:** Autor (2024)

Figura 6. *Zona de muestra en bosque*



Nota. A). punto donde se hacen los huecos de 20x20 para sacar las submuestras, B). selección de punto de muestra de forma azar (Bosque 1-B1), C) homogenizando las 5 submuestras para sacar la final. **Fuente:** Autor (2024)

Por cada punto de muestra se realizó un cuadro de 20x20 cm hasta llegar a los 20 cm de profundidad para recolectar la muestra, una vez hecho esto se depositó en bolsas de ziploc y posteriormente se guardaron en una cava para el traslado al laboratorio de la granja Agroecológica de UNIMINUTO- Villavicencio- Meta.

Figura 7. *Algunos procedimientos en la toma de muestra*

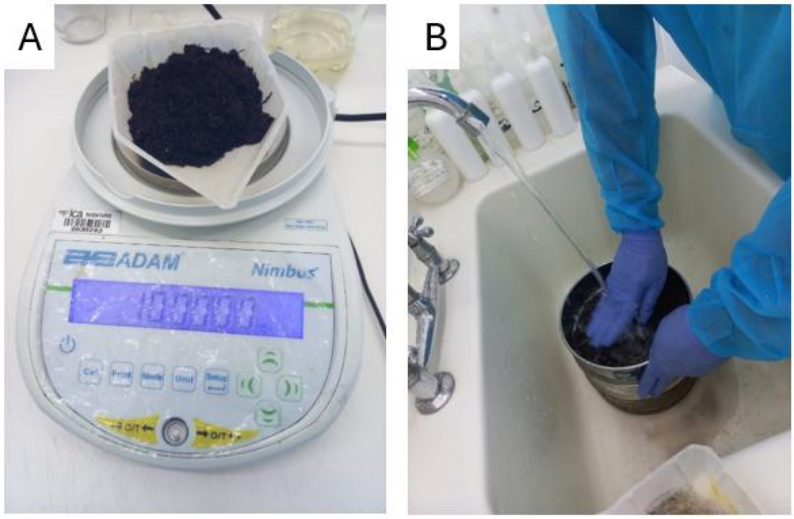


Nota. A). submuestras de la zona de bosque Pase De Los Toros. B). submuestras de potrero vereda Rio Negro. **Fuente:** Autor (2024)

5.4.2. Extracción de nematodos de las muestras de suelo

Una vez se tenían las muestras recolectadas, se procedió a realizar la extracción de nematodos siguiendo el protocolo descrito por Baermann (1917) y OEPP/EPPO Bulletin (2013), con modificaciones, en donde se requería pesar 100g de suelo (**figura 8,A)**, los cuales se depositaron en un balde para después verter 2 litros de agua y homogeneizar la muestra. Una vez hecho lo anterior, se realizó el tamizado de la muestras sobre una secuencia de 3 tamices (400, 106, 38), tal como se muestra en la (**figura 8)**.

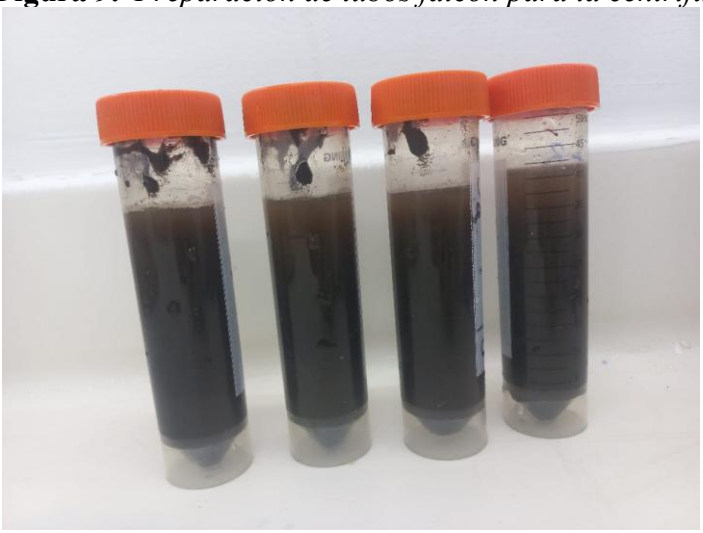
Figura 8. *Pesaje y tamizaje del suelo*



Nota. pesaje y tamizaje de suelo para la extracción de nematodos. A) peso de los 100 gramos de suelo, B) orden de tamices para la extracción de nematodos. **Fuente:** Autor (2024)

Una vez tamizado, se tomó el material depositado en los dos últimos tamices (106 y 38), los cuales se transfirieron a unos tubos falcón de 50ml con la ayuda de un frasco lavador. Con los sedimentos ya en los tubos, se agregó una solución azucarada al 70% hasta completar la capacidad de 45ml del tubo, posteriormente se agito para homogenizar la solución (**figura 9)**.

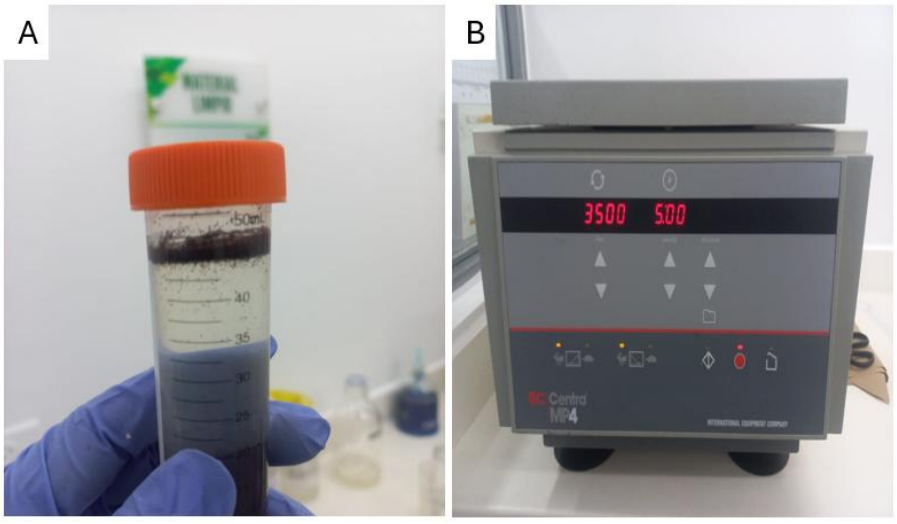
Figura 9. *Preparación de tubos falcón para la centrifugadora*



Nota. Tubos falcón con adición de agua azucarada al 70%. **Fuente:** Autor (2024)

Luego, se pasaron los tubos falcón ya preparados a la centrifugadora donde se dejaron 5 minutos a 3500 RPM. Una vez pasado el tiempo mencionado, se vertió el sobrenadante del tubo en el tamiz de 38 µm, para rescatar los nematodos y lavar el exceso de la solución azucarada

Figura 10. *Centrifugación*



Nota. A) partículas donde se encuentran los nematodos. B) centrifugadora 3500 RPM *a 5 min.* **Fuente:** Autor (2024)

5.4.3 Identificación de las especies encontradas en las muestras de suelo de los sitios de estudio.

Una vez finalizado el proceso de lavado y retirado del exceso de solución azucarada para evitar colapso de los nematodos presentes en las muestras, se transfirió el producto obtenido a una caja de Petri utilizando un frasco lavador con agua destilada, con el fin de iniciar la selección manual (pesca) de nematodos bajo un estereomicroscopio (**Figura 10**).

Los individuos seleccionados fueron montados en portaobjetos y cubreobjetos para su posterior observación e identificación taxonómica mediante un microscopio óptico, donde se tomaron imágenes del esqueleto cefálico, la cola, el tipo de estilete, esófago y su aparato bucal, ademas de otras características morfológicas como la forma del cuerpo y la estructura del sistema reproductivo, entre otros rasgos externos para llegar a la identificación a nivel de género. Para este proceso se siguieron las claves taxonómicas de Bridge, & Starr, 2007; Coyne et al, 2007;; Handoo et al., 2014; Guzman, 2016; Navone et al ., 2017; Meier et al., 2019; Doucet et al., 2020; Hosseinvand et al., 2020 y Gu et al., 2021)

5.4.4 Determinación de la importancia biológica y funcional de los nematodos encontrados en los sitios de estudio.

La determinación de la importancia biológica y funcional se estableció en base a la búsqueda y consolidación de registros bibliográficos existentes para cada una de las especies identificadas en el desarrollo del estudio. Así mismo, como producto de la correlación de dichos datos con la descripción y registros fotográficos del sistema digestivo y esqueleto cefálico tomados en el desarrollo del presente estudio que determinan la pertenencia de las especies o géneros a un gremio trófico o habito alimenticio.

5.4.5 Comparación de la diversidad y densidad poblacional de los nematodos encontrados en los sitios de estudio.

Para comparar la diversidad de nematodos de vida libre presentes en los suelos de potreros y zonas de bosque, se realizó el cálculo de índices de diversidad de Dominance_D, Simpson_1-D, Shannon_H, Evenness_e^H/S, Brillouin, Menhinick, Margalef, Equitability_J, Fisher_alpha, Berger-Parker, Chao-1, iChao-1, ACE, el cual se realizó mediante matrices de presencia ausencia y abundancia de cada género encontrado, analizando los datos con el programa PAST versión 4,17.

6. Resultados y Discusión

6.1 Identificación taxonómicamente de los nematodos encontrados en los suelos de la finca ganadera y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.

Durante el desarrollo de esta investigación se logró la extracción de 558 individuos de nematodos de vida libre de los cuales se hizo la identificación a 521, dado que se presentó la explosión de 7 individuos al momento del montaje en placa para la identificación. En La **tabla 3** se observa el número de individuos que fueron extraídos en cada sitio de muestreo, durante cada una de las repeticiones (denominadas roleo en la tabla) del proceso.

Tabla 3. *Cantidad total de nematodos*

	Roleo 1	Roleo 2	Roleo 3	Roleo 4	Roleo 5	Total, P
Potrero 1	18	21	15	13	11	
Potrero 2	20	17	17	15	9	
Potrero 3	16	32	11	12	9	236
						Total, B
Bosque 1	34	27	64	25	21	
Bosque 2	30	23	25	42	31	322

Nota. Conteo de nematodos en potrero y bosque por cada repetición. **Fuente:** Autor (2024)

De los 521 especímenes que se logró la identificación, se determinó que pertenecían a 23 géneros, 15 familias, 5 órdenes y dos clases: *Chromadorea* y *Enoplea* (**ver tabla 4**).

Tabla 4. *Nematodos encontrados en la zona de estudio*

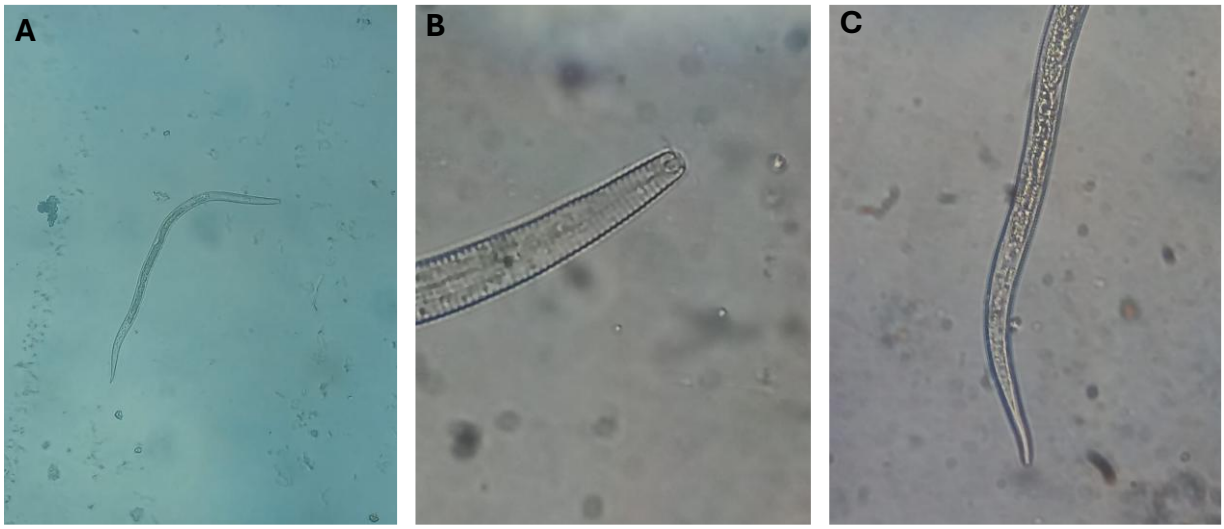
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	HÁBITO	B1	B2	P1	P2	P3
Chromadorea	Plectida	Chronogastridae	Chronogaster sp.	Bacterívoros		3		1	
	Rhabditida	Anguinidae	Ditylenchus sp.	Herbívoros		1			3
		Cephalobidae	Acrobeles sp.	Bacterívoros	1	1			2
		Criconematidae	Criconemoides sp.	Herbívoros	30	18	58	63	50
			Ogma sp.	Herbívoros				1	
		Dolichodoridae	Trophurus sp.	Herbívoros	1	1			2
			Tylenchorhynchus sp.	Herbívoros					1
		Hemicycliophoridae	Hemicycliophora sp.	Herbívoros	2			1	
		Hoplolaimidae	Helicotylenchus sp.	Herbívoros	100	110			1

			Rotylenchus sp.	Herbívoros		1			
		Panagrolaimidae	Panagrellus sp.	Omnívoros	13	6			
			Panagrolaimus sp.	Bacterívoros	2	1			
		Rhabditidae	Rhabditis sp.,	Bacterívoros		1		1	
		Tylenchidae	Filenchus sp.	Fungívoro			1	2	
			Psilenchus sp.	Herbívoros	1				
			Tylenchus sp.	Herbívoros					1
Enoplea	Dorylaimida	Dorylaimidae	Dorylaimus sp.	Herbívoros	1		7	3	2
			Prodorylaimus sp.	Omnívoros	8	2			1
		Longidoridae	Longidorus sp.	Herbívoros					1
			Xiphinema sp.	Herbívoros	1				
	Mononchida	Mylonchulidae	Mylonchulus sp.	Depredador	5	1			1
	Triplonchida	Prismatolaimidae	Prismatolaimus sp.	Bacterívoros	3	1			
		Tobrilidae	Tobrilus sp.	Bacterívoros	1	2			

Tabla 5. Identificación taxonómica y tipo de hábito alimenticio de los nematodos encontrados en las diferentes zonas de estudio. B1: Bosque 1; B2: Bosque 2; P1: Potrero 1; P2: Potrero 2; P3: Potrero 3**. Fuente:** Autor (2024).

A continuación, se presentan los registros fotográficos (figuras) de los géneros encontrados en el estudio:

Figura 11. *Observación microscópica de Chronogaster sp.*



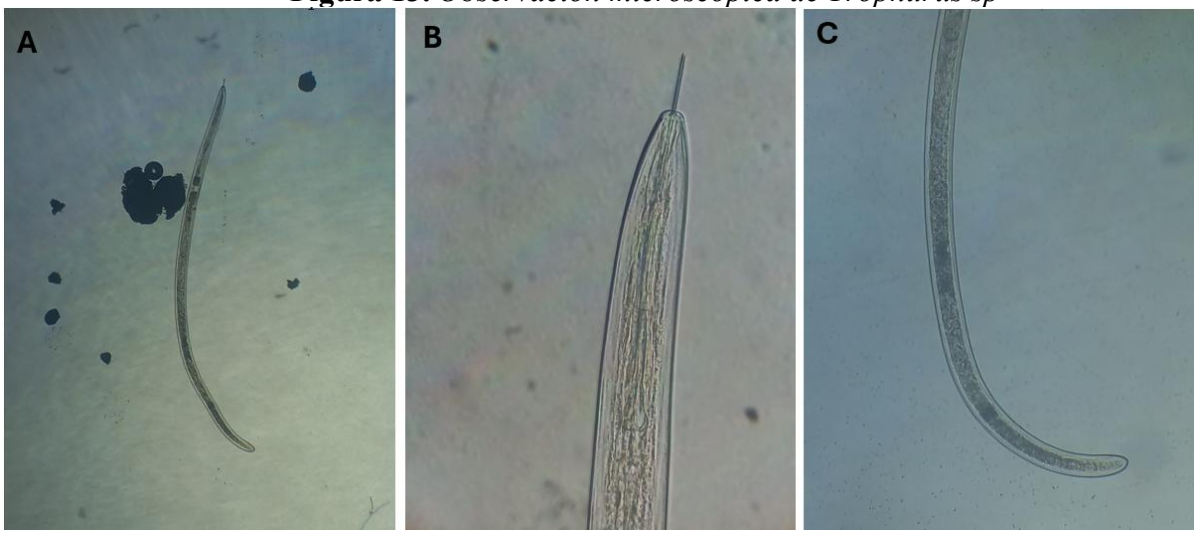
Nota. Estructuras del nematodo Chronogaster sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 12. *Observación microscópica de Mylonchus sp*



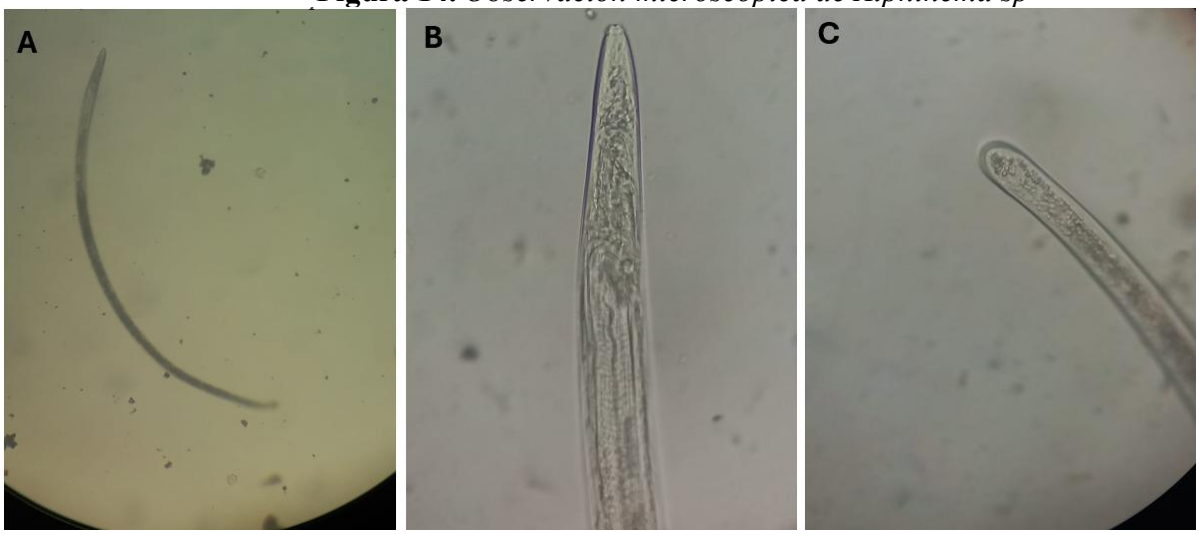
Nota. Estructuras del nematodo Mylonchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 13. *Observación microscópica de Trophurus sp*



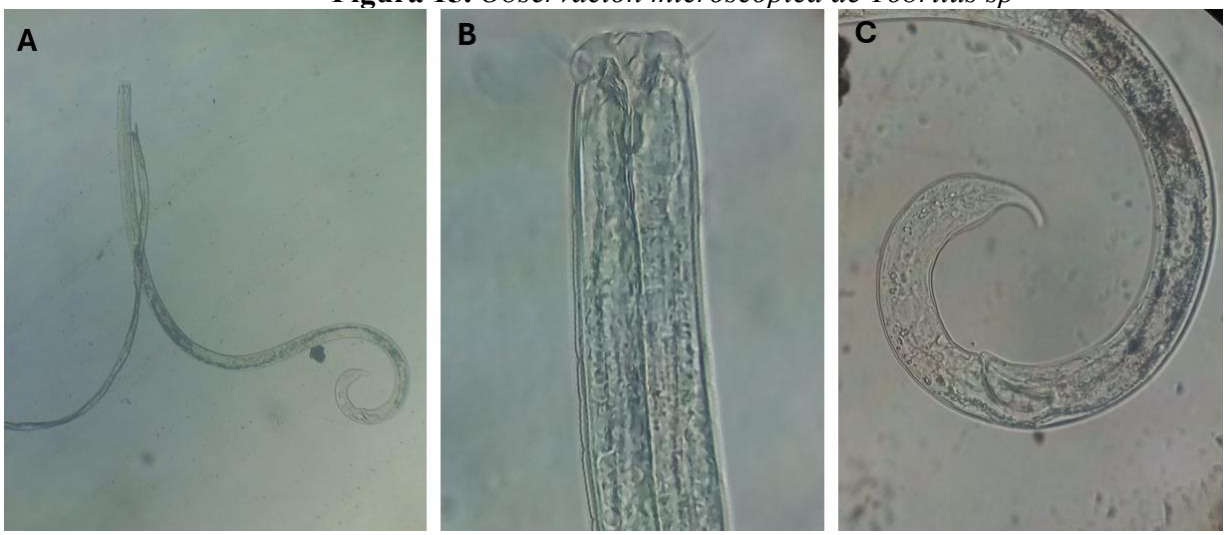
Nota. Estructuras del nematodo Trophurus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 14. *Observación microscópica de Xiphinema sp*



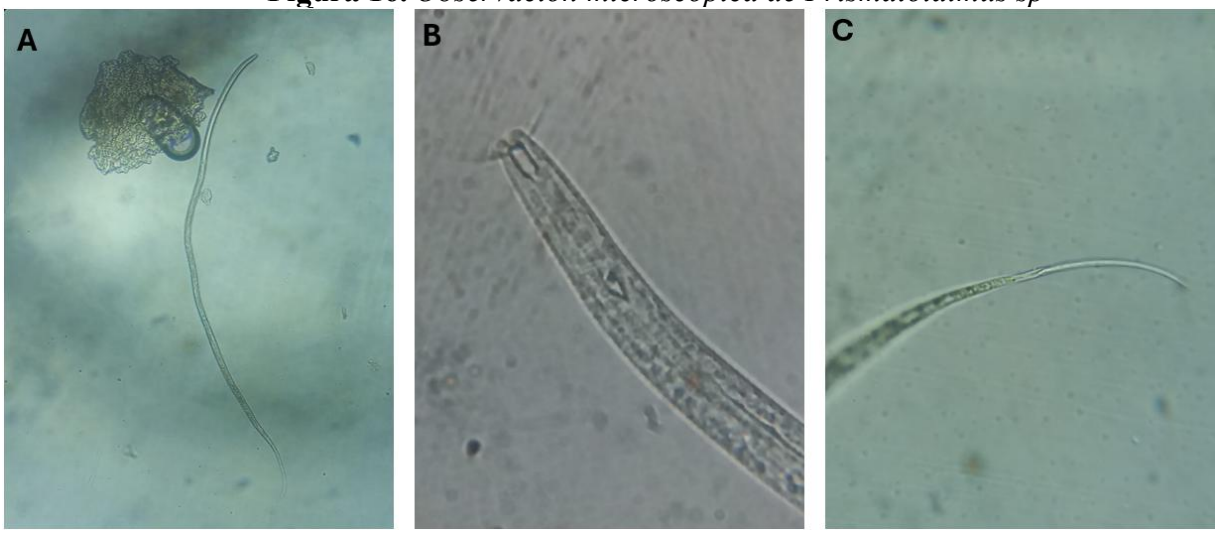
Nota. Estructuras del nematodo Xiphinema sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 15. *Observación microscópica de Tobrilus sp*



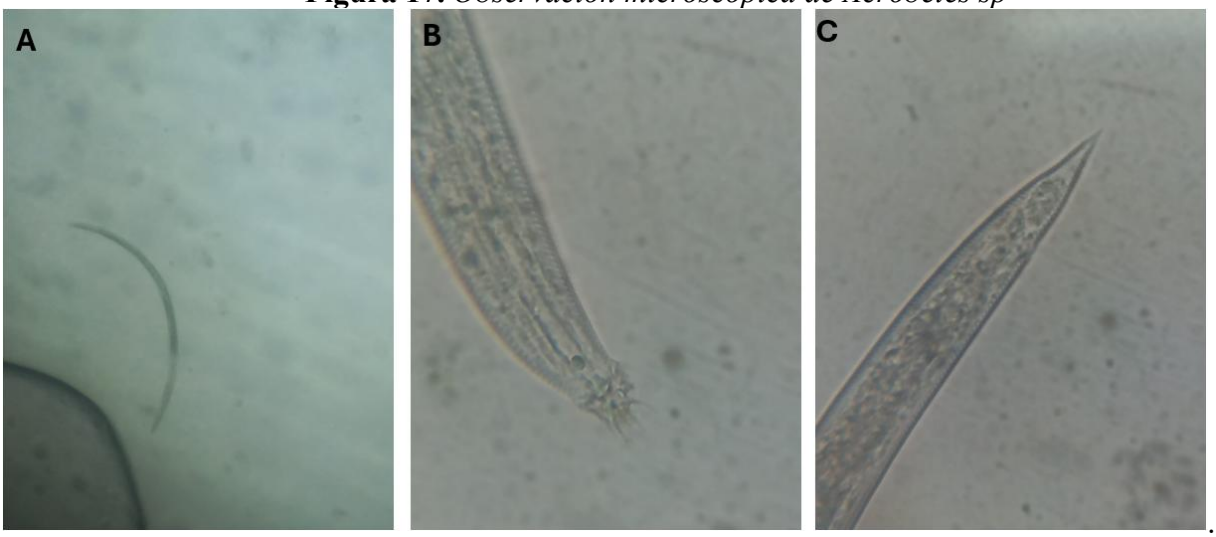
Nota. Estructuras del nematodo Tobrilus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 16. *Observación microscópica de Prismatolaimus sp*



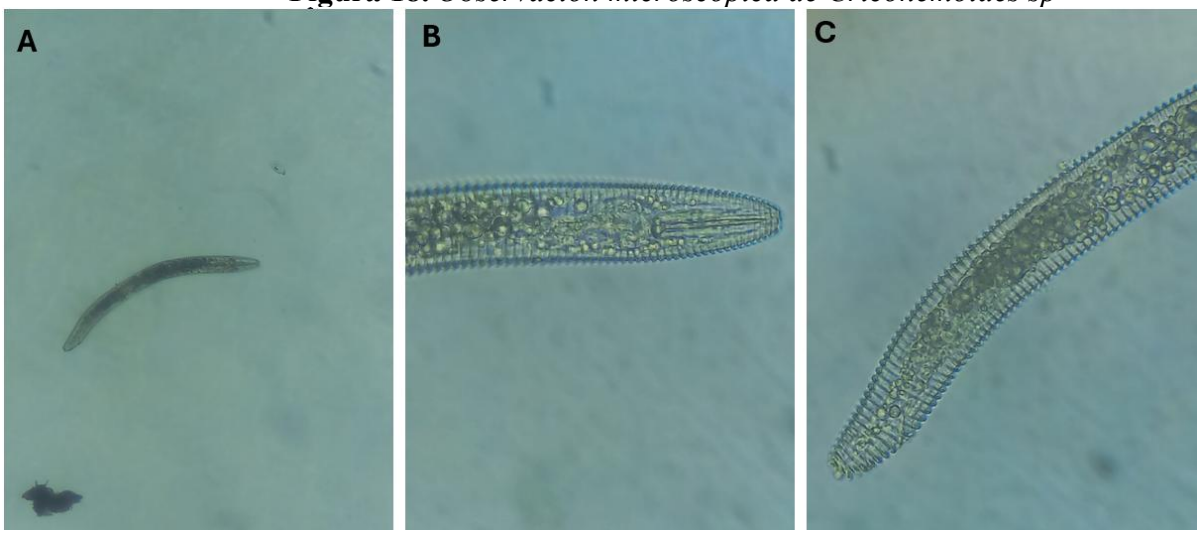
Nota. Estructuras del nematodo Prismatolaimus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 17. *Observación microscópica de Acrobeles sp*



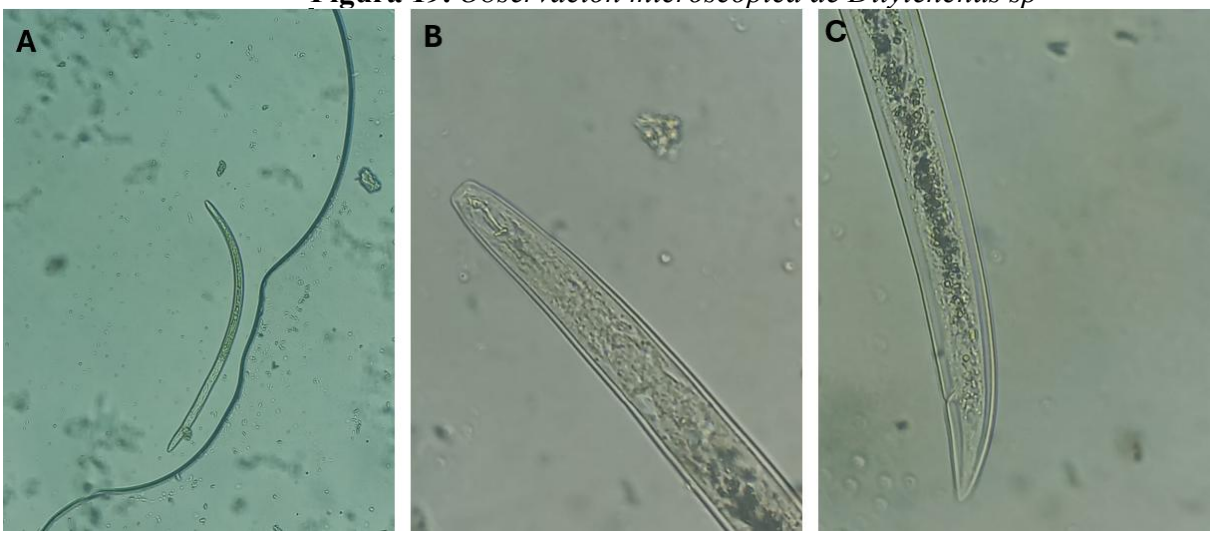
Nota. Estructuras del nematodo Acrobeles sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 18. *Observación microscópica de Criconemoides sp*



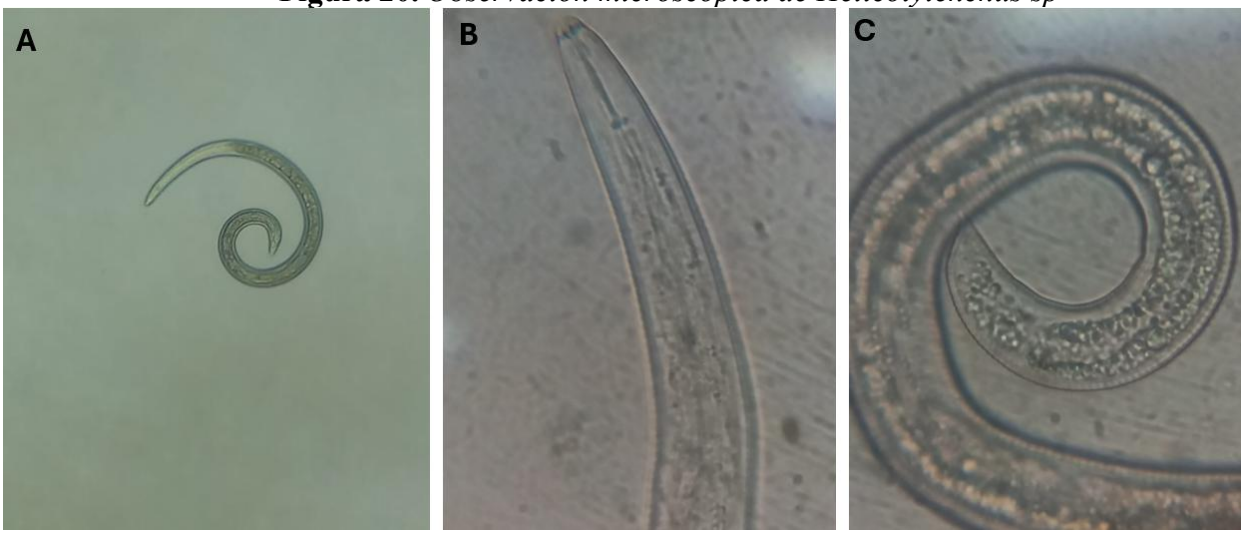
Nota. *Estructuras del nematodo Criconemoides sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola.*

Figura 19. *Observación microscópica de Ditylenchus sp*



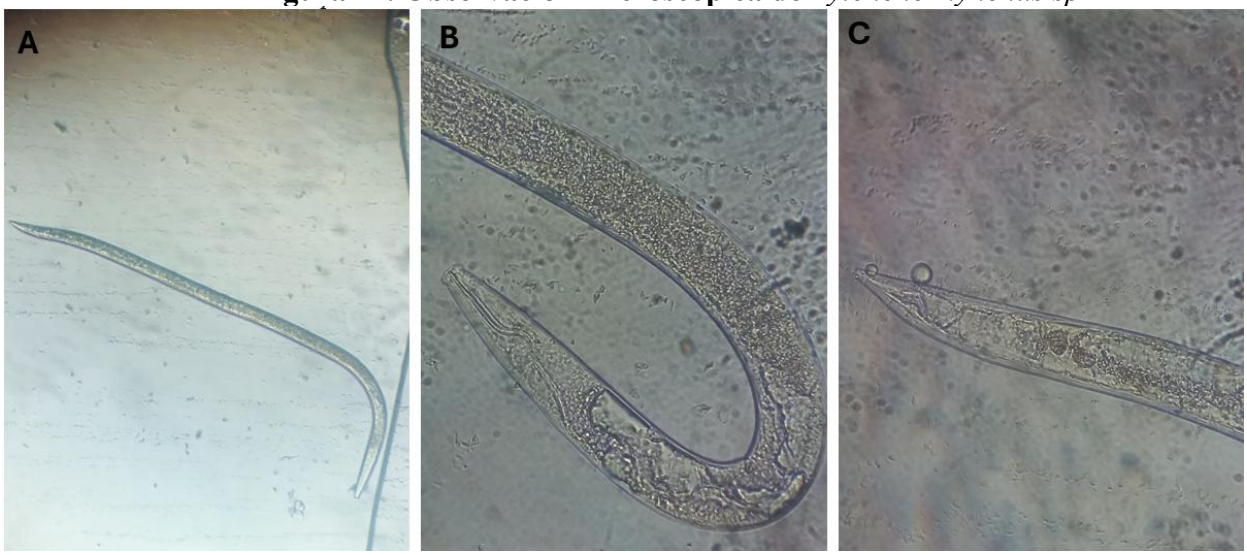
Nota. *Estructuras del nematodo Ditylenchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola.*

Figura 20. *Observación microscópica de Helicotylenchus sp*



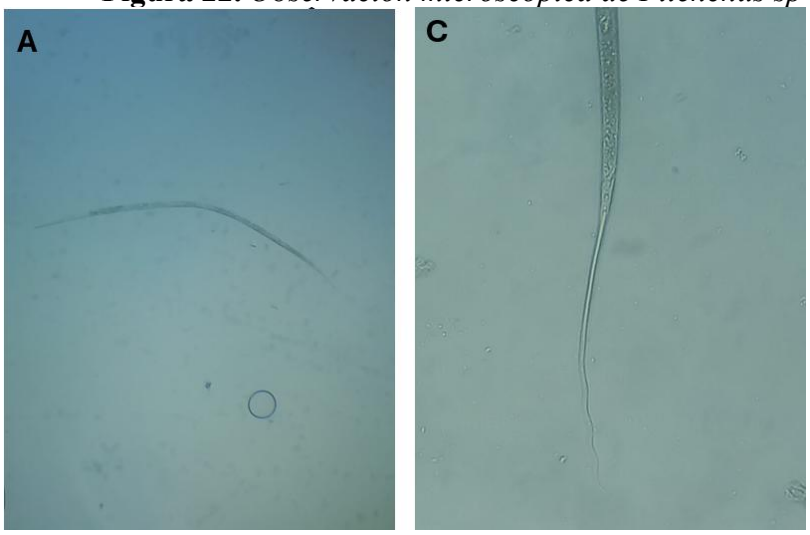
Nota. Estructuras del nematodo Helicotylenchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 21. Observación microscópica de *Tylenchorhynchus sp*



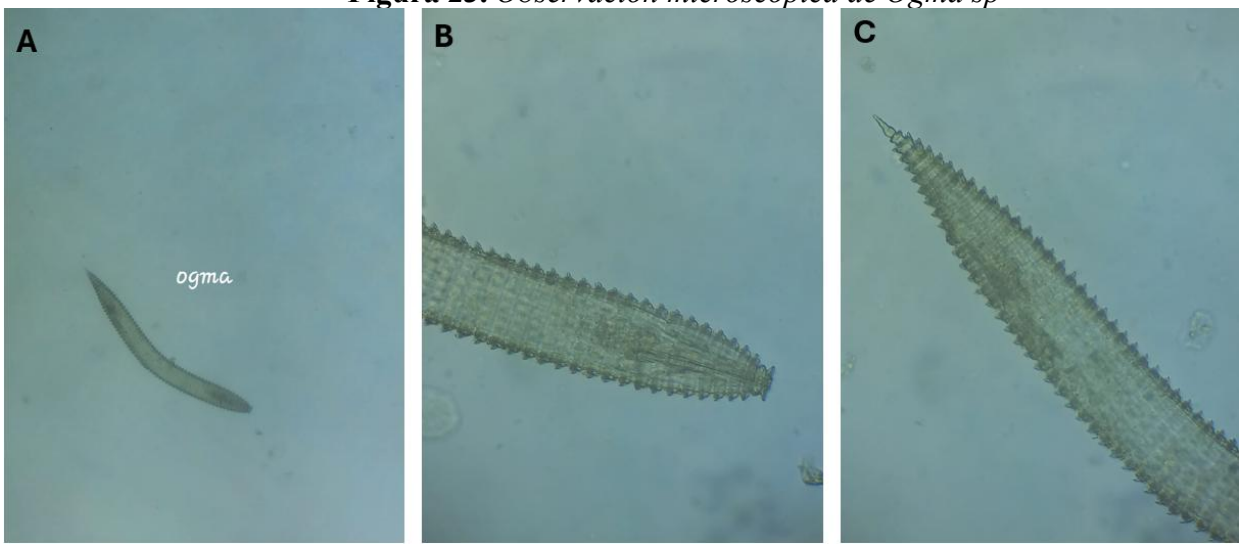
Nota. Estructuras del nematodo Tylenchorhynchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 22. *Observación microscópica de Filenchus sp*



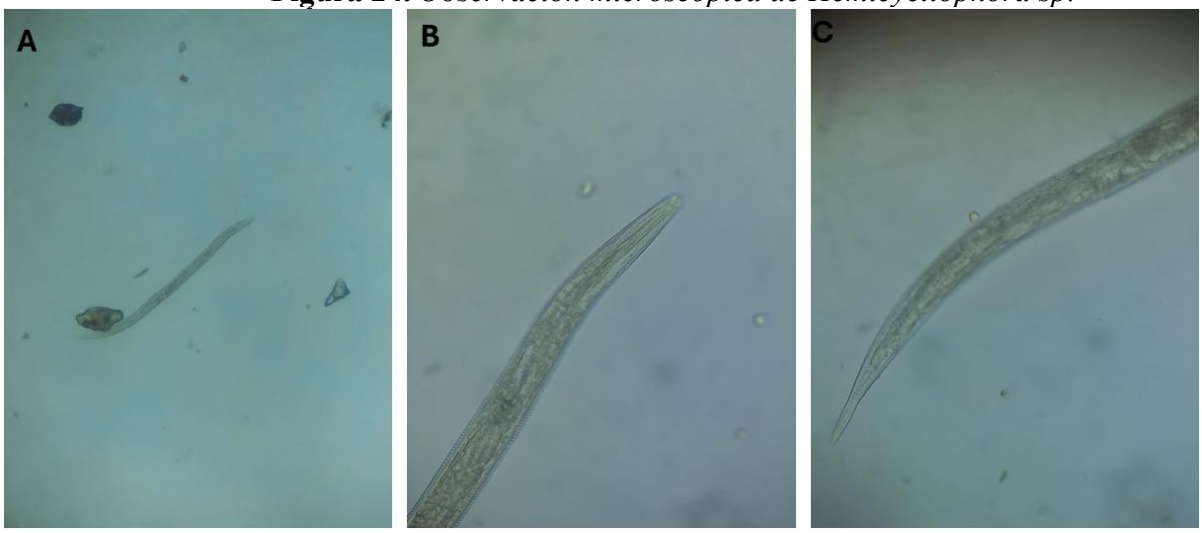
Nota. Estructuras del nematodo Filenchus sp.,. A) Cuerpo completó, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 23. *Observación microscópica de Ogma sp*



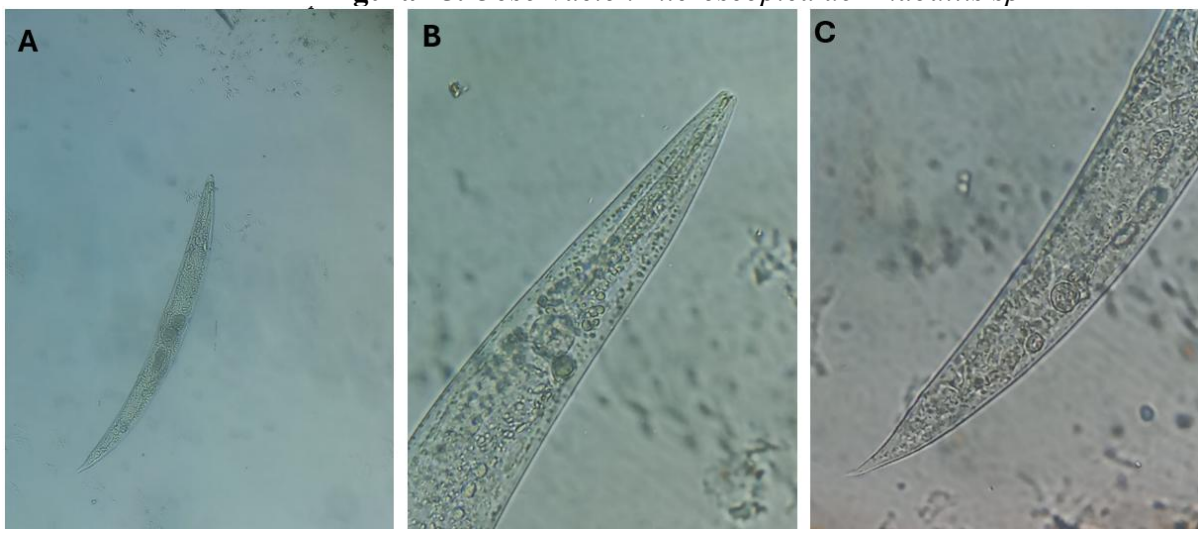
Nota. Estructuras del nematodo Ogma sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 24. *Observación microscópica de Hemicycliophora sp.*



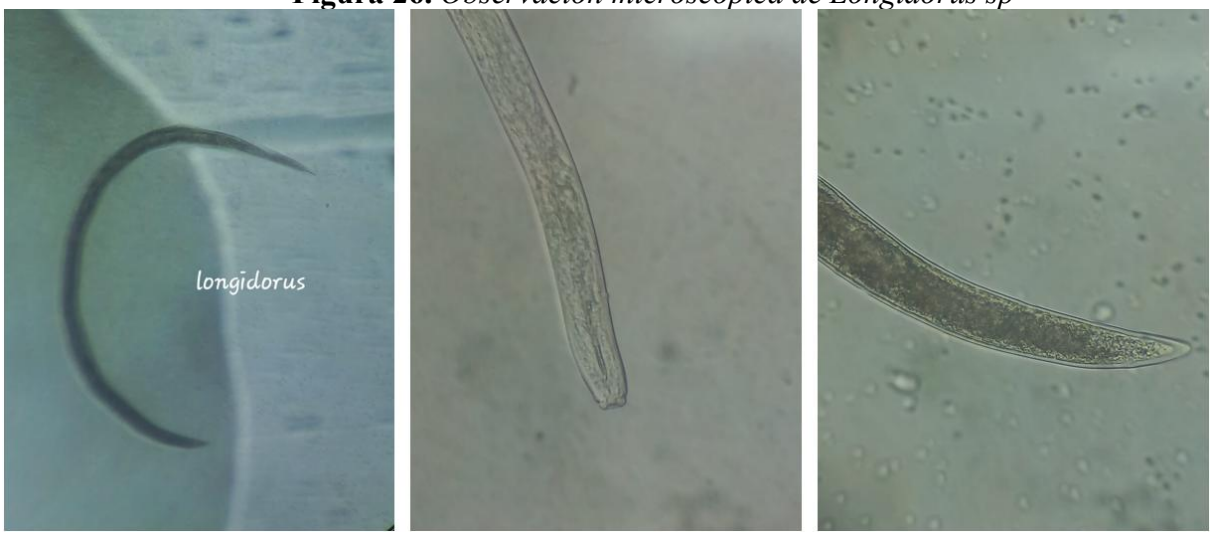
Nota. *Estructuras del nematodo Hemicycliophora sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola.* **Fuente:** Autor (2024)

Figura 25. *Observación microscópica de Rhabditis sp*



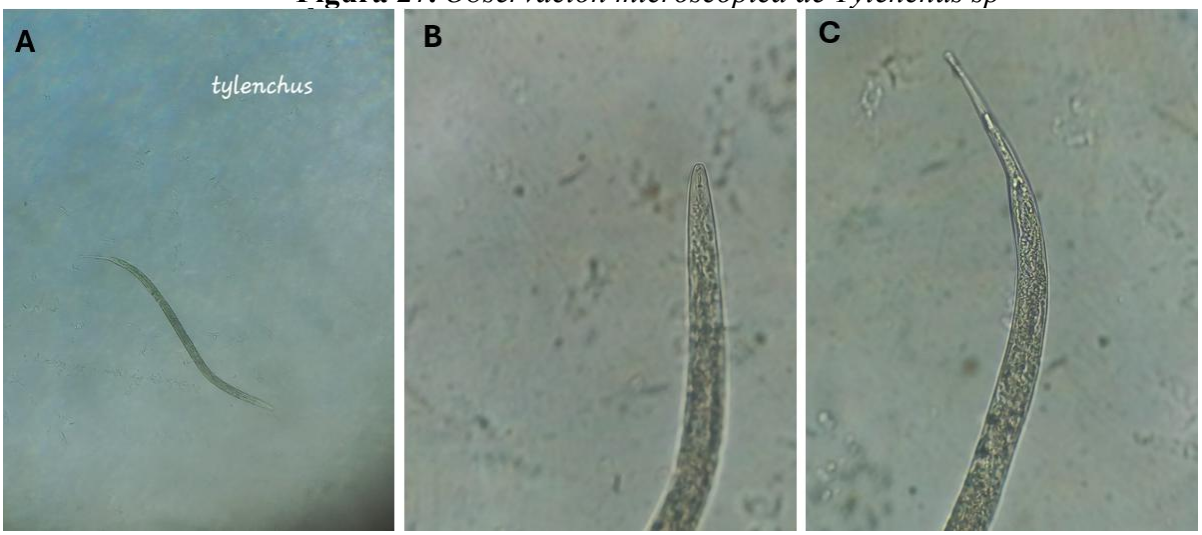
Nota. *Estructuras del nematodo Rhabditis sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola.* **Fuente:** Autor (2024)

Figura 26. *Observación microscópica de Longidorus sp*



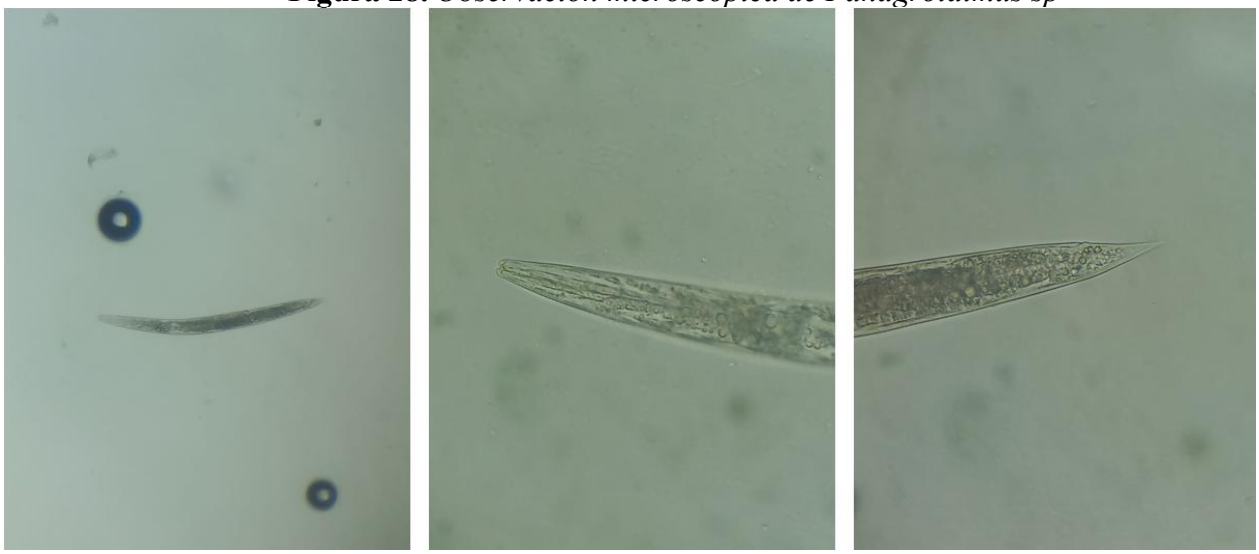
Nota. Estructuras del nematodo Longidorus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 27. *Observación microscópica de Tylenchus sp*



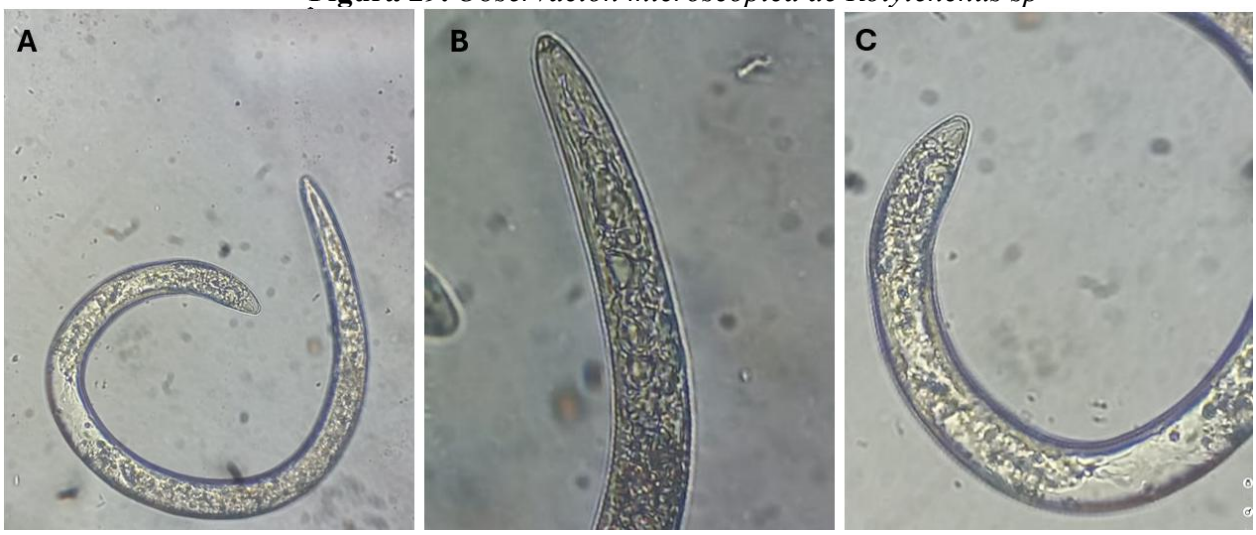
Nota. Estructuras del nematodo Tylenchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 28. *Observación microscópica de Panagrolaimus sp*



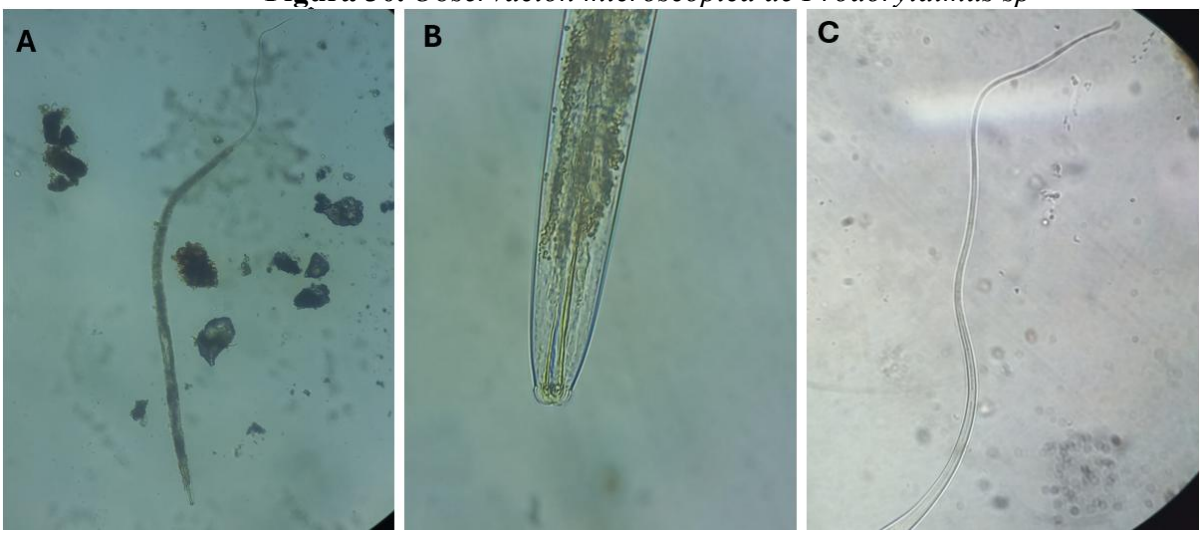
Nota. Estructuras del nematodo Panagrolaimus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 29. *Observación microscópica de Rotylenchus sp*



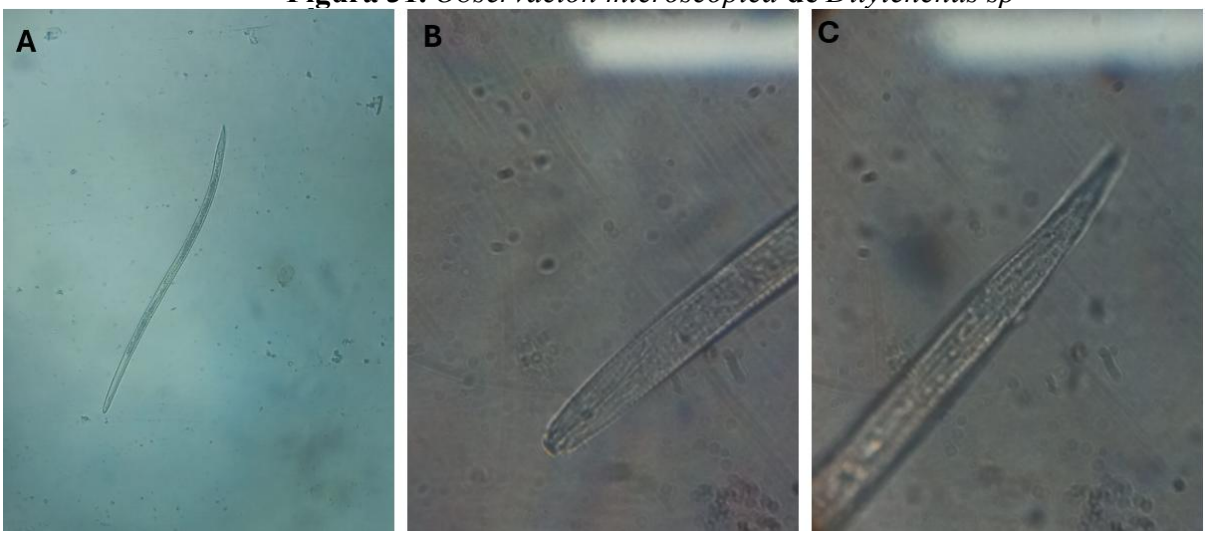
Nota. Estructuras del nematodo Rotylenchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 30. *Observación microscópica de Prodorylaimus sp*



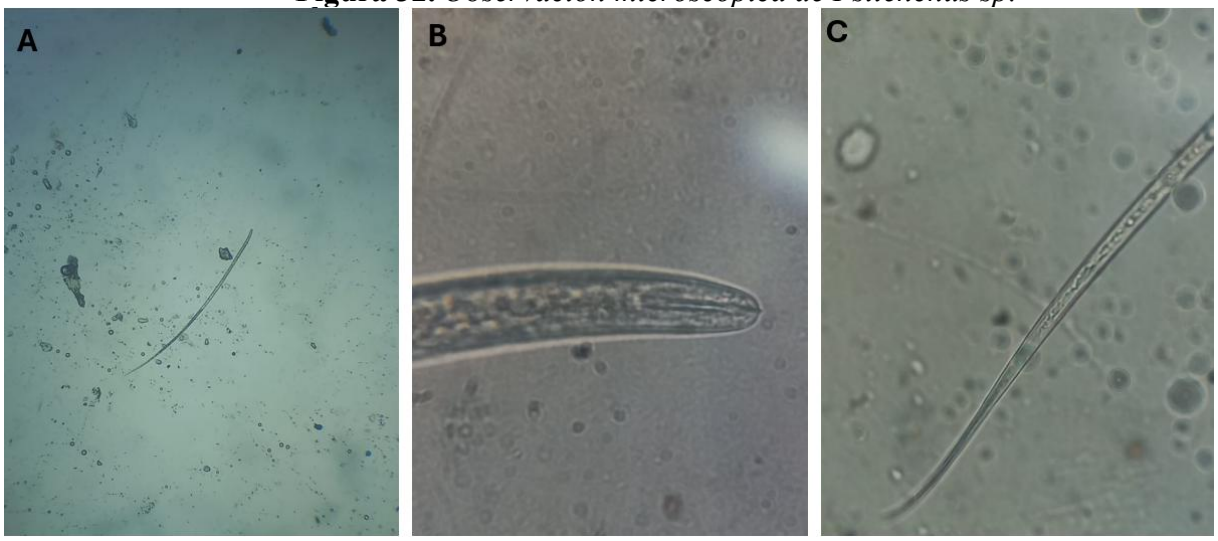
Nota. Estructuras del nematodo Prodorylaimus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 31. *Observación microscópica* **de** *Ditylenchus sp*



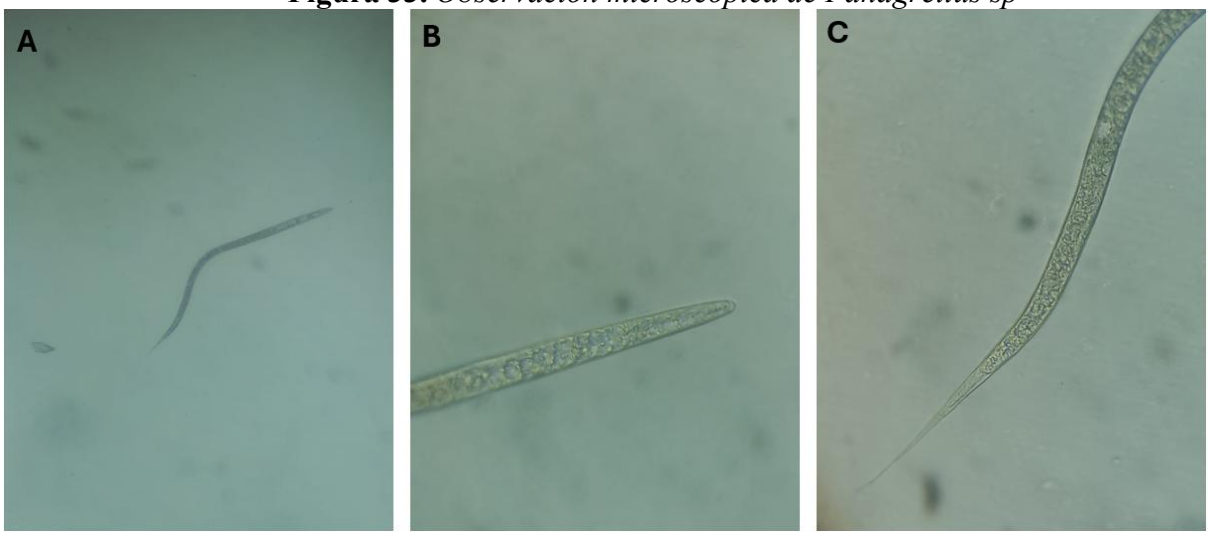
Nota. Estructuras del nematodo Ditylenchus sp.,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 32. *Observación microscópica de Psilenchus sp.*



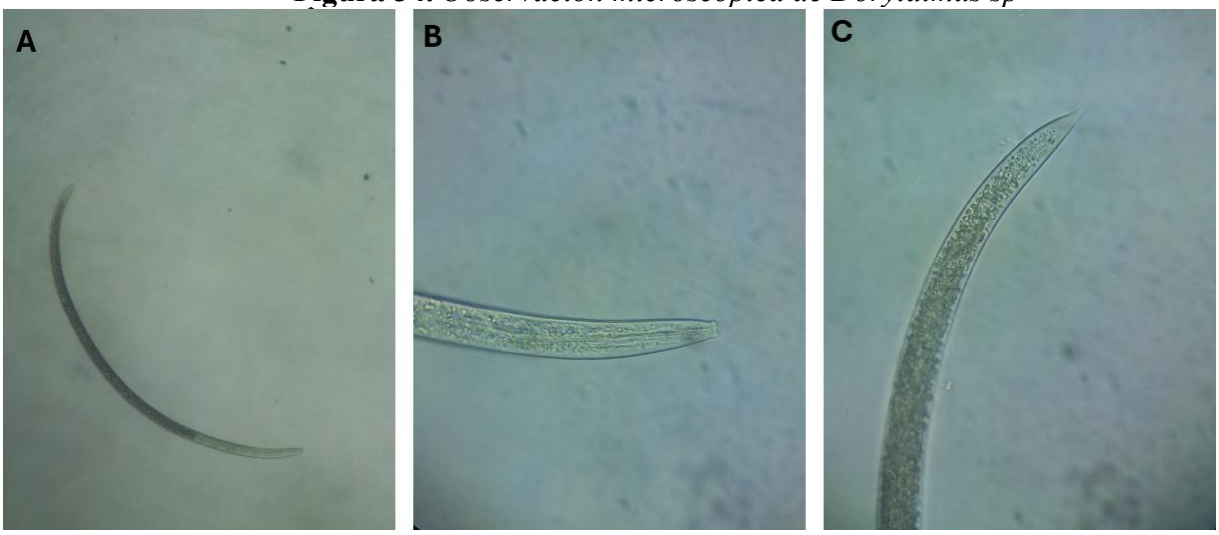
Nota. Estructuras del nematodo Psilenchus sp,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 33. *Observación microscópica de Panagrellus sp*



Nota. Estructuras del nematodo Panagrellus sp,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

Figura 34. *Observación microscópica de Dorylaimus sp*



Nota. Estructuras del nematodo Dorylaimus sp,. A) Cuerpo completó, B) Región cefálica, C) región de la cola. **Fuente:** Autor (2024)

6.2 Importancia biológica y funcional de los nematodos encontrados en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Rio Negro, Villavicencio, Meta.

Los resultados obtenidos en esta investigación revelan una notable predominancia de géneros herbívoros, que constituyen el 57% del total de nemátodos identificados en los suelos de fincas ganaderas y zonas de bosque **(figura 35).** Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que destacan la importancia de los nemátodos fitoparásitos en ecosistemas agrícolas (Ortega, 2008; Sánchez, 2022). La alta representación de los géneros *Helicotylenchus sp.* y *Criconemoides sp.* sugiere que estos nemátodos se adaptan bien a las condiciones edáficas y climáticas presentes en estas áreas, viéndose favorecidos por las prácticas de manejo del suelo que

prevalecen en algunos potreros, ya que en el potrero número 1, aunque muestra una gran cantidad de individuos solamente cuenta con 3 especies como lo muestra la **(figura 35).** Este resultado se le otorga al hecho de que este potrero contaba con más actividad intervenida por animales y humanos, debido a que era donde más tiempo pasaban el ganado y las personas de la finca.

Ahora, viéndolo desde la parte biológica y funcional, los nemátodos juegan un papel crucial en la regulación de la salud del suelo. Los herbívoros, al alimentarse de las raíces de las plantas, pueden influir en la dinámica de los bosques y potreros, afectando la producción y la calidad en su desarrollo. Sin embargo, su actividad también puede ser beneficiosa, ya que contribuyen a la descomposición de materia orgánica y al ciclaje de nutrientes, al facilitar el acceso de otros microorganismos a los recursos disponibles. Según Griffiths et al. (1994) y Wasilewsak (1998), "los nematodos bacteriólogos son mejores bioindicadores de la tasa de descomposición de materia orgánica que la abundancia de bacterias, ya que, debido a que tienen una posición más alta en la cadena alimentaria, integran tanto los factores bióticos como abióticos".

Teniendo en cuenta lo mencionado anterior, la presencia de un 26% de bacteriófagos subraya la importancia de estos organismos en el ciclo de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica **(figura 35).** Los bacteriófagos son vitales para la regulación de la microbiota del suelo, ayudando a mantener el equilibrio ecológico. La alta abundancia de estos nemátodos sugiere que los suelos de los bosques se encuentran en un estado saludable que pueden favorecer la diversidad y funcionalidad del suelo, en comparación a los potreros, indicando que no se aplican buenas prácticas de manejo sostenibles de igual manera a los tres potreros como lo grafica la **(figura 35),** (Mondino et al., 2010).

Figura 35. *Representatividad de Gremios tróficos o hábitos alimenticios de los nematodos en todo el estudio.*

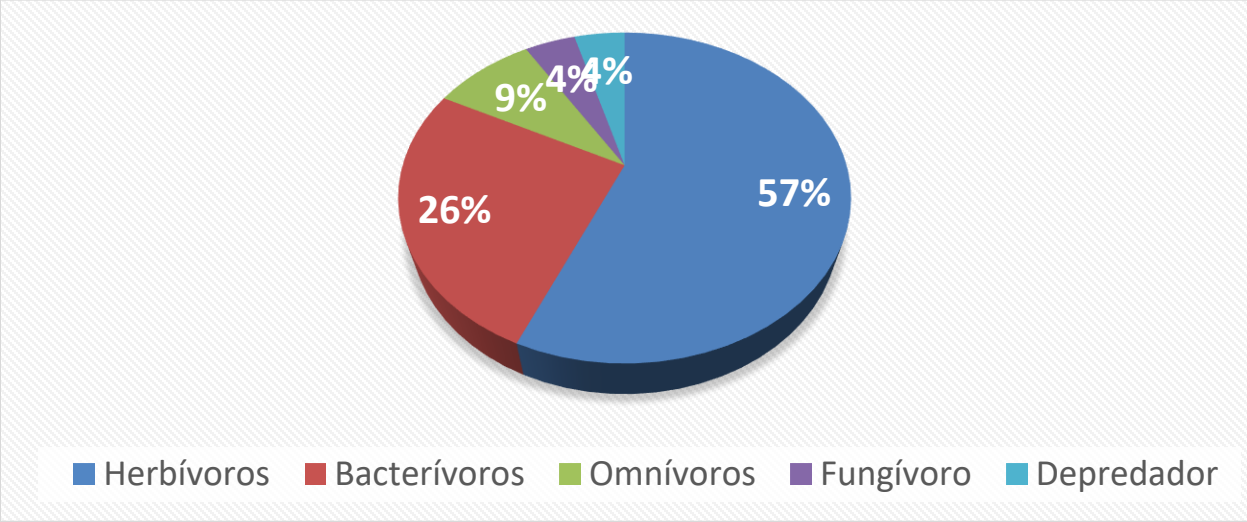


Figura 35. Representatividad de los tipos de hábitos alimenticios o gremios tróficos de los nematodos encontrados en todo el estudio. **Fuente:** Autor (2024).

La coexistencia de diferentes grupos tróficos, incluyendo un 9% de omnívoros y 4% de fungivoros **(figura 35),** también resalta la diversidad funcional del ecosistema. Estos grupos desempeñan roles específicos, que son cruciales al momento de regular poblaciones microbianas, lo que enfatiza en la dependencia reciproca entre los diferentes grupos tróficos nemátodos y su impacto en el ecosistema (De la cruz et al., 2019).

De igual forma, cuando se compara la representatividad de los diferentes gremios tróficos o hábitos alimenticios en cada una de las zonas o sitios donde se realizó el estudio, la tendencia se mantiene, dado que los grupos más representativos son los herbívoros y bacteriófagos. (**ver figura 36**).

Figura 36. *Representatividad de Gremios tróficos o hábitos alimenticios de los nematodos por zona de estudio*

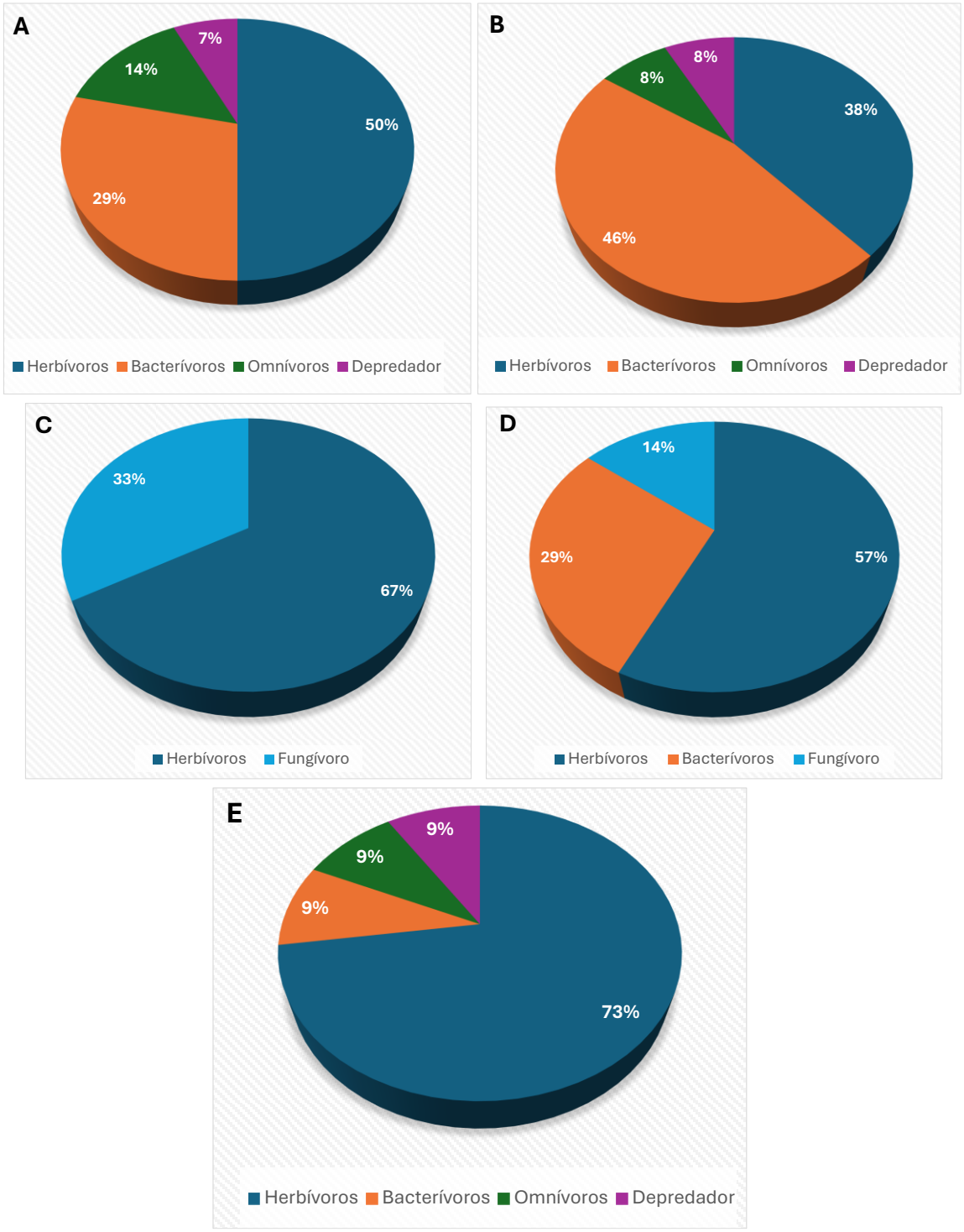


Figura 36. Representatividad de los tipos de hábitos alimenticios o gremios tróficos de los nematodos encontrados en cada una de las zonas del estudio: A) Bosque 1, B) Bosque 2, C) Potrero 1, D) Potrero 2, E) Potrero 3). **Fuente:** Autor (2024).

La diferencia en la abundancia de los géneros según el tipo de hábitat es notable. En los potreros (zona de estudios C, D y E), la predominancia de los herbívoros, específicamente de los *Criconemoides sp*. se le atribuye a la mayor actividad de pastoreo y a la compactación del suelo, que crea condiciones favorables para su desarrollo ya que este género no se ve tan afectado por estas condiciones (Hernández et al., 2006).

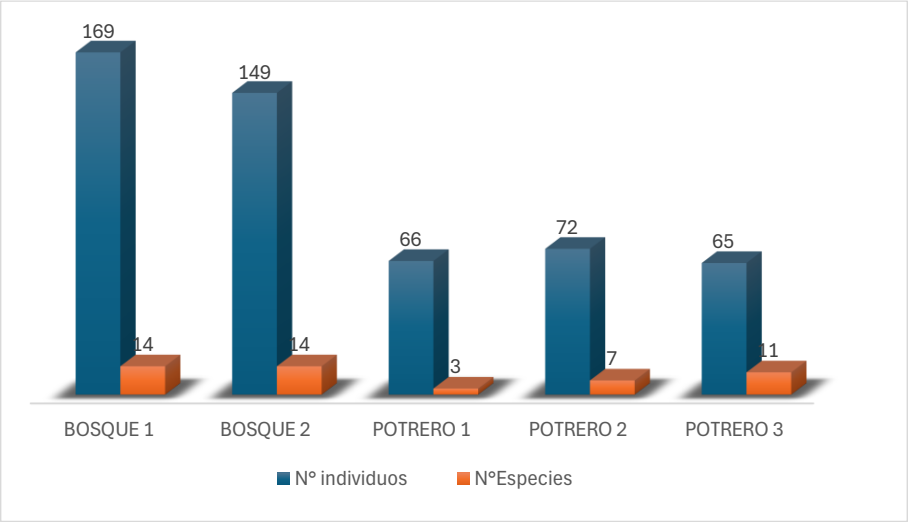
Por el contrario, se constató que los hallazgos del estudio presente difieren en los resultados obtenidos por (Sánchez, 2022), ya que, según él, en su estudio aclara: "los fitófagos o fitoparásitos junto a los omnívoros fueron los de mayor abundancia, lo que denota una amplia intervención antrópica, y por ende una salud del suelo poco amigable para los microorganismos que pueden habitar en este." Aunque parte de su argumento es cierto, géneros como los *Helicotylenchus sp* que también son herbívoros u/o fitófagos, son indicadores de suelos bien estructurados con una alta disponibilidad de nutrientes. En el bosque, la mayor presencia de este individuo está relacionada con su capacidad para adaptarse a condiciones más húmedas y su dependencia d una mayor diversidad de recursos tróficos que el ecosistema forestal proporciona (Ortega, 2008)

6.3 Comparación de la diversidad y densidad poblacional de los nematodos de vida libre en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Río Negro, Villavicencio, Meta.

La diferencia poblacional de las zonas de estudio muestra una diferencia significativa en términos de diversidad y densidad de especímenes. Los hallazgos demuestran que el sitio de bosque cuenta con una cantidad de individuos y especies mayor, siendo esta de 169 (In) para bosque 1, y 149 (In) para bosque 2, ademas de 14 (Esp) en ambos puntos. **(figura 36),** dando una suma total de 318 nematodos (In) y 28 especies (Esp) **(figura 37)**. Estos resultados concuerdan

con lo reportado en otros estudios como el de Molina, (2011), en donde se observa una mayor diversidad y número de individuos en sistemas en los que se tiene mayor cobertura vegetal com los sistemas forestales, si se compara con potrero.Lo anterior, debido a la estabilidad ecológica y mayor disponibilidad de recursos tróficos en dichas áreas

Figura 37. *Número de individuos y especies encontrados en las diferentes zonas de estudio*



Nota. La barra azul representa el total de individuos observados en el bosque (318) y en los potreros (203). Por su parte, la barra naranja indica el número total de especies identificadas, con 28 especies registradas en el bosque y 21 en los potreros. **Fuente:** Autor (2024)

Por otro lado, los potreros muestran un déficit de estas diversidad y cantidad de nematodos, teniendo el mayor número de individuos con un total de 72 (In) y 7 (Esp) en potrero 2, seguido de potrero 1 con un total de 66 (In) y 3 (Esp), y potrero 3 con un total de 65 (In) y 11 (Esp) dando como resultado un total de 203 nematodos y 21 especies **(figura 37)**. Esto concuerda con la investigación de (iglesias, 2020), demostrando que la abundancia de nematodos varía según los ecosistemas terrestres llegando a miles de especímenes en solo 100g de suelo. Variables como condiciones climáticas, animales, intervención humana y de más actividades influyen en esta

abundancia, pero la más importante de todas, son las propiedades del suelo. Algunos estudios afirman el hecho de a ver una mayor abundancia de nematodos en regiones alpinas (zonas montañosas) (Rodriguez et al, 2024).

Los suelos del bosque de la vereda Rio Negro se mantienen con una mayor diversidad y densidad poblacional de nematodos a diferencia de potreros. Sin embargo, aunque en menor cantidad la población de nematodos en potreros como el Potrero 3, en el que se tiene una cobertura vegetal del suelo, y la carga animal es menor, el número de especies crece (Ver **tabla 4**) y es superior al de los potreros 1 y 2, en los que la carga animal es mayor y el pasto está a una altura baja. Cabe resaltar que sigue siendo funcional a pesar de que no tienen los 3 potreros en las mismas condiciones, el potrero 3 y 2 resaltan debido a que son los más cuidados, esto subraya la importancia de las buenas prácticas agrícolas sostenibles para preservar la salud del suelo.

Por otro lado, como se observa en la tabla 5, al realizar el cálculo de diversidad, los diferentes índices muestran lo descrito en los párrafos anteriores, dando a bosque 1 y 2, los sitios con mayor diversidad en comparación con los potreros, como el 1 y 2.

Tabla 5. *Índices de diversidad para las zonas de estudio*

INDICE	BOSQUE 1	BOSQUE 2	POTRERO 1	POTRERO 2	POTRERO 3
Taxa_S	14	14	3	7	11
Individuals	169	149	66	72	65
Dominance_D	0.3879	0.5594	0.7804	0.7656	0.5918
Simpson_1-D	0.6121	0.4406	0.2196	0.2344	0.4082
Shannon_H	1.46	1.115	0.4302	0.6281	1.127
Evenness_e^H/S	0.3077	0.2179	0.5125	0.2677	0.2807
Brillouin	1.313	0.9633	0.372	0.4928	0.8768
Menhinick	1.077	1.147	0.3693	0.825	1.364
Margalef	2.534	2.598	0.4774	1.403	2.396
Equitability_J	0.5534	0.4226	0.3915	0.3228	0.4702
Fisher_alpha	3.623	3.786	0.6473	1.917	3.797
Berger-Parker	0.5917	0.7383	0.8788	0.875	0.7692
Chao-1	18.97	23.27	3	9.958	14.69
iChao-1	24.18	31.61	3	15.73	17.99

ACE	24.26	32.32	4.102	13.24	17.67
Squares	28.13	50.17	3.784	19.37	32.87

Tabla 5. Resultado del cálculo de índices de diversidad de nemátodos de vida libre en los suelos de fincas ganaderas y zonas de bosque en la vereda Río Negro, Villavicencio, Meta.Autor (2024).

7. Conclusiones y Recomendaciones

-La presencia de 23 géneros de nematodos de vida libre en los suelos de potreros y zonas de bosque en la vereda Río Negro, Villavicencio, Meta, denota una alta diversidad de especies de este grupo de artrópodos en la zona, que merece seguir siendo estudiada.

-La predominancia de los géneros *Helicotylenchus sp.*, en el bosque y *Criconemoides sp.,* en los potreros indica la fuerte interacción que hay entre los nematodos y la vegetación, que son o se ven afectadas por el pastoreo, intervención humana o la compactación del suelo, lo que confirma de que actividades como la tala de maderables, quemas y practicas ganaderas modifican el estructuramiento de la población nematológica favoreciendo algunos géneros sobre otros.

-La poca diversidad de especies y densidad poblacional de nematodos en los potreros 1 y 2, en comparación con el potrero 3, confirma que las buenas prácticas agrícolas y ganaderas como la rotación de potreros, dejar descansar el suelo y favorecer la cobertura vegetal, favorecen la diversidad y biorremediación de las poblaciones microbianas como los nematodos.

-Se recomienda ampliar el estudio generando muestreos en otras fincas de la vereda Río Negro, Villavicencio, y en otras de municipios del departamento del Meta, con el fin de ampliar el registro de las especies que se encuentran en el departamento y tratar de entender de mejor manera la acción de la actividad antrópica en estas poblaciones de nematodos.

8. Referencias

Azpilicueta, C., & Aruani, M. Nemátodos: ¿qué beneficios aportan al suelo? *Experticia-Revista de Divulgación Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias. (2019)* https://experticia.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=23:nematodos-que-beneficios-aportan-al-suelo&catid=8&Itemid=121

Anaya Ortega, R. E. (2008). Identificación de Nemátodos Fitoparásitos asociados al cultivo de ñame espino (Dioscórea rotundata) en el corregimiento de Mateo Pérez-Sampués, municipio del Departamento de Sucre.

Baleta-Agreda, D., Meses-González, R., & Imués-Figueroa, M. (2019). Impactos de los sistemas de producción ganadero en Colombia. *Revista Investigación Pecuaria,* 6*(1)*, 43-56 http://dx.doi.org/10.22267/revip.1961.11

Bánki, O., Roskov, Y., Döring, M., Ower, G., Vandepitte, L., Hobern, D., Remsen, D., Schalk, P., DeWalt, R. E., Keping, M., Miller, J., Orrell, T., Aalbu, R., Adlard, R., Adriaenssens, E. M., Aedo, C., Aescht, E., Akkari, N., Alexander, S., et al. (2022). Catalogue of Life Checklist (Version 2022-09-25). Catalogue of Life https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/6RVD3

Bracamontes, L., Fuentes, M., Rodríguez, L., & Macedas, J. (Eds). (2022). *Manual de Indicadores Biológicos de la Salud del Suelo*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Bridge, J., y Starr, J. 2007. Plant Nematodes of agricultural importance. Manson Publishing. 153p

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33*(2)*, 117-124 http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.5

Chaves, E., Echeverría, M. M., Merlo, H.A. & Salas, A. (Eds). (2019). *Géneros de nemátodos del Suelo de la república Argentina*. Ediciones Fundación Azara. https://fundacionazara.org.ar/img/libros/clave-para-determinar-generos-de-nematodos-del-suelo-de-la-republica-argentina.pdf

Castilla Díaz, E. (2015). Influencia de Factores Edáficos sobre la Diversidad y Distribución Espacial de Nemátodos de Vida Libre [Trabajo de grado, Universidad de Sucre]. Repositorio UNISUCRE https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/529

Castro-Godoy, N. & Sánchez-Real, B. (2022). Nemátodos de vida libre en suelos de relicto de bosque y cultivo de maíz en la Granja Agroecológico Minuto de Dios [Tesis de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios] https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/16206

Coyne, D., Nicol, J. y Claudius, B. 2007. Nematología práctica: una guía de campo y de laboratorio, México 2007, IITA. 29p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena [CORMACARENA]. (2016). Identificación de acciones tempranas para disminuir la deforestación y degradación de bosques al sur del Departamento del Meta

Decraemer, W., Eisendle-Flöckner, U., & Abebe, E. (2019). Phylum Nematoda. In Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (pp. 269-299). Academic Press.

Díaz, C., & Eduardo, E. (2016). Influencia de factores edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre.

Dietrich, P., Roeder, A., Cesarz, S., Eisenhauer, N., Ebeling, A., Schmid, B., Schulze, E., Wag, C., Weigelt, A. & Roscher, C. Nematode communities, plant nutrient economy and life-cycle characteristics jointly determine plant monoculture performance over 12 years. Oikos, 129(4), 466–479. https://doi.org/10.1111/oik.06989

Doucet EM, De Ley P, Lax P (2020) Chapter 9. Phylum Nematoda. In: Damborenea C, Rogers DC, Thorp JH (eds) Keys to neotropical and antarctic fauna. In the series Thorp and Covich's freshwater invertebrates, vol 5. Academic Press, Oxford, pp 201–245. doi:10.1016/B978-0-12-804225-0.00009-5

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura]. La Biodiversidad del Suelo. *FAO*. https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/

Forero-Riaño, J. & Polanco-Puerta, M. (2021). Análisis de la deforestación en La Macarena, antes y después de los acuerdos de paz. *Colombia Forestal,* 24*(2),* 9-23 https://doi.org/10.14483/2256201x.16479

Gallo-Aponte, W., & Sanabria-Rodelo, A. (Ed). (2019). *Evaluación de Impacto Ambiental y Ganadería Extensiva en Colombia.* (pp. 378-405) https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/2715

García-De la Cruz, R., Knudsen, G. R., Dandurand, L. M., Carta, L. K., & Newcombe, G. (2019). Nematodes associated with invasive spotted knapweed. Nematropica, 49(2), 200-207.

Griffiths, B. S. (1994). Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effectson microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspots and the rhizosphere. Plant and soil, 164, 25-33.

Gu J, Liu L, Abolafia J, Pedram M (2021) A revision of the taxonomy of *Aphelenchoides stammeri* Körner, 1954 (Rhabditida: Aphelenchoididae) and proposal for a new genus. Nematology 23:215–228. https://doi.org/10.1163/15685411-bja10039

Guzman, O. 2016. Manual para la identificación de Nematodos Fitopárasitos. Ascolfi. Manizales, COL. 134 pp.

Guzmán, O., Castaño, J. & Villegas, B. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agronomía*, 20*(1)*, 38-50.

Guzmán-Piedrahita, O., Zamorano-Montañez, C. & López-Nicora-H. (2020). Interacciones fisiológicas de plantas con nemátodos fitoparásitos: una revisión. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural,* 24*(2)*, 190-205.

Handoo ZA, Palomares-Rius JE, Cantalapiedra-Navarrete C, Liébanas G, Castillo SSP (2014) Integrative taxonomy of the stunt nematodes of the genera *Bitylenchus* and *Tylenchorhynchus* (Nematoda, Telotylenchidae) with description of two new species and a molecular phylogeny. Zool J L Soc 172:231–264. https://doi.org/10.1111/zoj12175.

Hernández, M. V., Garduño, R. G., Hernández, G. T., de Gives, P. M., & Rodríguez, J. M. R. (2006). Comparación de dos sistemas de pastoreo en la infestación con nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo. Veterinaria México, 37(1), 15-27.

Hosseinvand M, Eskandari A, Ganjkhanloo S, Ghaderi R, Castillo P, Palomares-Rius JE (2020) Taxonomical considerations and molecular phylogeny of the closely related genera *Bitylenchus*, *Sauertylenchus* and *Tylenchorhynchus* (Nematoda: Telotylenchidane), with one new and four known species from Iran. J Helminthol 94:e197 (pp 1–25). https://doi.org/10.1017/S0022149X20000784

Iglesias Esteban, M. (2020). Efecto del N y el P en la microfauna edáfica de sistemas de montaña en Parques Nacionales.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2022). *El 40% del territorio colombiano tiene algún grado de erosión*. http://ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/el-40-por-ciento-del-territorio-colombiano-tiene-algun-grado-de-erosion

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2022). *Decálogo por la Biodiversidad 2022-2026* http://humboldt.org.co/images/documentos/DECALOGO-DE-LA-BIODIVERSIDAD.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2021). *Colombia, un país con una diversidad de suelos ignorada y desperdiciada.* https://igac.gov.co/es/noticias/colombia-un-pais-con-una-diversidad-de-suelos-ignorada-y-desperdiciada

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2023). *Guía de muestreo*. https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf

Lasso, C. A. & Morales-Betancourt, M. A. (Eds.). (2017). III. Fauna de Caño Cristales, sierra La Macarena, Meta, Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).* Bogotá, D. C., Colombia, 1-189

Lasso, C. A., Morales-Betancourt, M. A. & Escobar-Martínez, I. D (Eds.). (2018). V. Biodiversidad de la sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia http://hdl.handle.net/20.500.11761/35222

Machado Restrepo, M. (2009). Comparación de la densidad de grupo funcionales de nemátodos del suelo en cultivo de cebolla plantación forestal y bosque, en la cuenca del Río Otún, Risaralda [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio JAVERIANA https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8450

MEIER, M. Florencia, ROCHA, A. Mariana, KUN, Marcelo E., & MESSUTI, M. Inés. (2019). Claves para la identificación de géneros y especies de tardígrados (Tardigrada) limnoterrestres presentes en el Parque Nacional Nahuel Huapi y sus alrededores (Patagonia, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, *78*(4), 1-10. https://dx.doi.org/https://doi.org/10.25085/rsea.780407

Millían Romero, E., Castilla Díaz, E. & Millán Páramo, C. (2016). Comunidades de nematodos de vida libre del suelo y su correspondencia con la calidad. *Revista Ingeniería y Región*, 16*(2),* 25-34 http://dx.doi.org/10.25054/22161325.1282

Mondino, E. A., Tavares, O. C. H., Lima, E., & Berbara, R. L. L. (2010). Comunidades de nemátodos en caña de azúcar bajo diferentes sistemas de labranza y cosecha [communities of nematodes in sugarcane under different tillage and harvest systems]. Nematropica, 203-215.

MOLINA, E. L. M. (2011). BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN SUELOS DE AMBIENTES CULTIVADO, ECOTONO Y BOSQUE PRÍSTINO Y SU POTENCIAL PARA CONTROLAR CHISAS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) (Doctoral dissertation, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO).

Mora-Marín, M., Ríos-Pescador, L., Ríos-Ramos, L., & Almario-Charry, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Journalusco,* 17, 1-12. https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325

Navone, G. T., Achinelly, M. F., Notarnicola, J., & Zonta, M. L. (2011). CAPÍTULO 9 Phylum Nematoda. MACROPARÁSITOS: DIVERSIDAD Y BIOLOGÍA, 128.

Navone, G. T., Achinelly, M. F., Notarnicola, J., Zonta, M. L., & Drago, F. B. (2017). *Phylum Nematoda*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Facultad de Ciencias Naturales y Museo. **ISBN:** 978-950-34-1521-4. http://hdl.handle.net/11746/7148

Pertuz-Martínez, A., Elías-Caro, J., & Santamaría-Escobar, Á. (2022). Sostenibilidad del sector ganadero colombiano: Una aproximación histográfica. Revista de ciencias sociales, 28*(4),* 245-263 https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8703842

Piedrahita, Ó. A. G., Zapata, J. C., & Estrada, B. V. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. Agron, 20(1), 38-50.

Rodriguez-Zamora, M., Treminio-Suarez, L., Gómez-Martinez, J., López-Somarriba, J., & González, R. C. L. (2024). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de guayaba (Psidium guajava L.) en parcela manejada con enfoque agroecológico. La Calera, 24(42).

Sánchez-Moreno, S. & Talavera, M. (2013). Los nemátodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente,* 22 (1), 50-55. https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.09

Tovar Cortés, C. A. (2011) Efecto de la modificación de la temperatura del suelo sobre la densidad y riqueza de grupos funcionales de nematodos en bosque altoandino (Cuenca Río Blanco, Cundinamarca).

Uribe, M., Muñoz, J. & Riascos, D. (Ed.). (2020). *Los nematodos: microrganismos con múltiples funciones en los cultivos*. 1ª Edición: Palmira, Valle del Cauca: Universidad Nacional de Colombia

Wilson, M. & Kakouli-Duarte, T. (Ed). (2009). Nemátodos como Indicadores Ambientales. Editorial Centre for Agricultural Bioscience International [CABI]. http://sherekashmir.informaticspublishing.com/728/1/9781845933852.pdf

Yeates, G., Ferris, H. & Moens, T. (2009). El papel de los nemátodos en los ecosistemas. En M.J. Wilson & T. Kakouli-Duarte (Eds). *Nemátodos como Indicadores Ambientales (*pp. 1-24. CABI.