



Nematodos de vida libre en suelos de relicto de bosque y cultivo de maíz en la Granja

Agroecológico Minuto de Dios

Autores:

Nicolás Esneider Castro Godoy

Brayan Stive Sánchez Real

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Regional Orinoquía

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

octubre de 2022

Nematodos de vida libre en suelos de relicto de bosque y cultivo de maíz en la Granja
Agroecológica Minuto de Dios

Autores

Nicolás Esneider Castro Godoy

Brayan Stive Sánchez Real

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agroecológico

Asesor(a)

Martha Lucia Velasco Belalcázar

Bióloga

MSc Fitopatología

Co Asesor (a)

Carlos Alberto Hernández Medina

Biólogo

MSc Fitopatología

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Regional Orinoquía

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

Octubre de 2022

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por permitirnos la fuerza y la inspiración para poder obtener uno de los sueños más anhelados de nuestras vidas. A nuestra familia por su amor, comprensión y sacrificio para ver nuestro sueño cumplido en todos estos años de universidad, una mención especial y dedicatoria a todas esas personas que estuvieron en nuestras vidas en el proceso, pero por cosas de Dios hoy se encuentran lejos de nosotros, gracias por los momentos, las aventuras y el tiempo que compartieron junto a nosotros, tanto familiares como amigos, el saber que ya no se encontraban junto a nosotros fue doloroso y estuvimos a muy poco de rendirnos debido a esas pérdidas, pero sabemos que no era lo que ustedes como familia y amigos querían que hiciéramos, gracias a llevarlos en nuestros corazones presente sacamos esto adelante y queremos con mucho amor y cariño dedicárselos.

Agradecimientos

Primero que todo queremos agradecer a la Bióloga, docente y master en Ciencias Agrarias Martha Lucia Velasco Belalcázar y el docente y Master en Ciencias Agrarias Carlos Alberto Hernández Medina, los cuales fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación a través de sus consejos, las ideas que compartieron junto a nosotros y las palabras motivacionales que nos brindaron en algún momento de esta historia, muchas gracias por brindarnos de su tiempo y conocimiento, fueron de suma importancia para el desarrollo de esta investigación y mil gracias por todas sus orientaciones.

También es importante mencionar a los docentes de la carrera que, a través de sus palabras, sus conocimientos rigurosos y precisos nos ayudaron en nuestro proceso de formación, a los que nos acompañaron y a los que estuvieron en su momento, les queremos agradecer, sin ustedes no podríamos llegar hacer las personas que hoy en día somos, gracias por la dedicación, perseverancia y ante todo mucha tolerancia.

Sin dejar a un lado las personas que han sido el motor de nuestras vidas, las cuales siempre nos han apoyado y nos han impulsado a seguir nuestros sueños y esperanzas, quienes a pesar de todo lo que nos suceda siempre van a estar aquí para nosotros, las noches de vela que pasamos, los días difíciles que nos hacían sentir que ya no podíamos más, ustedes nuestros padres hacen que todo eso no parezca problema, hoy que presento esta mi investigación de grado quiero dedicárselas a ustedes que como familia me han apoyado en todas las decisiones de mi vida, sean buenas o malas siempre han estado para nosotros, mil gracias por ser quienes son y mil gracias por confiar en nosotros.

Ya por último y no menos importante quiero agradecer a mis compañeros o mejor en otras palabras la segunda familia que en el transcurso de mi vida pude conocer, mis amigos y compañeros de viaje, deseo mucha suerte en su vida profesional, recordemos que este no fue un proceso fácil y que a través de nuestros esfuerzos logramos culminar, unos antes que otros pero siempre juntos, mil gracias por compartir junto a nosotros tantos momentos único que se que no se podrán volver a repetir pero que van hacer recordados en nuestra memoria por toda la vida, mil gracias y Dios los bendiga en su vida profesional.

Contenido

LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 Objetivo general.....	16
1.2 Objetivo específico	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1 Definición del problema.....	17
2.2. Pregunta de investigación.....	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. MARCO TEÓRICO.....	20
4.1. Marco Conceptual	20
4.1.1 Importancia del suelo rizosférico	20
4.1.2. ¿Qué son los nematodos?	21
4.1.3. Características de los nematodos.....	21
4.1.4. Clasificación taxonomía y morfología de los nematodos.....	22
4.1.4.1 Morfología.....	22
4.1.5. Grupos Tróficos.....	23
4.1.5.1. Nematodos bacteriófagos	23
4.1.5.2. Nematodos fungívoros	24
4.1.5.3. Nematodos omnívoros.....	24
4.1.5.4. Nematodos predadores	24
4.1.5.5. Nematodos fitófagos	25
5. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
5.1 Ubicación Geográfica del área de estudio.....	25
5.1.1. Descripción de las zonas de estudio y toma de muestra de suelo.....	26
5.1.2. Extracción de nematodos suelos rizosférico.....	27
5.1.3 Identificación de nematodos y determinación de rol ecológico	30
5.1.4 Toma de pH.....	31
5.1.5 Diseño experimental.....	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32

6.1 Identificación y caracterización ecológica de los nematodos encontrados	33
6.2 Diversidad de nematodos por zonas de estudio	36
7 CONCLUSIONES	48
REFERENCIAS	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica de los nematodos</i>	22
Tabla 2. <i>Nematodos encontrados en las dos zonas de la granja Agroecológica UNIMINUTO</i>	33
Tabla 3. <i>Índices de diversidad para las zonas de estudio</i>	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de los nematodos.....	23
Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en los cuales se tomaron las muestras de suelo rizosférico. Imagen obtenida de Google Earth. En el color rojo se tomaron las muestras del bosque, y en el amarillo las muestras de Maíz (<i>Zea mays</i>).....	26
Figura 3. Zonas de bosque, granja agroecológica UNIMINUTO.	27
Figura 4. Pesaje y dilución de suelo rizosférico para extracción de nematodos. A) Peso de suelo rizosférico, B) Suelo totalmente homogenizado.	28
Figura 5. Tamizaje de suelo para extracción de nematodos. A) Acomodación de los tamices B) Adición de agua y suelo a los tamices para extracción de nematodos.	28
Figura 6. Preparación del sedimento del tamiz de 38 μm para centrifugación. A) Paso del sedimento a tubos falcon de 50ml. B) Adición de solución azucarada al 70%.	29
Figura 7. Procedimiento de centrifuga del suelo. A) Introducir de los tubos a la centrífuga, B) Tiempo y revoluciones de centrifugación, C) Resultado de la centrífuga	29
Figura 8. Montaje de nematodos para identificación. A) Selección (pesca) de los individuos al estereoscopio. B y C) Montaje en placa y observación al microscopio para identificación.	31
Figura 9. Toma de registro de pH en muestras de suelo de la granja. A) Muestras de suelo con agua de las dos zonas de estudio, B) Solución homogénea por medio de un plato con agitador magnético, C) Medición de pH con el electrodo del pH metro.	32
Figura 10. Representatividad de los tipos de hábitos de los nematodos encontrados en el estudio. Autores (2022).	34
Figura 11. Resultado del número de especies por zona de estudio, en el suelo de bosque y de cultivo de maíz. Autores (2022).....	37
Figura 12. Número total de individuos de nematodos de vida libre por zona de estudio, suelo de bosque y suelo de cultivo de maíz. Autores (2022).	39

Figura 13. Estructuras del nematodo <i>Plectus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	40
Figura 14. Estructuras del nematodo <i>Ditylenchus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	40
Figura 15. Estructuras del nematodo <i>Tylenchus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	41
Figura 16. Estructuras del nematodo <i>Panagrolaimus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	41
Figura 17. Estructuras del nematodo <i>Monhystrella</i> sp. Observación al microscopio. A) Región cefálica, B) Región de la cola.....	42
Figura 18. Estructuras del nematodo <i>Mylonchulus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	42
Figura 19. Estructuras del nematodo <i>Prismatolaimus</i> sp., observación al microscopio. A) Región cefálica, B) Región de la cola.....	43
Figura 20. Estructuras del nematodo <i>Aphelenchoides</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	43
Figura 21. Estructuras del nematodo <i>Aphelenchus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	44
Figura 22. Estructuras del nematodo <i>Paralongidorus</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	44
Figura 23. Estructuras del nematodo <i>Xiphinema</i> sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	45
Figura 24. Estructuras del nematodo <i>Protorhabditis</i> sp., observación al microscopio. A) cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	46
Figura 25. Estructuras del nematodo <i>Rhabditis</i> sp., observación al microscopio. A) cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....	46

Figura 26.Estructuras del nematodo *Belonolaimus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....47

Figura 27.Estructuras del nematodo *Macrotrophurus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.....47

RESUMEN

Los organismos del suelo, entre ellos los nematodos, proporcionan una amplia gama de servicios que contribuyen a la sostenibilidad de los ecosistemas ya que juegan un papel fundamental en los ciclos nutrientes y como indicadores de la salud del suelo. Es por esto, que la presente investigación pretendió caracterizar la comunidad de nematodos de vida libre en dos zonas de la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, que tienen diferente grado de intervención antrópica. Para ello, se tomaron muestras de suelo rizosférico en dos zonas de la granja en las cuales se han realizado siembra de maíz y en suelos de relictos de bosque. Se realizó la extracción de los nematodos por el método de tamizaje y centrifugación. Los nematodos encontrados fueron identificados a nivel de género y se calcularon índices de diversidad para comparar las zonas de estudio. Se logró la extracción de 448 individuos de nematodos de vida libre de los géneros *Monhystrella* sp., *Plectus* sp., *Mylonchulus* sp., *Prismatolaimus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Paralongidorus* sp., *Xiphinema* sp., *Panagrolaimus* sp., *Protorhabditis* sp., *Rhabditis* sp., *Ditylenchus* sp., *Belonolaimus* sp. y *Macrotrophurus* sp., los cuales presentan un hábito bacteriófago y fitoparásito en su gran mayoría. Por otro lado, el bosque presentó una diversidad alfa mayor, en índices como el Shannon. Lo encontrado es un aporte al conocimiento de la microfauna de los suelos de la Orinoquia y al entendimiento de la importancia de la cobertura vegetal para la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas.

Palabras clave: Biodiversidad, nativos, microfauna, orinoquia, suelos, nematodos.

ABSTRACT

Soil organisms, including nematodes, provide a wide range of services that contribute to the sustainability of ecosystems since they play a fundamental role in nutrient cycles and as indicators of soil health. For this reason, this research sought to characterize the community of free-living nematodes in two areas of the Agroecological Farm of the Minuto de Dios University Corporation - UNIMINUTO, which have different degrees of anthropic intervention. For this, samples of rhizosphere soil were taken in two areas of the farm in which maize planting has been carried out and in relict forest soils. Nematodes were extracted using the screening and centrifugation method. The nematodes found were identified at the genus level and diversity indices were calculated to compare the study areas. The extraction of 448 individuals of free-living nematodes of the genera *Monhystrella* sp., *Plectus* sp., *Mylonchulus* sp., *Prismatolaimus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Paralongidorus* sp., *Xiphinema* sp., *Panagrolaimus* sp., *Protorhabditis* sp., *Rhabditis* sp., *Ditylenchus* sp., *Belonolaimus* sp. and *Macrotrophurus* sp., which present a bacteriophagous and phytoparasitic habit in their great majority. On the other hand, the forest presented a greater alpha diversity, in indices such as the Shannon. What was found is a contribution to the knowledge of the microfauna of the Orinoquia soils and to the understanding of the importance of plant cover for the conservation of biodiversity in agroecosystems

Keywords: Biodiversity, natives, microfauna, orinoquia, soils, nematodes.

INTRODUCCIÓN

Los organismos del suelo proporcionan una amplia gama de servicios que contribuyen a la sostenibilidad de todos los ecosistemas, juegan un papel preponderante como factores impulsores y desarrolladores en los ciclos de los nutrientes; así mismo, ayudan a regular la dinámica de la materia orgánica, las emisiones de gases de efecto invernadero, la estructura del suelo y los sistemas que entran en interacción con el agua. De igual forma, algunos autores afirman, que la biota del suelo, contribuye a aumentar la cantidad y eficacia de absorción de los nutrientes por parte de la vegetación y a su vez mejorar la salud de las plantas (Betancourth, 2012).

De ahí que estos organismos, entre ellos los nematodos, son fundamentales no solo por los servicios que prestan, sino por lo que implican para los ecosistemas naturales por su labor en la construcción y sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Se ha encontrado que los nematodos son sensibles al uso de la tierra y las prácticas de manejo (Castilla Diaz, 2015), de ahí que, la presencia o ausencia de estos se puede utilizar como indicadores de la calidad y salud del suelo.

Los estudios sobre la diversidad de grupos de nematodos en el suelo son escasos, principalmente debido al continuo cambio en las propiedades del suelo generado en los últimos años por el aumento de la producción agrícola, el uso de químicos y la mecanización, lo que ha provocado desbalances en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como, en la estructura, composición, dinámica y crecimiento poblacional, reproducción y supervivencia de los organismos vivos que habitan en él (Machado Restrepo, 2014).

Según Guzman(2011) Los nematodos pueden ser principalmente de vida libre o parásitos y se han reportado cerca de 26.646 especies de las cuales, se considera que 10.681 son de vida libre, mientras que las especies parasitas se dividen en: parásitos de invertebrados (3.501), vertebrados (8.359) y plantas (4.105). Los nematodos parásitos de plantas causan enfermedades por naturaleza, pero sus interacciones con otros patógenos dificultan medir su verdadero impacto en los rendimientos y evaluarlos a escala.

En general, los nematodos fitoparásitos son responsables del 11 al 14% de las pérdidas anuales, equivalentes a \$ 80 mil millones, en cultivos económicamente importantes como frijoles, cereales, plátanos, mandioca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, papas, verduras y varias frutas (Guzmán, 2011) . De ahí que, la gran mayoría de investigaciones sobre nematodos se centra en los fitoparásitos de plantas o vertebrados. Sin embargo, se tiene poca información sobre otro tipo de nematodos que podrían ayudar a controlar las poblaciones de dichos nematodos y otros microorganismos e insectos que causan problemas en los cultivos, en la salud humana y animal. Es por ello, que se hace necesario realizar investigaciones que permitan conocer las distintas poblaciones y su rol ecológico en los suelos de nuestro país, de tal forma que se genere información base para futuros estudios encaminados a la bioaumentación o biorremediación de suelos.

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fitopatógenos ocurre en el suelo, donde habitan nematodos agalladores los cuales se tarda de 3 a 4 semanas en épocas secas y hasta 7 semanas en épocas de mucha lluvia en alcanzar su época de madures. La duración del ciclo de vida depende de la temperatura y aumenta a medida que disminuye la temperatura del suelo. Además, la sensibilidad del huésped y las especies de nematodos involucradas en la interacción también son factores importantes. (Lomban , 2017)

Muchos nematodos viven libremente en el suelo y se alimentan de raíces y tallos subterráneos, pero incluso los parásitos sésiles especializados, huevos, larvas de parasitoides y nematodos machos viven en el suelo toda su vida o parte de ella.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

- Caracterizar la comunidad de nematodos de vida libre en el suelo del cultivo de maíz (*Zea mays*) y el bosque Ekonuco en la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO.

1.2 Objetivo específico

- Identificar taxonómicamente las especies de nematodos que se encuentren en el suelo de la granja.
- Establecer la importancia biológica, ecológica y funcional de las interacciones específicas entre las diferentes clases de nematodos que se encuentran en los suelos de la granja con dos coberturas diferentes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Definición del problema

Ante el incremento desmedido de la población mundial, los cambios del paisaje y/o ecosistemas producto de la deforestación, la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de recursos naturales y el cambio climático, entre otros, se ha generado pérdida de biodiversidad a gran escala y velocidad (Laurance et al., 2012; FAO, 2020; Calderon & Benavies, 2022), lo que ha generado desbalances en los ecosistemas y pérdida de los servicios ecosistémicos que prestan los organismos que se ven afectados o mueren a causa de dichos factores (Cardinale et al., 2012; Calderon & Benavies, 2022).

Esta problemática toma relevancia puesto que, en Colombia, la deforestación es un fenómeno creciente y de alto impacto, ya que como ha informado el IDEAM, (2021), en el año 2020 se deforestaron cerca de 171.685 ha, lo cual equivale a un incremento del 8% con respecto al 2019. Esto no es un dato menor, si se tiene en cuenta que aproximadamente el 70% de dicha deforestación en el país se produjo principalmente en los departamentos del **Meta**, Caquetá, Guaviare, Putumayo y Antioquia (IDEAM, 2021; Benavides, 2021).

De acuerdo a lo anterior, se hace necesario el estudio de la diversidad de aquellos territorios que están siendo fuertemente intervenidos y sobre los cuales se tienen poca información acerca de las comunidades que los conforman, así como, de las interacciones que se presentan en ellos. Sobre todo si se tienen en cuenta que Colombia y especialmente el departamento del Meta, presenta una dinámica cambiante luego de la firma de los acuerdos de Paz, ya que la deforestación puede verse incrementada (Vanegas-Cubillos et al., 2022), por la falta de autoridades que regulen diferentes prácticas como la tala de bosques en los territorios, en los que anteriormente se encontraban grupos

armados como las FARC EP, y sobre los cuales ejercían algún tipo de control para su ingreso y explotación. Este hecho podría derivar en pérdida de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémico así como de las interacciones en los sitios intervenidos y lejanos a estos.

En este contexto conocer la fauna y flora del territorio resulta importante, más sobre aquellos organismos que resultan ser bioindicadores de la salud del suelo como lo son los nematodos. Lo que genera una idea sobre el estado de los ecosistemas y/o el territorio específico y ayuda a generar conciencia y a tomar acciones en favor de la conservación y uso racional de los recursos.

2.2. Pregunta de investigación

¿Cómo se encuentra la diversidad de nematodos de vida libre presente en la granja Agroecológica UNIMINUTO?

¿Los nematodos de vida libre que se pueden llegar a encontrar en la granja Agroecológica UNIMINUTO pueden ser considerados microorganismos patógenos o benéficos para los cultivos?

3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia como en el resto del mundo la deforestación es un fenómeno creciente que ha generado pérdida y fragmentación del hábitat, entre otros efectos que aún se desconocen. Este hecho se debe en gran parte a la ganadería extensiva, la ampliación de la frontera agrícola, los cultivos ilícitos, la presión de uso sobre los suelos agrícolas, entre otros (Benavides, 2021). Lo anterior, pone de manifiesto la necesidad e importancia de generar estudios de la biodiversidad de los ecosistemas deforestados y aquellos aledaños a estos, con el fin de conocer las especies que en ellos habitan y las diferentes funciones que estos desempeñan. Ya que muchos de estos organismos, son endémicos y algunos ni se alcanzan a conocer antes de que su hábitat sea destruido.

Entre los organismos de gran valor en los ecosistemas por su representatividad en términos de abundancia y riqueza se encuentran los nematodos (Azpilicueta et al., 2007; Uribe et al., 2020), los cuales cumplen un papel importante en el ciclo de los nutrientes, como reguladores de la fertilidad del suelo y control biológico de plagas y enfermedades (Achicanoy et al., 2012; Cabrales et al., 2015). De ahí que se consideren como los responsables del 10 al 15% de la respiración edáfica (Gómez et al., 2011; Cabrales et al., 2015).

De acuerdo a las propiedades antes mencionadas, y al hecho de que el cambio en la composición y abundancia de sus poblaciones pueden reflejar variaciones o modificaciones en las condiciones del suelo y los ecosistemas, es que los nematodos se han considerado como buenos indicadores ecológicos (Mandino et al., 2010; Chica et al., 2013). Por lo anterior, esta investigación se planteó el objetivo de caracterizar la comunidad de nematodos de vida libre en dos zonas de la granja agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, que tienen diferente grado de intervención antrópica. Y con ello aporte al conocimiento de la

microfauna de los suelos de la Orinoquia y al entendimiento de la importancia de la cobertura vegetal para la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Marco Conceptual

4.1.1 Importancia del suelo rizosférico

La rizosfera se entiende como un área especial entre las raíces y el suelo, donde existe una alta actividad microbiana y una mayor biomasa. Esta área milimétrica es el área más activa entre las raíces de las plantas y los microbios del suelo. La rizosfera tiene menos de 3 a 5 centímetros de capa de suelo, pero es un área muy activa, lo que tiene implicaciones importantes para comprender los muchos procesos entre el suelo y las raíces de las plantas (FAO, 2013).

En la rizosfera se puede encontrar una gran cantidad de microorganismos, incluidos hongos, bacterias, actinomicetos, protozoos y algas; se ha demostrado que estos microorganismos están asociados con las raíces, lo que puede ser característico (Gomez, 2010), siendo un lugar de alta actividad microbiana entre las raíces y suelo beneficioso o dañino. En el primer caso, algunos ejemplos son las micorrizas, las bacterias fijadoras de nitrógeno, las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y los agentes de control biológico; en el caso de los microorganismos nocivos, se destacan todos estos microorganismos Fitopatógenos.

Debido a la alta estabilidad de las partículas del suelo, también se proporciona un ambiente favorable para los microorganismos de la rizosfera debido a la acción mecánica de las raíces y la unión de las secreciones de los diversos organismos presentes. Además, existe una alta

concentración de nutrientes, ya que es el destino de la producción de carbohidratos en el proceso de fotosíntesis, es decir las plantas producen exudados radicales ricos en hidratos de carbono, que son una importante fuente de energía para los microorganismos. En esta premisa, los microorganismos benéficos protegen naturalmente las raíces contra posibles ataques de Fito patógenos, y también ayudan a disolver los minerales, facilitando su absorción (Quintanilla , 2019).

4.1.2. ¿Qué son los nematodos?

Los nematodos nativos son pequeños gusanos cilíndricos de aproximadamente 0,3 a 11 mm de longitud. Tienen un aspecto alargado, parecido a un gusano, más o menos filamentoso. El cuerpo no segmentado está cubierto por un estrato córneo acelular proteináceo secretado por la epidermis que actúa como un exoesqueleto a pesar de ser flexible y permitir que el animal se mueva (Talavera, 2013).

4.1.3. Características de los nematodos

Los nematodos son organismos eucariotas cuyo ADN se empaqueta dentro del núcleo para formar cromosomas. Su número varía de una especie a otra. Son terciarios porque tienen tres capas embrionarias conocidas durante el desarrollo embrionario: ectodermo, mesodermo y endodermo (Roldan , 2022). Diferentes tejidos surgen de estas capas y por lo tanto forman los órganos de un adulto.

4.1.4. Clasificación taxonomía y morfología de los nematodos

Según lo dicho por (Vaca, 2004) el propósito de la taxonomía de nematodos es encontrar y clasificar individuos utilizando clasificaciones sistemáticas de animales como filos, clases, órdenes, subórdenes, familias y subgéneros. La clasificación de los nematodos se revisa constantemente y no existe un modelo completamente aceptado hasta la fecha. De tal manera que en la siguiente tabla se refleja una aproximación a la taxonomía actual.

Tabla 1. *Clasificación taxonómica de los nematodos*

Taxonomía	
Dominio	Eukarya
Reino	Animalia
Subphylum	Ecdysozoa- Nematoida
Phylum	Nematoda
Clases	Chromadorea, Enoplea, Secermentea

Tabla 1. Tabla taxonómica de los nematodos Tomado de: Bánki et al, 2022

4.1.4.1 Morfología

Se puede decir que los nematodos de manera general están conformados por un cuerpo que a su vez consta de una pared externa y una cavidad interna denominada pseudoceloma. (Ferraz et al 2012). Este último contiene un líquido (pseudocelómico) en el que se encuentra embebidos órganos de diversos sistemas. De igual manera la pared del cuerpo de los nematodos está constituida por cutícula, hipodermis y células musculares (Lopez, 2021).

La actividad de los nematodos está determinada principalmente a cuatro sistemas de organización: digestivo, excretor, nervioso y reproductivo. De estos, el sistema digestivo cumple una función importante el cual tiene una estructura que permiten la identificación de género y especie, entre estas se tienen, la parte

de la boca o cavidad bucal, así como también la relación del estómago y el esófago. Cabe resaltar la presencia de una estructura llamada estilete, su presencia permitirá identificar si este es fitoparásitos y dentro de los fitoparásitos permitirá su forma y otros aspectos para la identificación o agrupación de otros géneros.

Figura 1. *Morfología del nematodo*

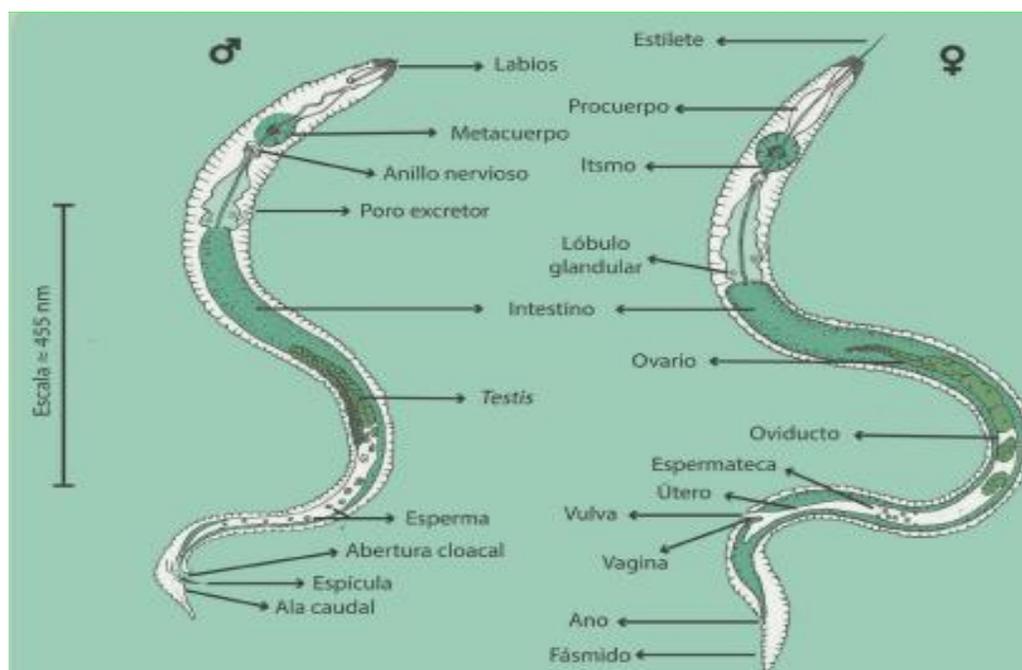


Figura 1. Partes de los nematodos. Tomado de (López, 2021).

4.1.5. Grupos Tróficos

Se han encontrado diferentes tipos de nematodos tanto en muestras de suelo y partes de plantas, que pueden caracterizarse fácilmente por sus hábitos de alimentación. Chávez y colaboradores en el 2019, consideraron la existencia de cinco grupos tróficos los cuales se catalogaron basados en observaciones de estructuras bucales y esofágicas como se muestra a continuación:

4.1.5.1. Nematodos bacteriófagos

Tienen un tamaño aproximado de 0,4 a 2,0 mm, la parte anterior de su cuerpo es deprimida, mientras la posterior tiene forma puntiaguda. Su esqueleto cefálico carece de estilete y tiene estoma con

paredes gruesas o finas. El esófago es cilíndrico en su parte anterior y presenta un bulbo basal con válvulas en la parte posterior. En algunas especies el esófago se ensancha en su parte media, pero carece de válvulas (Otero Cabada, et al, 2002; Chávez et al, 2019).

4.1.5.2. Nematodos fungívoros

Como característica principal presentan estilete pequeño y fino, que pueden tener o no bulbos basales. Algunos tienen estilete grueso y esófago dorylaimido. Están representados, entre otros, por los géneros *Labronema* (Dorylaimida) *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Paraphelenchus* y *Ditylenchus* (Tylenchina), algunas especies pueden causar daños en los cultivos comerciales de hongos formadores de micorrizas como *Aphelenchus avenae* (Morales, 2022; Chávez et al, 2019).

4.1.5.3. Nematodos omnívoros

Pueden tener una longitud de 1 a 11 mm, tener un estilete corto, esófago cilíndrico y reducido en la parte anterior. Estos nematodos se pueden alimentar de plantas, algas, hongos, protozoos, rotíferos, enquistados y otros nematodos; debido a que son poco abundantes en suelos intervenidos, suelen ser útiles como bioindicadores (De Rossi 2021).

4.1.5.4. Nematodos predadores

Presentan estomago ancho de paredes gruesas, con diente dorsal y esófago cilíndrico (orden Mononchida); otros tienen estilete fino y esófago tipo fitófago (Aphelenchidae), o estilete grueso y esófago a modo de botella (orden Dorylaimida). También este tipo de nematodo tiene la tendencia de alimentarse de otros nematodos como de su mismo género o de otros, como también de otros invertebrados del suelo rizosférico. (Morales et al. 2022).

4.1.5.5. Nematodos fitófagos

Su longitud es de 0,4 a 11 mm, presentan estomatoestilete perforador con bulbos basales, esófago cilíndrico con bulbo medio valvular y glándulas esofágicas reunidas en un bulbo esofágico subsiguiente o bien libres y dispuestas sobre el intestino (orden Tylenchida) o una longitud corporal hasta 11 mm, odontoestilete y esófago a modo de botella (Martínez 2022).

5. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

5.1 Ubicación Geográfica del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO, que se encuentra ubicada en la Vereda Barcelona, Villavicencio – Meta ($4^{\circ}04'13N$ $73^{\circ}35'07W$ y 780 m, s, n, m). En la figura 2 se observan los dos sectores de la granja donde se tomaron las muestras de suelo rizosférico, utilizado para la extracción de nematodos.

Figura 2. *Mapa de la granja agroecológica*

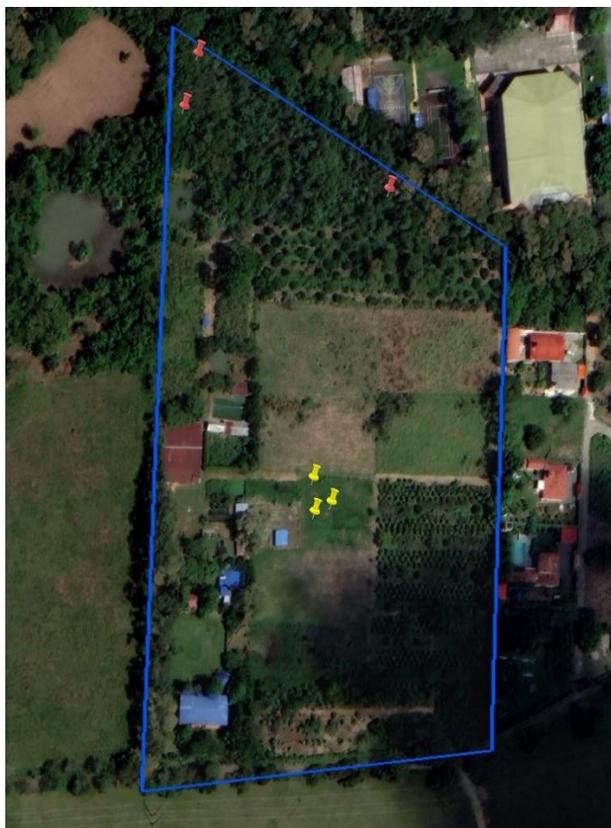


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en los cuales se tomaron las muestras de suelo rizosférico. Imagen obtenida de Google Earth. En el color rojo se tomaron las muestras del bosque, y en el amarillo las muestras de Maíz (*Zea mays*).

5.1.1. Descripción de las zonas de estudio y toma de muestra de suelo

Las muestras de suelo se recolectaron en dos zonas de la granja agroecológica, las cuales tenían dos tipos de cobertura diferente: La primera fue la zona de bosque secundario en recuperación (Bs) y la segunda correspondía a la zona del cultivo de maíz. En cada zona se tomaron tres muestras de suelo rizosférico, siguiendo un muestreo completamente al azar (**Ver figura 3**).

Figura 3. Zonas de muestreo



Figura 3. Zonas de bosque, granja agroecológica UNIMINUTO.

En cada punto de muestreo se realizó un cuadrante de 20x20 cm y se colectó el suelo hasta los 20 cm de profundidad, el cual fue depositado en bolsas plásticas en las que se rotuló con la información del punto y se procedió a guardarlo en una cava de poliestireno para su traslado al laboratorio de ciencias de la granja Agroecológica UNIMINUTO.

5.1.2. Extracción de nematodos suelos rizosférico

El suelo rizosférico extraído de las diferentes zonas de la granja fue llevado al laboratorio, donde se tomó una sub- muestras de 100g de suelo y se realizó la extracción de los nematodos presentes por el método de tamizaje y centrifugación, siguiendo el protocolo OEPP, (2013) con algunas modificaciones. Este procedimiento consiste en pesar 100g de suelo y diluirlo en 2L de agua, para lo cual se debe agitar por 5 a 10 minutos, hasta lograr homogenizar como se muestra en

la figura 4.

Figura 4. *Pesaje y dilución de suelo rizosférico*



Figura 4. Pesaje y dilución de suelo rizosférico para extracción de nematodos. A) Peso de suelo rizosférico, B) suelo totalmente homogenizado.

Luego, la muestra diluida se pasó por una secuencia de tres tamices (400, 106 y 38 μ m), los cuales fueron ubicados de acuerdo a la medida específica de apertura del poro en micras (μ m), de tal forma que el tamiz con abertura más grande se encontraba en la parte superior y el de menor apertura de poro se encontró en la parte inferior, como se muestra en la (figura 5).

Figura 5. *Tamizaje de suelo*

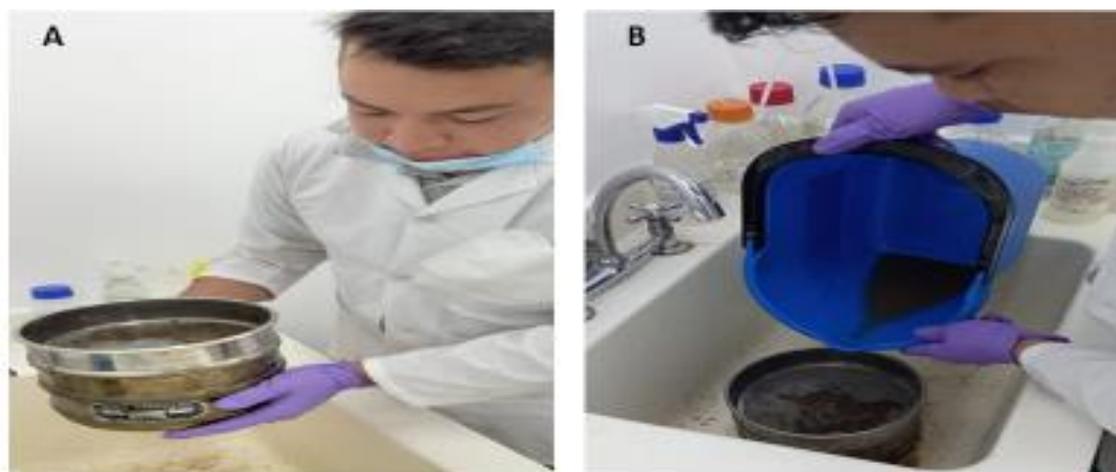


Figura 5. Tamizaje de suelo para extracción de nematodos. A) Acomodación de los tamices B) Adición de agua y suelo a los tamices para extracción de nematodos.

A partir del tamizaje, se toma las partículas o sedimento suspendidas en los dos últimos tamices (106 y 38 μ m), las cuales fueron transferidas a tubos falcón de 50 ml con la ayuda de un frasco lavador, una vez se tiene el sedimento en el tubo se procedió a agregar solución azucarada al 70% como se muestra en la (figura 6).

Figura 6. Preparación del sedimento del tamiz de 38 μ m para centrifugación.

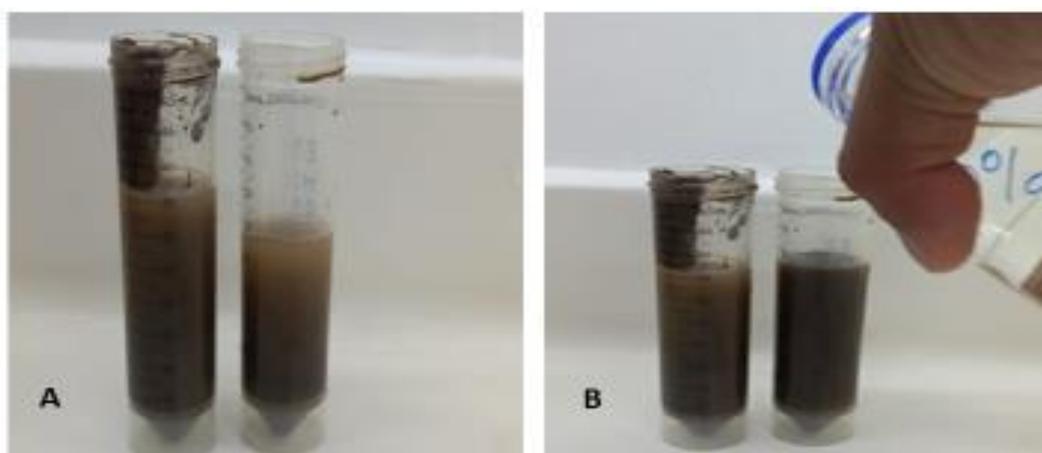


Figura 6. Preparación del sedimento del tamiz de 38 μ m para centrifugación. A) Paso del sedimento a tubos falcon de 50ml. B) Adición de solución azucarada al 70%.

Luego se pasaron los tubos, con suelo y solución azucarada, a la centrifuga donde se dejó por 5 minutos a 3,500 RPM. Posteriormente, el sobrenadante se pasó nuevamente por el tamiz de 38 μ m y se lavó con abundante agua para quitar el exceso de solución azucarada. (Figura 7).

Figura 7. Procedimiento de centrifuga del suelo.



Todo el procedimiento de extracción de nematodos a partir de suelo descrito en el ítem 5.1.2 se realizó por triplicado en cada muestra de suelo. Es decir, se tuvieron 3 repeticiones por muestra de suelo.

5.1.3 Identificación de nematodos y determinación de rol ecológico

El sobrenadante obtenido en el proceso de centrifugación fue vertido en cajas Petri en donde se realizó la búsqueda, selección (pesca) y montaje en placas de cada nematodo encontrado, proceso que se realizó a través de estereoscopio (**Figura 8**). Una vez seleccionados los individuos se montaron en porta objetos y cubre objetos para observación al microscopio en donde se realizó la identificación a nivel de género. Para ello, se tomó registro del esqueleto cefálico, presencia o ausencia de estilete, longitud total y ancho del nematodo, forma del esófago, forma de la cola, presencia de mucro, entre otros caracteres diagnósticos descritos en las claves de Handoo et al., 2014; Navone et al, 2017; Meier et al., 2019; Doucet et al., 2020; Hosseinvand et al., 2020 y Gu et al., 2021.

Figura 8. *Montaje de nematodos para identificación*



Figura 8.Montaje de nematodos para identificación. A) Selección (pesca) de los individuos al estereoscopio. B y C) Montaje en placa y observación al microscopio para identificación.

La determinación del rol ecológico se estableció en base a registros en la literatura y los documentos nombrados en el párrafo anterior.

5.1.4 Toma de pH

La medición del pH a las muestras de suelo se tomó siguiendo la metodología de Beretta et al., 2015 con modificaciones, la cual consistió en tomar 50g de suelo y disolver en 125ml de agua destilada estéril en un Erlenmeyer. A esta solución agua-suelo se dispuso en un plato con agitador magnético en donde se dejó durante 5 minutos para homogenización de la muestra, luego por medio pH- metro (OHAUS) Se procedió a la toma del registro de pH del suelo de cada punto de muestreo (**figura 9**).

Figura 9. *Toma de registro de pH*

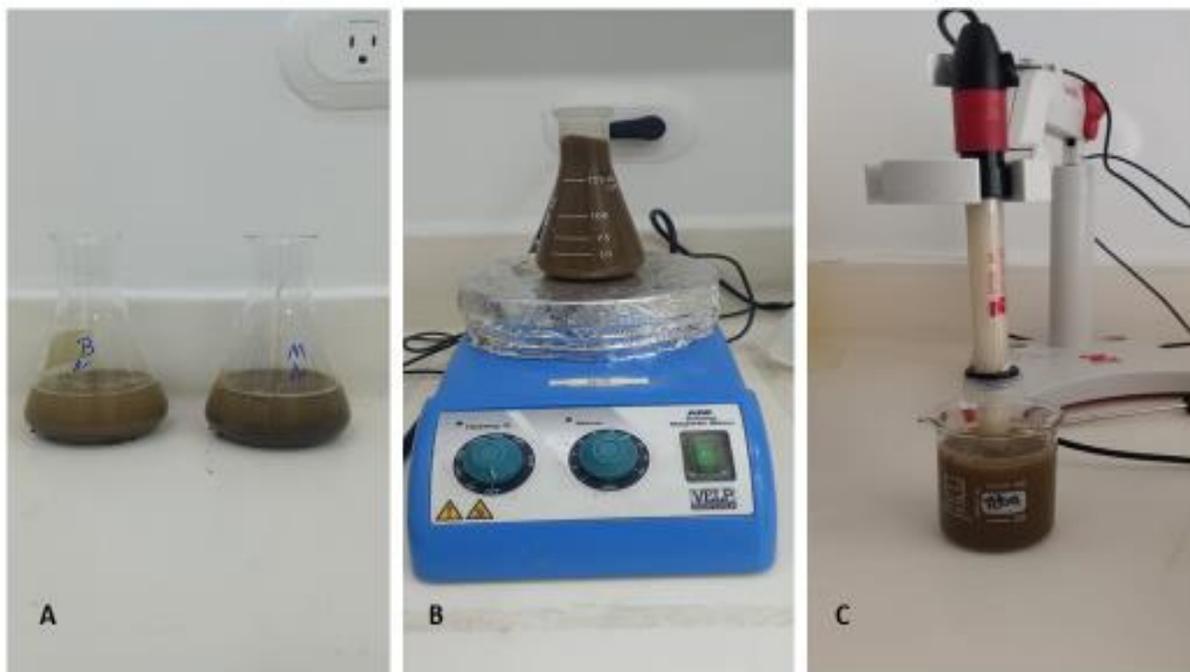


Figura 9. Toma de registro de pH en muestras de suelo de la granja. A) Muestras de suelo con agua de las dos zonas de estudio, B) solución homogénea por medio de un plato con agitador magnético, C) medición de pH con el electrodo del pH metro.

5.1.5 Diseño experimental

En cada zona de muestreo se tomaron 3 muestras de suelo rizosférico totalmente al azar para un total de 6 en todo el estudio. De cada una de estas se realizaron 3 eventos de extracción de nematodos (3 repeticiones) por punto de muestreo. Se realizó el conteo del número de individuos y se registró la abundancia y presencia de cada uno de los géneros en las zonas de estudio (ver **tabla 2**).

Para comparar la diversidad presente en la granja 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. Dichos procesos o análisis estadísticos se realizaron con el programa PAST 4.0.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Identificación y caracterización ecológica de los nematodos encontrados

Como resultado general se logró la extracción de 448 individuos de nematodos de vida libre, los cuales pertenecen a 15 géneros, 11 familias y tres clases: Chromadorea, Enoplea y Secernentea (ver tabla 2).

Tabla 2. Nematodos encontrados en las dos zonas de la granja Agroecológica UNIMINUTO

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	HÁBITO	BOSQUE	MAÍZ
Chromadorea	Monhysterida	Monhysteridae	<i>Monhystrella sp.</i>	Bacteriófago-otros	29	23
	Plectida	Plectidae	<i>Plectus sp.</i>	Bacteriófago	19	0
Enoplea	Mononchida	Mylonchulidae	<i>Mylonchulus sp.</i>	Depredador	23	12
	Triplonchida	Prismatolaimidae	<i>Prismatolaimus sp.</i>	Bacteriófago	18	16
Secernentea	Aphelenchida	Aphelenchoididae	<i>Aphelenchoides sp.</i>	Micófagos-Fitoparásito	21	12
			<i>Aphelenchus sp.</i>	Micófagos	12	1
	Dorylaimida	Longidoridae	<i>Paralongidorus sp.</i>	Fitoparásito	21	12
			<i>Xiphinema sp.</i>	Fitoparásito	17	10
	Rhabditida	Cephalobidae	<i>Panagrolaimus sp.</i>	Bacteriófago	0	17
		Rhabditidae	<i>Protorhabditis sp.</i>	Bacteriófago	22	12
			<i>Rhabditis sp.</i>	Bacteriófago	24	12
	Tylenchida	Anguinidae	<i>Ditylenchus sp.</i>	Fitoparásito	17	0
		Belonolaimidae	<i>Belonolaimus sp.</i>	Fitoparásito	25	17
		Tylenchidae	<i>Macrotrophurus sp.</i>	Fitoparásito	13	19
<i>Tylenchus sp.</i>			Fitoparásito	24	0	
TOTAL					285	163

Tabla 2. Identificación taxonómica y tipo de hábito alimenticio. Autores (2022).

Los géneros identificados presentan en su gran mayoría un hábito bacteriófago y fitoparásito (40% para ambos), seguido de los micófagos y los depredadores (**Ver figura 10**). En algunos casos como en *Aphelenchoides sp.*, aparte de ser reportados como micófagos existen algunas especies que pueden ser fitoparásitas como *Aphelenchoides besseyi*, *Aphelenchoides*

fragariae y *Aphelenchoides ritzemabosi*, los cuales han sido encontrados asociados a daños producidos en los cultivos de soya, fresa e *Hydrangea* (IPPC, 2016; EPPO, 2017; Luna *et al.*, 2018).

Figura 10. Representatividad de hábitos de los nematodos.

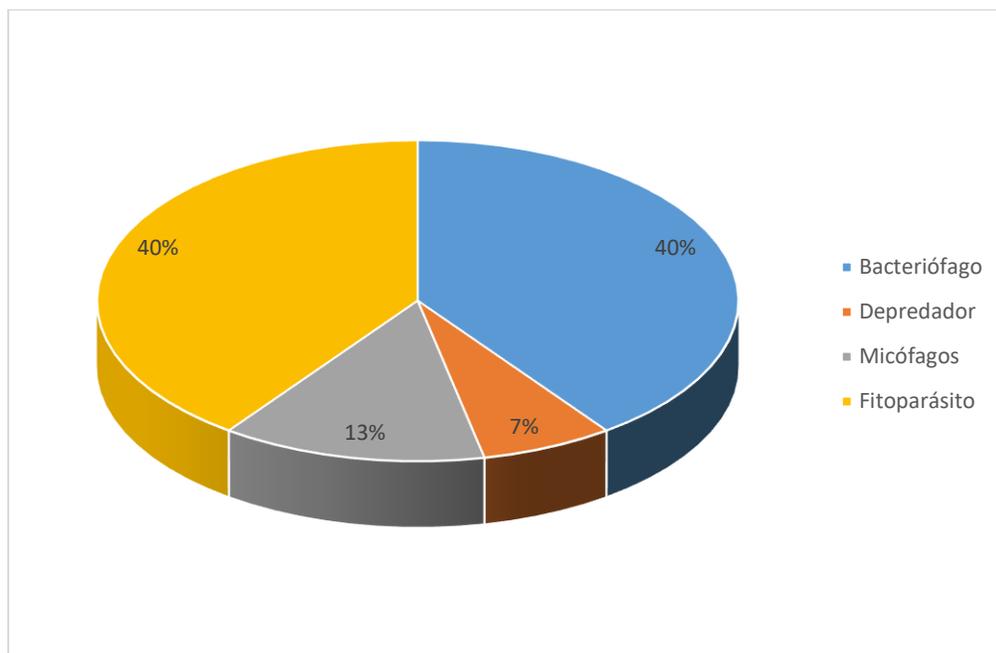


Figura 10. Representatividad de los tipos de hábitos de los nematodos encontrados en el estudio. Autores (2022).

Lo encontrado en esta investigación permite observar un mayor número de géneros asociados al cultivo de maíz (12 géneros) en la granja Agroecologica Uniminuto, si se compara con lo reportado en la investigación de Medina *et al.*, (2018) en la que encontraron seis géneros, los cuales fueron *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Globodera* spp., *Xiphinema* spp., *Rotilenchus* spp., *Mesocriconema* spp y por ultimo *Dorylaimus* spp. Además, de la diferencia en número de grupos taxonómicos se encontró que la composición de especies en la granja, es muy distinta a la de la zona de estudio reportada por Medina *et al.*, (2018), ya que entre los géneros antes mencionados solo se encuentra a *Xiphinema* sp como el único género en el que se observan

coincidencias entre las dos investigaciones. Lo anterior puede estar relacionado a las diferencias propias de los suelos en términos de propiedades fisicoquímicas y en gran medida a las labores que en ellos se realizan, como se observó en el trabajo realizado por Mondino et al., 2010, en el que se evaluó la presencia de nematodos en diferentes sistemas de labranzas asociados al cultivo de caña, lo cual permitió encontrar una relación de abundancia y presencia o ausencia de ciertos grupos de nematodos según el tipo de intervención que se realiza en el suelo.

Por otro lado, al comparar la representatividad de los gremios tróficos en la zona de estudio se encontró que lo obtenido en esta investigación es similares (Ver figura 10) a lo reportado por Ghaderi & Habiballah, (2021), en donde encontraron que los bacteriófagos y fitoparásitos fueron los más abundantes en los suelos de los agroecosistemas del cultivo de Papa. Esto permite determinar que en algunos estudios relacionados con nematodos de vida libre pero aplicados hacia otros sectores o agro ecosistemas el grupo de los bacteriófagos y fitoparásitos suele ser los más abundantes en suelos que se encuentran en equilibrio, sobre todo si se tiene en cuenta que los bacteriófagos ayudan en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica que en estos se encuentran como dominantes.

En contraste con lo anterior, se evidenció que el presente estudio difiere en lo obtenido por Romero et al., (2016), dado que el grupo de los bacteriófagos fue uno de los que menor abundancia presento y 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. De ahí, que la abundancia de nematodos de vida libre encontrados por ellos fue de 163 individuos, mientras que en la presente investigación se encontraron 448 individuos con un esfuerzo de muestreo inferior. Con lo anterior se puede inferir que no todos los suelos que tiende a presentar características físicas semejantes van a contener los

mismos nematodos y también se puede decir que algunos factores externos como los fertilizantes aplicados pueden llegar afectar en la obtención de nematodos en las muestras.

La anterior afirmación se puede constatar en el estudio realizado por Aruani et al., (2017) en suelos salinos bajo diferentes aplicaciones de nitrógeno, en donde se obtuvo que los nematodos dominantes fueron los fitófagos con una representación de 30% de las muestras y al agregar una dosis de nitrógeno al suelo se presenció un aumento del 60% de la población de nematodos de dicho gremio, lo que permite determinar la relación entre la intervención humana mediante las prácticas agrícolas convencionales y la dinámica de las poblaciones y gremios de nematodos en el suelo. Esto permite inferir que los suelos de la granja aún se encuentran en equilibrio, dado que el uso de agroquímicos y fertilizantes a gran escala no ha sido una práctica común en la granja por ello el grupo de las bacterias bacteriófagas es dominante, más si se tienen en cuenta que en estos suelos se fomenta el uso de abonos orgánicos hechos en la misma granja lo cual incentiva el aumento de las poblaciones de bacteriofagos según lo descrito por Lavallén et al., (2015).

6.2 Diversidad de nematodos por zonas de estudio

Al analizar los datos obtenidos se encontró que en la zona de bosque se encuentra el mayor número de especies con respecto a la zona de cultivo de maíz (**ver figura 11**), es decir que en el bosque se encontró el 93,3% de las especies totales encontradas en toda la granja o por lo menos en las dos zonas evaluadas (**ver figura 11**).

Figura 11. Resultado del número de especies por zona de estudio.

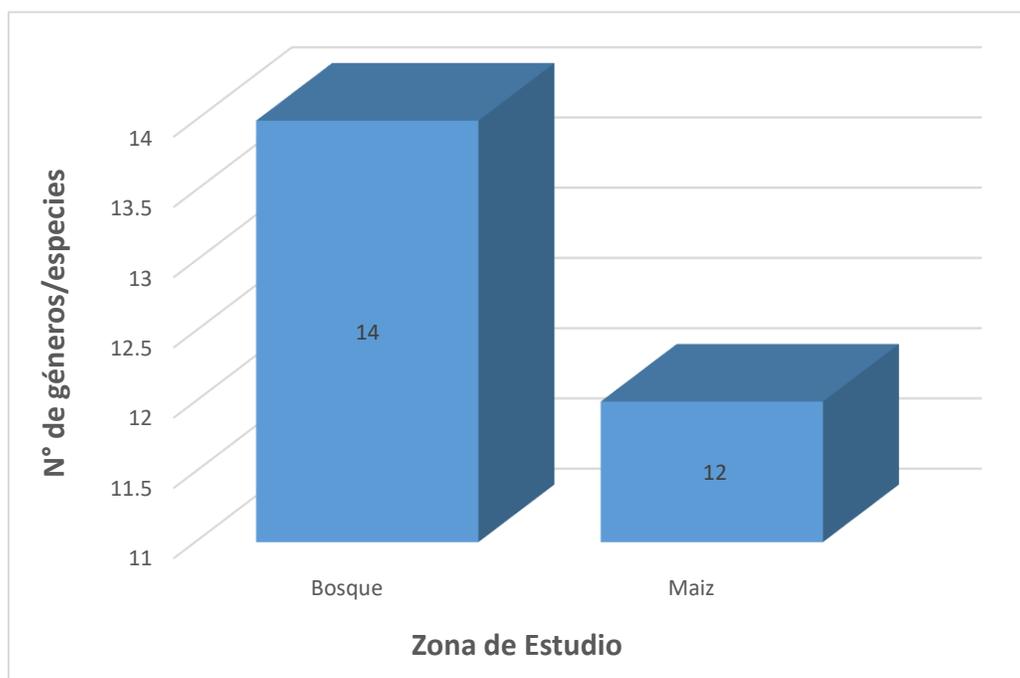


Figura 11. Resultado del número de especies por zona de estudio, en el suelo de Bosque y de cultivo de maíz. Autores (2022).

Los valores de índices de diversidad (ver tabla 3), muestran que el bosque presenta una diversidad alfa mayor, en índices como el Shannon el valor para el bosque es de 2,636 comparado con el de maíz el cual fue de 2,423. Si bien se observa diferencia, esta no es estadísticamente marcada, pues la diferencia de especies entre una zona y otra fue de tan solo dos especies.

Tabla 3. Índices de diversidad para las zonas de estudio

	Bosque	Maíz
Taxa_S (# de especies x zona)	14	12
Individuals	285	175
Dominance_D	0,07171	0,09021
Simpson_1-D	0,9283	0,9098
Shannon_H	2,636	2,423

Evenness_e^H/S	0,9972	0,9397
Brillouin	2,508	2,252
Menhinick	0,8293	0,9399
Margalef	2,3	2,16
Equitability_J	0,9989	0,975
Fisher_alpha	3,086	2,987
Berger-Parker	0,1018	0,1411
Chao-1	14	12
iChao-1	14	12
ACE	14	13,08

Tabla 3. Resultado del cálculo de índices de diversidad para las zonas de estudio en la Granja Agroecológica UNIMINUTO. Autores (2022).

Lo que muestran los índices evaluados es que la diferencia entre estos dos sitios o zonas de muestreo se basa principalmente en término de abundancia de las especies que conforman la comunidad de nematodos de vida libre como ejemplo se podría tomar el índice de Shannon el cual nos da un valor de 2.636 en la zona de bosque y en la zona de maíz de 2.423 la cual podemos analizar que hay mayor abundancia de nematodos de vida libre en la zona de bosque que en la de maíz. Es decir, en el bosque se observa mayor número de individuos totales (**ver figura 12**), y por especie en comparación con los suelos extraídos de cultivo de maíz (**ver tabla 2**).

Lo anterior en gran medida debido a que en suelos con manejo orgánico o sin una intervención antrópica fuerte la diversidad suele ser mayor en comparación con aquellos agroecosistemas de uso intensivo y más intervenidos (Padilla, 2010; Valdez et al., 2017).

Figura 12. *Número total de individuos de nematodos por zonas.*

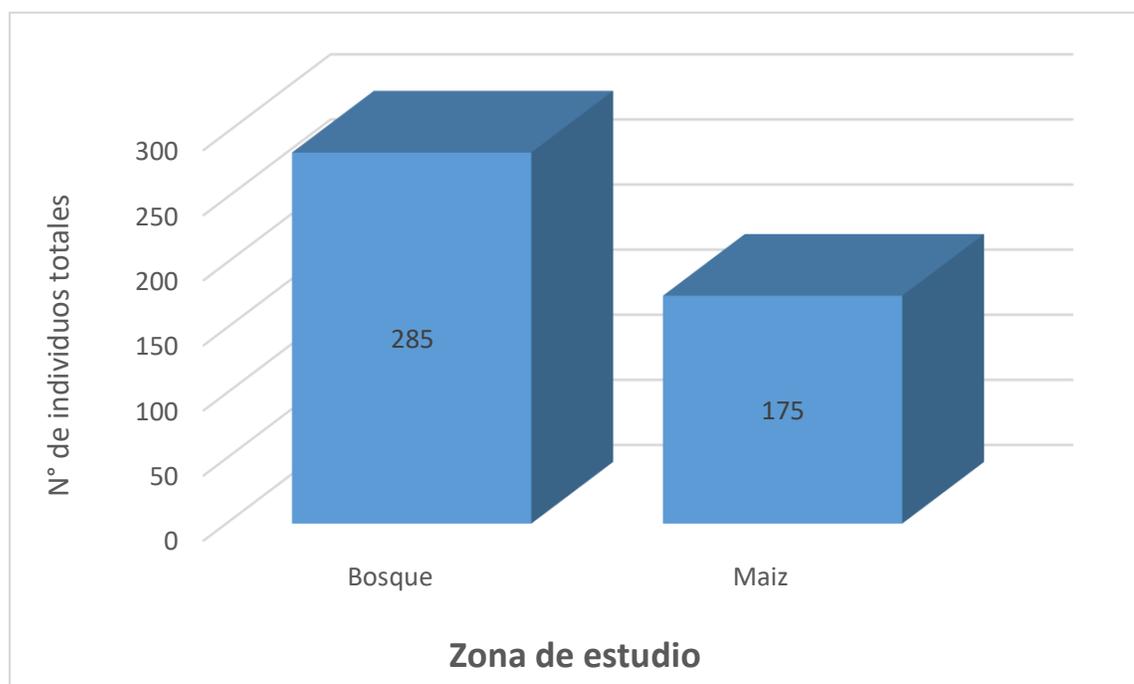


Figura 12. Número total de individuos de nematodos de vida libre por zona de estudio, suelo de Bosque y suelo de cultivo de maíz. Autores (2022).

Realizando una comparación de los datos obtenidos en el estudio hecho por Leguízamo & Parada (2008), se puede decir que en la presente investigación se logró obtener un 57% de la abundancia de especies o grupos taxonómicos encontrados por ellos, un dato que no es menor si se tienen en cuenta que el nuestro esfuerzo de muestreo fue de tan solo 2.5% de lo que Leguízamo & Parada (2008) realizaron. Este hecho deja ver el potencial de los microorganismos que se tiene en la granja agroecológica UNIMINUTO y de la importancia que tienen los resultados de esta investigación junto a otras que se están llevando a cabo en ella, para tomar acciones y seguir con las prácticas agroecológicas que permitan mantener dicha diversidad.

Por otro lado, de las 15 morfo especies o géneros encontrados se observó que en el bosque se encuentran de manera particular y única) *Plectus* sp. (**Figura 13**), *Ditylenchus* sp. (**Figura 14**), y *Tylenchus* sp. (**Figura 15**).

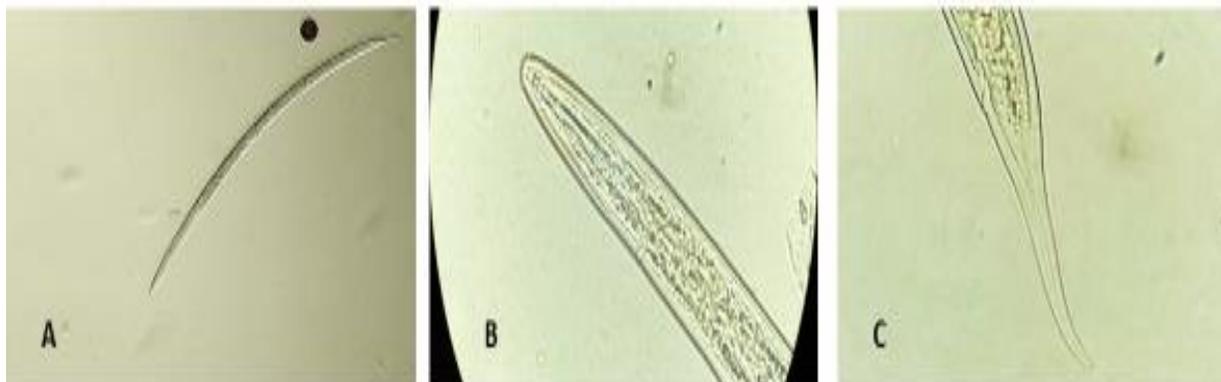


Figura 13. Estructuras del nematodo *Plectus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

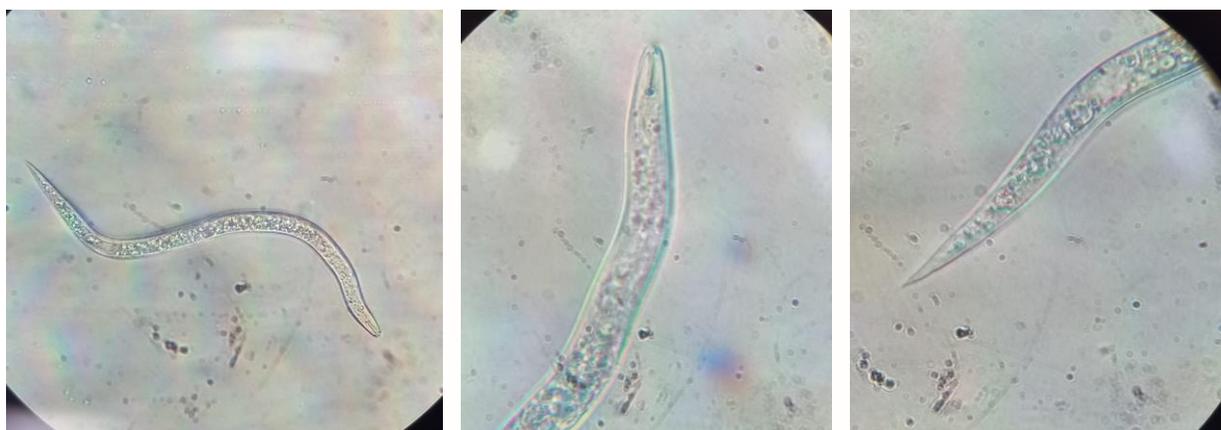


Figura 14. Estructuras del nematodo *Ditylenchus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

El género *Ditylenchus* presenta cutícula delgada, estriada, con banda lateral que tiene 3 a 6 líneas. Estilete de 7-11 μm y nodulos pequeños. El bulbo basal glandular puede o no solapar el intestino. (Escobar, 2018)

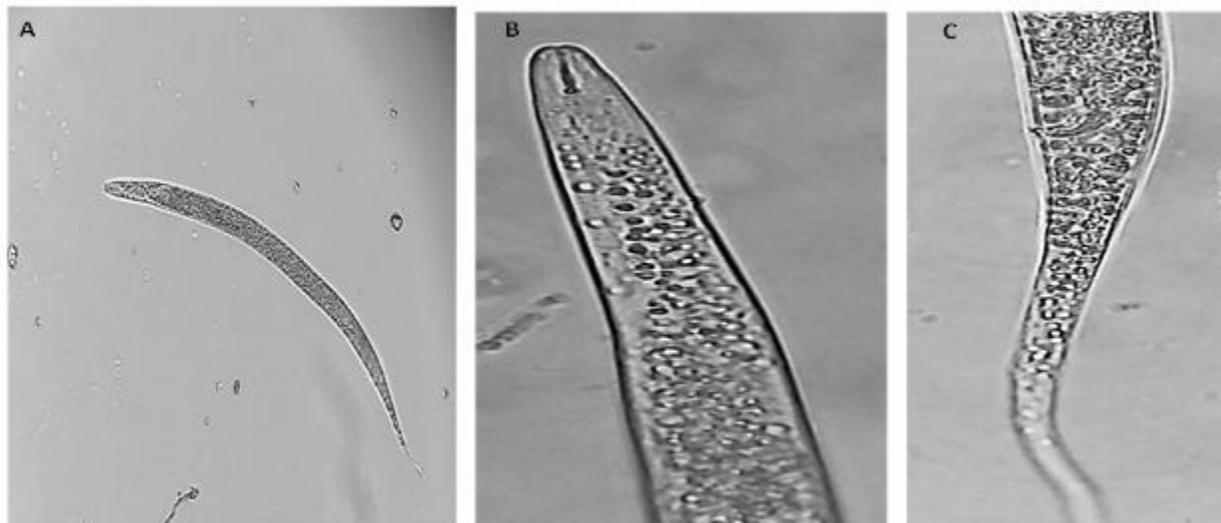


Figura 15. Estructuras del nematodo *Tylenchus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

Los Tylenchidos, hacen parte principalmente de los fitoparásitos y pueden tener un estomatoestilete, el cual es esclerotizado, con forma cónica en la parte anterior y provista de tres nódulos basales. (Rodríguez, 2019)

De igual manera, se observa que *Panagrolaimus* sp. (**Figura 16**), se encuentran de manera exclusiva en la zona de maíz.



Figura 16. Estructuras del nematodo *Panagrolaimus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

Por último, se evidencio que *Monhystrella* sp. (**Figura 17**), *Mylonchulus* sp. (**Figura 18**), *Prismatolaimus* sp. (**Figura 19**), *Aphelenchoides* sp. (**Figura 20**), *Aphelenchus* sp. (**Figura 21**), *Paralongidorus* sp. (**Figura 22**), *Xiphinema* sp. (**Figura 23**), *Protorhabditis* sp. (**Figura 24**), *Rhabditis* sp. (**Figura 25**), *Belonolaimus* sp. (**Figura 26**), *Macrotrophurus* sp. (**Figura 27**), fueron las únicas tres especies que se encontraron tanto en bosque como en suelo asociado a maíz.

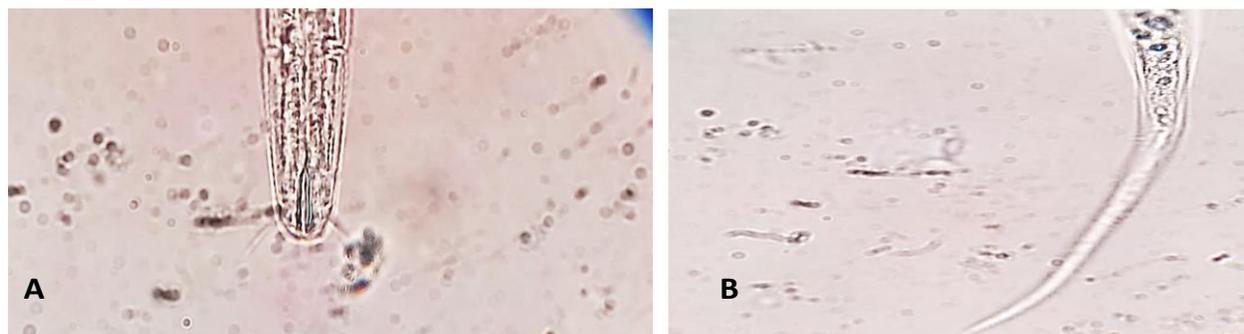


Figura 17. Estructuras del nematodo *Monhystrella* sp. Observación al microscopio. A) Región cefálica, B) Región de la cola.



Figura 18. Estructuras del nematodo *Mylonchulus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

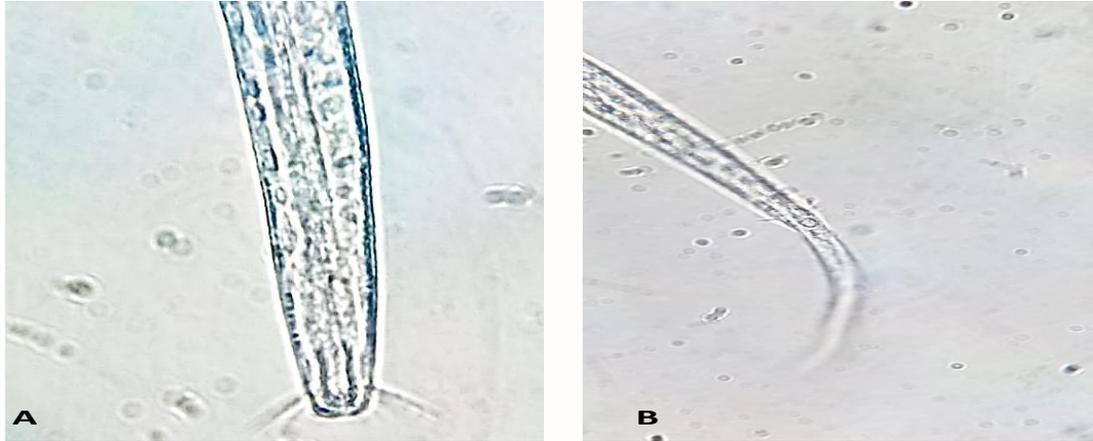


Figura 19. Estructuras del nematodo *Pristematolaimus* sp., observación al microscopio. A) Región cefálica, B) Región de la cola.



Figura 20. Estructuras del nematodo *Aphelenchoides* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

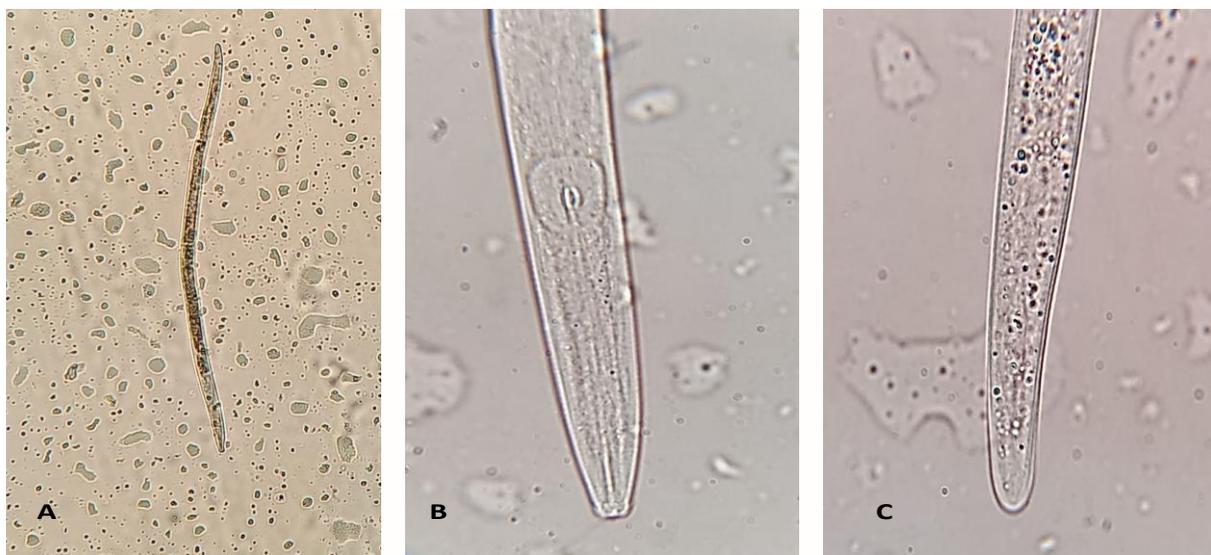


Figura 21. Estructuras del nematodo *Aphelenchus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.



Figura 22. Estructuras del nematodo *Paralongidorus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola



Figura 23. Estructuras del nematodo *Xiphinema* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

EL *Xiphinema* sp es un nematodo ectoparásito. Mide de 1,3 a 3 mm de largo. Se caracteriza por poseer un largo y delgado estilete semejante a una daga, del cual deriva su nombre y que utiliza para penetrar profundamente las raíces. La hembra posee usualmente el cuerpo con forma de “C” abierta, estrechado en las extremidades. El extremo posterior contiene 2 a 3 pares de poros caudales, es conoide y se curva dorsalmente. El macho se encuentra raramente en la naturaleza. Posee una configuración general similar a la de la hembra, pero su longitud es levemente menor. (Casanueva, 2016).

Los huevos son colocados directamente en el suelo, en películas de agua. Poseen 3 o 4 estadios juveniles antes de convertirse en adultos sexualmente maduros, atravesando una muda entre cada estadio. El primer estadio juvenil, ingresa en el suelo. Produce daño mecánico sobre las células de la raíz. Las altas poblaciones de estos nematodos, causan extensas necrosis de la raíz e hinchazón en las extremidades de los pelos absorbentes finos. En infestaciones fuertes, son normales los rendimientos pobres y un crecimiento atrofiado. Sin embargo, su importancia radica principalmente en su acción como vectores de virus (Mendoza, 2017).

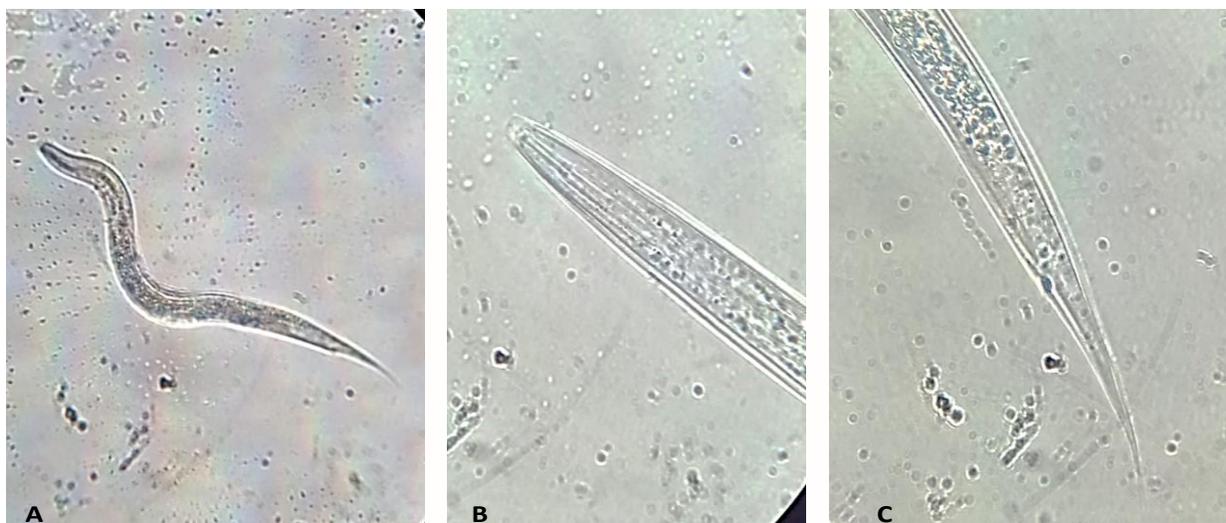


Figura 24. Estructuras del nematodo *Protorhabditis* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.



Figura 25. Estructuras del nematodo *Rhabditis* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, b) Región cefálica, c) Región de la cola.

El género *Rhabditis* se considera un nematodo depredador, por alimentarse de una gran variedad de hongos y bacterias fitopatógenas que habitan en el suelo, así de algunos insectos que parasitan el intestino de otros insectos, tienen una gran importancia agrícola porque degrada la materia orgánica. (Molina, 2018).

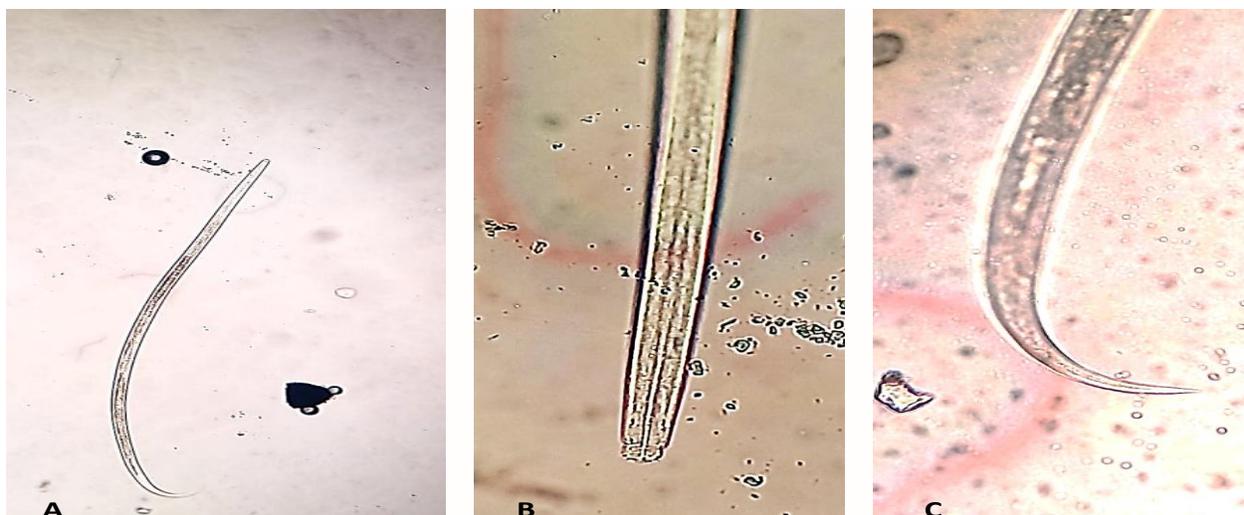


Figura 26. Estructuras del nematodo *Belonolaimus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola.

(*Belonolaimus* sp.) Atrofia las raíces, las cuales toman la apariencia de un muñón. En altas concentraciones puede destruir las raicillas nuevas, un síntoma que puede asociarse con el efecto de fertilizantes. Este nematodo puede resultar muy dañino a los retoños y a los trasplantes, deteniendo el desarrollo de raíces tiernas y ocasionando la muerte de la planta. (Vicente, 2017).



Figura 27. Estructuras del nematodo *Macrotrophurus* sp., observación al microscopio. A) Cuerpo completo, B) Región cefálica, C) Región de la cola

7 CONCLUSIONES

- La presencia de los géneros *Monhystrella* sp., *Plectus* sp., *Mylonchulus* sp., *Mylonchulus* sp., *Prismatolaimus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Paralongidorus* sp., *Xiphinema* sp., *Panagrolaimus* sp., *Protorhabditis* sp., *Rhabditis* sp., *Ditylenchus* sp., *Belonolaimus* sp., *Macrotrophurus* sp., *Tylenchus* sp. Permitted que la trazabilidad donde se puede identificar en cada una de las zonas los grupos y géneros la mayor interacción en cada una de las zonas que se realizó el estudio.
- los valores de índices de diversidad muestran que se requiere realizar acciones de conservación y aumento de la flora en la granja para generar condiciones de bioalimentación de poblaciones benéficas de microorganismos, entre ellos los nematodos, de tal forma que se mejore la salud del suelo en el sitio de estudio.
- La proporción de nematodos fitoparásitos con respecto a los bacteriófagos, y demás gremios tróficos, encontrados en el estudio pone en evidencia que el suelo de las dos zonas de la granja se encuentra estable, sin embargo, si no se toman acciones de conservación y uso adecuado del suelo, dicha estabilidad podría verse afectada de manera rápida.
- Se recomienda ampliar el estudio generando muestreos en otras zonas de la granja y en diferentes épocas del año de tal forma que permitan ampliar el registro de las especies que se encuentran en la granja agroecológica, así como de la dinámica que se presenta en esta.

REFERENCIAS

- Achicanoy, J., Navia, J., Betancourth, C. 2012. Dinámica poblacional de nemátodos de vida libre en diferentes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2): 26 - 38.
- Azpilicueta, C. V., M. C. Aruani, P. D. Reeb, y E. E. Sánchez. 2007. Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo doe invelas de ferilizacion nitrogenada en Alto Valle del Río Negro-Argentinian. *Nematropica* 38:75-86
- Benavides M, H. N. 2021. Fortalecimiento de las capacitaciones en el tema de control de la deforestación realizadas por la Autoridad Ambiental Cormacarena al grupo de Carabineros de Villavicencio. Trabajo de grado. Fundación Universitaria Los Libertadores Facultad de Ciencias Humanas y Sociales Departamento de Educación Especialización en Educación Ambiental. 38p. <http://hdl.handle.net/11371/4661>
- Betancourth, C. (2012). Dinámica poblacional de nematodos de vida libre en diferentes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 2-5.
- 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://doi.org/10.48580/dfqc>
-
- Cabrales Herrera, E., Estrella CAntero, G. F., & Vásquez, E. (2015). Evaluación comparativa de poblaciones de nemátodos de tres pasturas en el bajo cauca – Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 65-71. Recuperado a partir de http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/19.

- Calderón, J., & Benavies, A. M. . (2022). Deforestación y fragmentación en las áreas más biodiversas de la Cordillera Occidental de Antioquia (Colombia). *Biota Colombiana*, 23(1), e942. <https://doi.org/10.21068/2539200X.942>.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., González, A., Hooper, D. U., Perring, C., Venail, P., ... Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Casanueva, K. (2016). *Xiphinema basiri* Siddiqi, un peligro potencial para el cultivo. *Fitosanidad*, 3-4.
- Castilla Diaz, E. E. (10 de 11 de 2015). *FACTORES EDÁFICOS SOBRE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NEMATODOS DE VIDA LIBRE*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE SUCRE: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/529/T595.182%20C352.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chaves, E., Echeverría, M., Álvarez, H., Salas, A. (2019). *Clave para determinar géneros de nematodos del suelo de la república Argentina*. (Eds). Fundación Azara. Tomado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.fundacionazara.org.ar/img/libros/clave-para-determinar-generos-de-nematodos-del-suelo-de-la-republica-argentina.pdf>
- Chica M, Pablo Andrés, Guzmán P, Óscar Adrián, & Cruz C, Gabriel. (2013). Nematofauna asociada a ecosistemas de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) Y bosque secundario en Santágueda, Palestina, Caldas. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(1), 226-250. Retrieved September 15, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682013000100019&lng=en&tlng=es.

- De Rossi, R. P., & Zon, K. D. (2021). Monitoreo de la comunidad de nematodos en suelos de Río Colorado: un indicador de su estado. EEA Alto Valle, INTA.
- 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
- Escobar, J. (2018). Dpto. de Agroecología. Centro de Ciencias Medioambientales, 3-4.
- EPPO. 2017. PM 3/83 (1) *Fragaria* plants for planting - inspection of places of production. Bulletin OEPP/ EPPO. Bulletin. 43:471-495.
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 - key findings. <https://doi.org/10.1002/2014GB005021>
- FAO. (2013). Efecto de la rizósfera micorrizante. *fao*, <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/>.
- Ferraz, S.; Freitas, LG., Lopes, EA.; Dias - Arieira, CR. 2012. Manejo Sustentable de Fitonematoides. Viçosa. MG, Ed. UFV. BR. 304 p
- Gomez, a. (2010). La Importancia de la Rizósfera . *fertilid*, 23-29.
- Gómez, L., Rodríguez, M., Enrique, R., Hernández., Rodríguez, Y., Lorenzo, A. y Díaz, L. 2011. Evaluación del co-producto de CIKRON-H para la desinfección de suelos. Efecto nematicida. Revista protección vegetal 26(3): 23 – 29.
- 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>

- Guzmán, A. (2011). PRINCIPALES NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SÍNTOMAS OCACIONADOS EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA. *agronimia*, 2-4. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia20%281%29_5.pdf
- 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>
- 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>
- Huang , S. (2011). Nematodos del suelo. *ciencias del suelo*, 4-8.
- IDEAM 2021, Resultados del monitoreo de deforestación: 1 año 2020. 2 primer trimestre Año 2021. Disponible en http://www.ideam.gov.co/documents/10182/113437783/Presentacion_Deforestacion2020_SMBY C-IDEAM.pdf/8ea7473e-3393-4942-8b75-88967ac12a19
- IPPC. 2016. Annex to ISPM 27 - *Aphelenchoides besseyi*, *A. fragariae* and *A. ritzemabosi* (2006-025). Disponible desde Internet en: <https://www.ippc.int/en/publications/83447/> (con acceso el 1/09/2016).

- Laurance, W. F., Useche, D. C., Rendeiro, J., Kalka, M., Bradshaw, C. J. A., Sloan, S. P., ... Zamzani, F. (2012). Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature*, 489(7415), 290-293. <https://doi.org/10.1038/nature11318>
- Lavallen, C., Mondino, E., Denegri, G. M., Dopchiz, M. C. (2015). NEMATODOS EDAFICOS EN VERDURAS Y FRUTAS PROVENIENTES DEL CINTURÓN FRUTIHORTICOLA DEL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON, PROVINCIA DE BUENOS AIRE, 33(2): 167-171. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v33n2/v33n2a01.pdf>
- Lezaun, J. (2016). Nematodos fitoparásitos de vida libre. *Croplife*, 7-3.
- Lomban, S. (2017). nematodos. *Atlas Animal*, 17-23.
- Luna Piña, I.; Olave Velandia, A.M.; López Arismendy, E.; Cardona Garzón, W.; Alzate Restrepo, J.F.:2018. Identificación molecular y registro de *Aphelenchoides* spp. EN CULTIVOS comerciales de *Hydrangea* en Antioquia, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 21 (2): 377 – 384. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.994>.
- Machado Restrepo, M. J. (23 de Febrero de 2014). *COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DE GRUPOS FUNCIONALES DE NEMATODOS DEL SUELO EN CULTIVOS DE CEBOLLA, PLANTACIÓN FORESTAL Y BOSQUE, EN LA CUENCA DEL RÍO OTÚN, RISARALDA*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8450/tesis418.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez Medina, A., Escobar Lucas, C., & Sorribas Royo, F. J. (2022). Relaciones planta-plaga-nematodos fitoparásitos: ¿podemos esperar una respuesta consistente de la planta frente a los mismos, o quien pega primero pega dos veces?. *Boletín de la Sociedad Española de Entomología Aplicada*, (6), 19-27.

- 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>
- Mendoza, J. (2017). biología del suelo. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas, 5-8.
- Molina, C. (2018). Patogeneidad de nematodos del género Rhabditis. honduras: ZAMORANO.
- Mondino, E. A., O. C. H. Tavares, E. Lima, and R. L. L. Berbara. 2010. Comunidades de nematodos en caña de azúcar bajo diferentes sistemas de labranza y cosecha. *Nematropica* 40:203-215.
- Morales, S. R. (2022). Relación entre las fracciones de la materia orgánica del suelo y la abundancia de Nematodos Bacteriófagos y Fungívoros en cultivos de *Pyrus communis*. L. (Trabajo de grado, Universidad Nacional del Comahue) Repositorio digital institucional Universidad de Comahue. http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncomaid/16673/TESIS_SILVANA%20MORALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moreno, A. (2017). fisiología de los nematodos . *biología de los nematodos*, 19- 21.
- 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>

- Otero Cabada, M. D. C., Torres, N., Plaza, G., & Pérez Brandán, C. (2002). Nematodos bacteriófagos como bioindicadores y como organismos asociados a los procesos de biorremediación. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol 6.
- Quintanilla, M. (2019). El Ciclo de la Rizofagia. *Madrid*, 3-5.
- Rodriguez, A. (2019). Centro de Ciencias Medioambientales. Dpto. de Agroecología, 6-8.
- Roldan, L. (13 de Mayo de 2022). *los nematodos y características*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-nematodos-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2556.html>
- Salamanca, J. (2017). Nematodos. *NEVAL*, 9-15.
- Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en. *ecosistemas*, 7-11.
- Uribe Londoño, Miguel, Muñoz Flórez, Jaime Eduardo, Riascos Ortiz, Donald. 2020. Los nematodos: microorganismos con múltiples funciones en los cultivos /. – 1ª. edición : Palmira, Valle del Cauca : Universidad Nacional de Colombia, 24 p, SBN: 978-958-794-333-7.
- Vaca, S. (12 de Agosto de 2004). *TAXONOMÍA DE LOS NEMÁTODOS*. Obtenido de universidad nacional : tomado de: [/https://repositorio.unal.edu.c](https://repositorio.unal.edu.c)
- Vanegas-Cubillos, M., Sylvester, J., Villarino, E., Pérez-Marulanda, L., Ganzenmüller, R., Löhr, K., ... & Castro-Nunez, A. (2022). Forest cover changes and public policy: A literature review for post-conflict Colombia. *Land Use Policy*, 114, 10598
- Vera-Morales, M., Castañeda-Ruiz, R. F., Sosa, D., Quevedo, A., Naranjo-Morán, J., Serrano, L., & Ratti, M. F. (2022). Mecanismos de captura, colonización y alimentación empleados por parásitos y predadores de nematodos. *Ecosistemas*, 2390-2390.

Vicente, N. (22 de agosto de 2017). NEMATODOS. Universidad de Puerto Rico, págs. 2-3