



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

### Trabajo de Tesis

Bioplaguicidas para el manejo de mancha de  
hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) y  
nematodos fitoparásitos en vivero de café  
(*Coffea arabica* L.)

### Autores

**Br. Lauren Adriana Gómez González**  
**Br. Junior Bladimir Membreño Carrasco**

### Asesora

**Ing. MSc. Rosario Chavarría Sánchez**

Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**  
**Abril, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

### **Ingeniero Agrónomo**

---

#### Miembros del Comité Evaluador

---

MSc. Santos David Romero  
Presidente

---

MSc. Markelyn José Rodríguez  
Secretario

---

MSc. Víctor Monzón Ruiz  
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 30/04/2025

---

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios, por darme fuerza, sabiduría y salud necesarias para concluir exitosamente mi trabajo de graduación.

A mis padres, Elman David Gómez y Diana Lourdes González, quienes han sido mi pilar en la vida y la mayor fuente de inspiración. Por ser la razón de cada paso que he dado, por su amor incondicional, su sabiduría y su ejemplo constante de superación. Este logro es tan suyo como mío, y es el reflejo de su esfuerzo, dedicación y apoyo incansable.

**Br. Lauren Adriana Gómez González**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme salud, sabiduría y fortaleza en los momentos más difíciles, por ser mi guía constante y recordarme siempre que, con perseverancia y fe, todo es posible.

A mis padres, Junieth Carrasco Laínez y Bladimir Membreño Duarte, por su apoyo incondicional, por sus valiosos consejos llenos de motivación, por enseñarme valores que formaron como persona y por creer en mí. Gracias por ser mi inspiración para alcanzar esta meta tan importante de mi vida.

A mis hermanas, Virginia Membreño Carrasco y Nicole Gonzáles Carrasco, por su compañía y cariño inigualables.

A mi familia, quienes con su apoyo y palabras de aliento me motivaron a esforzarme y trabajar con dedicación y constancia.

**Br. Junior Bladimir Membreño Carrasco**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, en primer lugar, a Dios por su infinita guía, por brindarme sabiduría y entendimiento a lo largo de mis estudios.

A mis padres, Elman David Gómez y Diana Lourdes González, por todo su amor y apoyo incondicional, así como por su incansable dedicación a lo largo de mi vida.

A mi tía, María Esperanza González, por su generoso amor y su apoyo constante. Gracias por ser una persona fundamental en mi vida y por sus reconfortantes palabras de aliento.

A mis queridos amigos Ing. Junior Bladimir Membreño Carrasco, Ing. Carlos Nahum Rivera Meza, Ing. Jenner Misael Urbina Martínez, Ing. Emerson Jesús Chavarría Solís y Lic. Brenda Pravia, quienes siempre estuvieron a mi lado en los momentos difíciles y compartieron conmigo los momentos felices. Gracias por su apoyo constante, por hacer que el camino fuera más llevadero.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), por la valiosa formación académica que recibí a lo largo de estos cinco años, así como por las becas otorgadas, las cuales fueron un gran apoyo para completar con éxito mi carrera.

A mi asesora, MSc. Rosario Chavarría Sánchez, por el valioso conocimiento compartido, por su guía experta y por su paciencia durante todo el proceso. También agradezco por facilitarnos el acceso a la finca para realizar el estudio, lo cual fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

**Br. Lauren Adriana Gómez González**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la fuerza y la oportunidad de alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, Junieth Carrasco Laínez y Bladimir Membreño Duarte, por ser el pilar fundamental en mi formación, inculcándome valores y principios de humildad que han guiado mi camino. Gracias por creer siempre en mí, desde el momento en que les compartí mi sueño de convertirme en ingeniero agrónomo, y por estar convencidos de que, con esfuerzo y dedicación, lo lograría.

A mis queridos amigos, Ing. Lauren Adriana Gómez González, Ing. Carlos Nahum Rivera Meza, Ing. Emerson Jesús Chavarría Solís, Ing. Jenner Misael Urbina Martínez, por su apoyo incondicional, muestras de cariño y por acompañarme tanto en los momentos difíciles como en los felices. Han sido como hermanos para mí, y los llevaré siempre en mi corazón.

A mi compañera de tesis, Ing. Lauren Adriana Gómez González, por confiar en mí y permitirme ser parte de este estudio conjunto.

A la Dra. Noemí Cabrera Bú, por sus continuas palabras de ánimo y consuelo, que iluminaron mis días y me impulsaron a seguir adelante. Gracias por creer en mí, por apoyarme en los momentos más difíciles, y por ser una persona especial en mi vida.

A mi asesora, MSc. Rosario Chavarría Sánchez, por su valioso tiempo, experiencia y palabras de aliento constantes durante todo el proceso de este estudio.

A la Universidad Nacional Agraria, por abrirme las puertas de esta prestigiosa casa de estudios y proporcionarme las herramientas necesarias para alcanzar mi meta.

**Br. Junior Bladimir Membreño Carrasco**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN                                                 | PÁGINA      |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DEDICATORIA</b>                                      | <b>i</b>    |
| <b>DEDICATORIA</b>                                      | <b>ii</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                                   | <b>iii</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                                   | <b>iv</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>                                | <b>vii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                                | <b>viii</b> |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>                                 | <b>ix</b>   |
| <b>RESUMEN</b>                                          | <b>x</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>                                         | <b>xi</b>   |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>                                  | <b>1</b>    |
| <b>II. OBJETIVOS</b>                                    | <b>3</b>    |
| 2.1 Objetivo general                                    | 3           |
| 2.2 Objetivos específicos                               | 3           |
| <b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>                         | <b>4</b>    |
| 3.1 Origen del café                                     | 4           |
| 3.2 Clasificación taxonómica del café                   | 4           |
| 3.3 Importancia del cultivo de café en Nicaragua        | 4           |
| 3.4 Rendimientos de café en Carazo                      | 5           |
| 3.5 Fases del cultivo de café                           | 5           |
| 3.5.1 Etapa de vivero                                   | 5           |
| 3.6 Manejo de vivero                                    | 5           |
| 3.7 Enfermedades del café en vivero                     | 6           |
| 3.7.1 Mancha de hierro                                  | 6           |
| 3.8 Plagas de suelo en vivero de café                   | 6           |
| 3.8.1 Nematodos agalladores ( <i>Meloidogyne</i> spp)   | 7           |
| 3.8.2 Nematodos lesionadores ( <i>Pratylenchus</i> spp) | 7           |
| 3.9 Manejo de enfermedades y nematodos fitoparásitos    | 7           |
| 3.9.1 Manejo químico de la mancha de hierro             | 7           |
| 3.9.2 Manejo químico de nematodos                       | 8           |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.9.3 Manejo biológico                                          | 8         |
| 3.10 Manejo biológico de enfermedades y nematodos fitoparásitos | 8         |
| 3.10.1 <i>Trichoderma</i> spp                                   | 8         |
| 3.10.2 <i>Bacillus subtilis</i>                                 | 9         |
| 3.10.3 Micorrizas                                               | 10        |
| 3.10.4 <i>Pseudomonas fluorescens</i>                           | 10        |
| <b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                                 | <b>11</b> |
| 4.1 Ubicación del estudio                                       | 11        |
| 4.2 Diseño metodológico                                         | 11        |
| 4.3 Muestreos de nematodos fitoparásitos                        | 11        |
| 4.4 Descripción de los tratamientos                             | 12        |
| 4.5 Preparación de los tratamientos                             | 12        |
| 4.6 Aplicación de los tratamientos                              | 13        |
| 4.7 Variables evaluadas                                         | 14        |
| 4.8 Análisis de datos                                           | 15        |
| 4.9 Manejo de factores no sujetos a evaluación                  | 15        |
| <b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                | <b>16</b> |
| 5.1 Número de hojas                                             | 16        |
| 5.2 Incidencia de mancha de hierro                              | 17        |
| 5.3 Severidad de mancha de hierro                               | 19        |
| 5.4 Población de nematodos en raíz y suelo                      | 22        |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b>                                         | <b>26</b> |
| <b>VII. RECOMENDACIONES</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>VIII. LITERATURA CITADA</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>IX. ANEXOS</b>                                               | <b>35</b> |

---

## ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO                                                   | PÁGINA |
|----------------------------------------------------------|--------|
| 1. Descripción y dosis de aplicación de los tratamientos | 13     |
| 2. Escala de severidad para mancha de hierro             | 14     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA                                                                            | PÁGINA |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Promedio de número de hojas en el cultivo de café, finca Chelol-Jinotepe, 2024 | 16     |
| 2. Porcentaje de incidencia de mancha de hierro, finca Chelol- Jinotepe, 2024     | 18     |
| 3. Porcentaje de severidad de la mancha de hierro, finca Chelol-Jinotepe, 2024    | 20     |
| 4. Población de nematodos en raíces, finca Chelol-Jinotepe, 2024                  | 22     |
| 5. Población de nematodos en suelo, finca Chelol-Jinotepe, 2024                   | 24     |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO                                                                           | PÁGINA |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Plano de campo en vivero de café finca Chelol Jinotepe-Carazo                | 35     |
| 2. Hoja de muestreo vivero de café, finca chelol-Jinotepe. Junio-Octubre 2024   | 36     |
| 3. Recolección de datos                                                         | 36     |
| 4. Análisis de varianza de número de hojas                                      | 37     |
| 5. Prueba de Kruskal Wallis del porcentaje de incidencia de mancha de hierro    | 37     |
| 6. Comparación de rangos del porcentaje de incidencia de mancha de hierro       | 37     |
| 7. Prueba de Kruskal Wallis del porcentaje de severidad de mancha de hierro     | 37     |
| 8. Comparación de rangos del porcentaje de severidad de mancha de hierro        | 37     |
| 9. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Helicotylenchus</i> en raíz   | 38     |
| 10. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Meloidogyne</i> en raíz      | 38     |
| 11. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Scutellonema</i> en raíz     | 38     |
| 12. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Tylenchulus</i> en raíz      | 39     |
| 13. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Pratylenchus</i> en raíz     | 39     |
| 14. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Rotylenchus</i> en raíz      | 39     |
| 15. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Paratylenchus</i> en raíz    | 39     |
| 16. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Helicotylenchus</i> en suelo | 40     |
| 17. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Meloidogyne</i> en suelo     | 40     |
| 18. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Scutellonema</i> en suelo    | 40     |
| 19. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Criconemoides</i> en suelo   | 40     |
| 20. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Tylenchulus</i> en suelo     | 41     |
| 21. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Pratylenchus</i> en suelo    | 41     |
| 22. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Rotylenchulus</i> en suelo   | 41     |
| 23. Prueba de Kruskal Wallis de la población de <i>Paratylenchus</i> en suelo   | 41     |
| 24. Muestreo inicial de nematodos en raíz                                       | 42     |
| 25. Muestreo inicial de nematodos en suelo                                      | 43     |
| 26. Muestreo final de nematodos en raíz                                         | 44     |
| 27. Muestreo final de nematodos en suelo                                        | 45     |

## RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L.) es uno de los principales cultivos de exportación de Nicaragua, aportando el 8.5 % del producto interno bruto nacional y el 24 % del total de la economía agrícola. Sin embargo, la enfermedad mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) y los nematodos fitoparásitos afectan las plantas desde etapas tempranas, debilitando su vigor y desarrollo radicular. El manejo de estos patógenos se ha centrado en productos químicos, afectando al medio ambiente y la sostenibilidad agrícola. El objetivo de esta investigación fue implementar alternativas biológicas para el manejo de la mancha de hierro y nematodos fitoparásitos en el cultivo de café durante la etapa de vivero en la finca Chelol, ubicada en Jinotepe, Carazo. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con seis tratamientos, cada uno con 50 plantas, seleccionándose aleatoriamente 10 plantas por tratamiento para el muestreo. Los tratamientos consistieron en bioplaguicidas a base de *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp, testigo absoluto, *Bacillus subtilis*, hongos micorrícicos y un consorcio de todos los microorganismos evaluados. Se evaluaron las variables número de hojas, incidencia y severidad de la mancha de hierro y población de nematodos en raíz y suelo. Los datos fueron procesados en Infostat® 2020, aplicando ANDEVA para el número de hojas y la prueba de Kruskal-Wallis para las demás variables. El bioplaguicida a base de *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* presentó el mayor promedio con 22.56 hojas por planta, además el menor porcentaje de incidencia con 10.61 % y el menor porcentaje de severidad de la mancha de hierro con 6.4 %. En cuanto a la población de nematodos no presentó diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, el género predominante en raíz fue *Meloidogyne* y en suelo *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*.

**Palabras clave:** *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, manejo biológico, Consorcio.

## ABSTRACT

The coffee (*Coffea arabica* L.) is one of Nicaragua's main export crops, contributing 8.5% of the national gross domestic product and 24% of the total agricultural economy. However, iron spot disease (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) and phytoparasitic nematodes affect plants from early stages, weakening their vigor and root development. The management of these pathogens has focused on chemical products, affecting the environment and agricultural sustainability. The objective of this research was to implement biological alternatives for the management of iron spot and phytoparasitic nematodes in the coffee crop during the nursery stage at the Chelol farm, located in Jinotepe, Carazo. A complete randomized design (CRD) was used with six treatments, each with 50 plants, randomly selecting 10 plants per treatment for sampling. The treatments consisted of biopesticides based on *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp, absolute control, *Bacillus subtilis*, mycorrhizal fungi and a consortium of all the microorganisms evaluated. The variables number of leaves, incidence and severity of iron spot and nematode population in root and soil were evaluated. Data were processed in Infostat® 2020, applying ANDEVA for the number of leaves and the Kruskal-Wallis test for the other variables. The biopesticide based on *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* presented the highest average with 22.56 leaves per plant, as well as the lowest percentage of incidence with 10.61 % and the lowest percentage of severity of iron spot with 6.4 %. As for the nematode population, there were no significant differences between treatments; however, the predominant genus in root was *Meloidogyne* and in soil *Helicotylenchus* and *Meloidogyne*.

**Key words:** *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, biological management, Consortium.

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, la cosecha de café (*Coffea arabica* L.) contribuye al 8.5 % del producto interno bruto nacional y al 24 % del total de la economía agrícola (Salazar, 2022). El Ministerio Agropecuario (MAG, 2023) menciona que: “El café es uno de los principales cultivos exportables de importancia en la economía de Nicaragua, aportando 711.0 millones de dólares en el año 2022 y generando 600 mil empleos durante la época de corte, tanto temporales como permanentes” (párr.1).

El Sistema Nacional de Producción, Consumo y Comercio ha promovido políticas y estrategias destinada a fomentar el crecimiento de la industria cafetalera, con el fin de mejorar la eficiencia productiva, agregar valor a los productos y gestionar mejor las plantaciones, todo ello con la visión de incrementar los ingresos de las familias productoras (MAG, 2023).

En Nicaragua, el cultivo de café enfrenta importantes desafíos debido a las plagas y enfermedades que afectan las plantas desde las etapas tempranas, lo que repercute directamente en la producción. Entre las enfermedades foliares que más afectan al cultivo se incluyen la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), roya (*Hemileia vastatrix*), marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*), antracnosis (*Colletotrichums coffeanum*) y mal de hilachas (*Corticium koleroga*) (Salazar y Jiménez-Martínez, 2022). En cuanto a las plagas del suelo, se destacan los nematodos de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, que inciden en todas las etapas del desarrollo del café (Villarreyna, 2020).

En Nicaragua, el sector agrícola necesita cambiar el enfoque centrado en la utilización de productos químicos para abordar problemas fitosanitarios. A pesar de que la regulación biológica se presenta como una alternativa eficaz y sostenible con los ecosistemas en el manejo de plagas, su adopción es limitada entre los agricultores nicaragüenses. Este fenómeno podría atribuirse a la histórica prevalencia de agroquímicos en el país y a las deficiencias en la transferencia de tecnología relacionada con los biocontroladores (Salazar-Antón et al., 2014).

Salazar-Antón et al. (2014) mencionan que: “Los agentes de control biológico que se han estudiado con frecuencia en la agricultura nicaragüense son: *Trichoderma* sp., micorrizas y *Paecilomyces* sp. Estos han demostrado ser efectivos contra diversos patógenos, que pertenecen principalmente a los hongos y nematodos fitoparásitos” (p.288).

En la investigación de alternativas sostenibles para potenciar la producción de café, García y González (2021) emplearon *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y micorrizas como promotores de crecimiento en semillero y vivero de café. Por su parte, Navarrete y Díaz (2020) utilizaron estrategias de manejo biológico para combatir la enfermedad de la roya utilizando *Lecanicillium* spp, *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis*.

Según Cano (2011) en su estudio acerca de las relaciones positivas entre microorganismos y plantas, como las micorrizas, *Trichoderma* spp y *Pseudomonas* spp, observó una amplia gama de interacciones entre estos microorganismos, que desempeñan un papel importante en el control biológico de fitopatógenos y a su vez, la inducción del crecimiento de la planta. Estos estudios apuntan a que estos organismos poseen una capacidad prometedora para incrementar la producción de café.

Para abordar los desafíos en la producción de café, se requiere desarrollar estrategias de manejo que reduzcan las pérdidas. Esto implica considerar enfoques basados en alternativas biológicas, en vez de recurrir exclusivamente a productos químicos.

En el presente estudio tiene como objetivo implementar alternativas biológicas para el manejo de problemáticas críticas que afectan el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). La investigación se centra en la evaluación de bioplaguicidas, como *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y micorrizas, como soluciones en el manejo de la mancha de hierro y nematodos, durante la etapa de vivero.

Estas alternativas biológicas representan un enfoque innovador y sostenible para reducir la dependencia de productos químicos convencionales. La importancia radica en lograr resultados positivos, para el manejo de estas plagas, promoviendo la salud de las plantas desde las primeras etapas de crecimiento.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Implementar alternativas biológicas para el manejo de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cook) y nematodos fitoparásitos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) durante la etapa de vivero en la finca Chelol Jinotepe Carazo.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la incidencia y severidad de enfermedades foliares usando bioplaguicidas como *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y micorrizas.
- Determinar poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíz y suelo usando bioplaguicidas como *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y micorrizas en condiciones de vivero.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 Origen del café**

Según Montalvo y Villalva (2017) el café se originó en las tierras altas de Etiopía y Sudán, África, ubicado a una altitud a más de 1000 msnm. Su historia se remonta en Yemen donde se cultivaba posiblemente desde antes del Siglo XV, luego se extendió rápidamente por todo el mundo árabe. (Citado por Suazo, 2020, p. 8)

#### **3.2 Clasificación taxonómica del café**

El cultivo pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Existen numerosas especies de café y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea*, son conocidas como *Coffea arabica* Linneo (conocida como Arábica o Arábica) y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner (conocida como Robusta). (Salazar, 2022, p. 4)

#### **3.3 Importancia del cultivo de café en Nicaragua**

Según los registros económicos por el MAG (2023) para el 15 de enero del 2023 se ha observado un progreso en los rendimientos de café en los acopios y beneficios alcanzando los 109.08 millones de kg de café oro, esto indica un incremento del 3 % en contraste con el ciclo previo para la misma fecha. Esta cosecha correspondiente al periodo 2022 a 2023 representando un 63 % de la meta establecida.

En Nicaragua existen 58 beneficios secos que satisfacen los requisitos para los mercados locales e internacionales, distribuidos principalmente en Matagalpa, Jinotega y Nueva Segovia. Estos beneficios manejan la producción de 38 mil agricultores, quienes siembran 168 mil hectáreas de café. De estos el 84 % son pequeños productores (MAG, 2023).

Fórum cultural de café (2017) menciona que en Nicaragua: “Existen 44,519 productores de café de los que un 97% son pequeños productores, con fincas de unas catorce hectáreas. El resto son productores medianos a grandes con fincas de 14 a 30 hectáreas” (p.6).

### **3.4 Rendimientos de café en Carazo**

Conforme a Duarte (2015) en las localidades de San Marcos, Diriamba y Jinotepe, Departamento de Carazo, se siembran alrededor del 13 % del café del área total de producción, por lo que estos lugares se identifican como el Triángulo de Oro. Esta región produce unos 2.27 millones kg de café oro al año, generando ingresos superiores a 10 millones de dólares.

### **3.5 Fases del cultivo de café**

Según Arcila (2008) la planta de café experimenta diversas fases de desarrollo vegetativo y reproductivo, el desarrollo vegetativo comprende tres etapas: germinación a trasplante (2 meses), almacigo o vivero (5-6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses), después de la primera floración, las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo se mezclan y continúan simultáneamente durante todo el ciclo de la planta.

#### **3.5.1 Etapa de vivero**

El vivero es el área donde las plantas provenientes del proceso de germinación se mantendrán hasta que obtengan el crecimiento requerido para ser trasplantadas al campo definitivo. Usualmente el cultivo requiere de 6 a 8 meses para estar en condiciones óptimas para ser plantado (Monroig, 2020).

De acuerdo con SAGARPA - INIFAP (2013) en el establecimiento de viveros, se emplean diversas técnicas: “Los viveros se preparan mediante siembra directa, en bolsa de polietileno o recientemente en tubos de polietileno” (Citado por Moreno, 2018, p.19).

### **3.6 Manejo de vivero**

Acerca del mantenimiento de vivero “El cultivo de café demanda gran cantidad de actividades de manejo, entre las cuales se encuentran establecimiento de vivero, siembra en campo, manejo de malezas, manejo de plagas y enfermedades, fertilización, podas y manejo de sombra” (Navarrete y Diaz, 2020, p.5).

### **3.7 Enfermedades del café en vivero**

Morán y Jiménez-Martínez (2023) describen que durante la etapa de vivero las principales enfermedades del café son la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), roya (*Hemileia vastatrix*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*), siendo beneficiadas por lluvias fuertes, entornos húmedos y temperaturas cálidas que provocan daños a las hojas, disminuyendo su espacio fotosintético y su crecimiento.

De acuerdo con Tapia y Fletes (2015) la roya, la antracnosis y la mancha de hierro son las enfermedades que causan mayores daños al cultivo de café en Carazo. Estas amenazas continúan siendo un desafío constante para los agricultores locales, quienes buscan soluciones efectivas para proteger sus cosechas.

#### **3.7.1 Mancha de hierro**

La mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), presenta lesiones de forma circular de coloración marrón-rojiza en las hojas, en la parte externa, la mancha está rodeada por un anillo de tonalidad amarillenta, causando daños al cultivo desde la etapa de vivero. La enfermedad prospera en condiciones de alta humedad ambiental (mayor al 80 %) y abundante luminosidad, las temperaturas de 20- 30 °C favorecen su crecimiento (Galeano, 2006).

Esta enfermedad se reproduce muy rápido en las áreas cafetaleras, compromete al café en todas las fases de crecimiento y desarrollo. Provoca daños considerables tanto en las hojas como en los frutos, independientemente de su etapa de crecimiento. Las lesiones foliares inducen una defoliación, resultando en la pérdida completa de hojas. En cuanto a los frutos, el hongo provoca manchado del pergamino y adhesión de la pulpa al grano, causando maduración anticipada y caída de la cosecha (Villarreyna, 2020).

### **3.8 Plagas de suelo en vivero de café**

Las plagas del suelo que perjudican al café son aquellas que se nutren de las raíces, como la gallina ciega (*Phyllophaga* spp) y los nematodos. La afectación primaria que ocasionan es la destrucción de raíces al alimentarse, lo que resulta en una reducción del crecimiento, calidad, productividad y por último muerte regresiva de la planta (Paniagua, 2019).

De acuerdo con Rodas (2018) los nematodos que parasitan las plantas representan el mayor desafío para la producción de café a escala global. Entre los géneros más destacados se encuentran *Meloidogyne* spp y *Pratylenchus* spp.

Rizo (2022) “Los nematodos criaturas cilíndricas, lisos, no segmentados, con apariencia de gusano que miden menos de 1 a 2 mm de largo. Nematodos fitopatógenos se denominan así porque se alimentan de los nutrientes de las plantas” (p.24).

Según Hernández y Mendoza (2014) los nematodos tienden a penetrarse más en el suelo durante la época seca, mientras que en el transcurso de la época de lluvias suelen moverse más cerca de la parte superior del suelo (Citado por Villarreyna, 2020).

### **3.8.1 Nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp)**

Como señala Escobar (2008) este tipo de género causa un daño total de las raíces del café. La planta no puede generar nuevas raíces, dejando las raíces existentes engrosadas, lo que reduce significativamente su potencial de absorber agua y nutrientes. *Meloidogyne* presenta una característica distintiva, la presencia de agallas, al principio estas son de color blanco y posteriormente adquieren un tono pardo.

### **3.8.2 Nematodos lesionadores (*Pratylenchus* spp)**

Por lo general, sobreviven durante la temporada sin un huésped como juveniles, ya sea en el suelo o en el interior de las raíces. Ingresan en las raíces nuevas de sus huéspedes, desplazándose mediante ellas y causando daños, resultando en lesiones necróticas que facilitan la entrada de otros agentes infecciosos (Talavera, 2003).

## **3.9 Manejo de enfermedades y nematodos fitoparásitos**

### **3.9.1 Manejo químico de la mancha de hierro**

El manejo químico puede llevarse a cabo utilizando productos como ALTO 10 SL® (Ciproconazole), un fungicida con propiedades curativas, preventivas y antiesporulantes. Se recomienda una dosis de 430 ml/ ha<sup>-1</sup> por barril de 200 L en cultivos con alta presencia de la enfermedad y 285 a 300 ml/ ha<sup>-1</sup> por barril de 200 L en aquellos donde los síntomas

comienzan a manifestarse. Otro producto viable es SCANNER® 37SC (Azoxystrobina + Ciproconazole + Tebuconazol) es un compuesto sistémico, que se aplica a una dosis de 570 ml/ ha<sup>-1</sup> por barril de 200 L (Mondragón, 2018).

### **3.9.2 Manejo químico de nematodos**

De acuerdo con Escobar (2008) históricamente el manejo de nematodos se ha basado principalmente en el uso de nematicidas químicos y actualmente los sistemas de explotación de café continúan usando la aplicación de estos productos de manera irracional.

Según Collange et al. (2011) dentro de los nematicidas que se usan para el control químico se encuentra vydate 24 SL (Oxamil), con dosis foliar de 2-5 L/ ha<sup>-1</sup> por barril de 200 L, el cual se aplica en el suelo y el follaje (Citado por Rizo, 2022).

### **3.9.3 Manejo biológico**

A nivel mundial se desarrollan agentes de control biológico (ACB), organismos vivos como hongos, bacterias, virus e insectos que reducen las plagas que afectan a los cultivos. Los hongos en particular despiertan el interés de empresas y organismos de investigación por su papel en el control de insectos, enfermedades, sin dañar el medio ambiente y la salud. (Viera-Arroyo et al., sección “Introducción”, párr. 5)

## **3.10 Manejo biológico de enfermedades y nematodos fitoparásitos**

La utilización de organismos biológicos como *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis*, hongos micorrízicos y *Pseudomonas fluorescens* han adquirido una creciente importancia por su capacidad para controlar enfermedades y patógenos del suelo al impulsar el desarrollo saludable de los cultivos, convirtiéndose en elementos claves en la agricultura moderna.

### **3.10.1 *Trichoderma* spp**

El género *Trichoderma* fue descrito por primera vez por Persoon en 1794, pero capturó la atención de los agricultores sólo después de que Weindling y colaboradores en 1934 mostraron que una especie del género pudo eliminar a otros hongos, y controlar las enfermedades de las plantas. (Amerio et al., 2020, p. 4)

*Trichoderma* es ampliamente reconocido por sus características antagónicas que se basan en una variedad de mecanismos de acción. Pueden actuar en el control de hongos dañinos de manera directa a través de mico parasitismos y de forma indirecta compitiendo por recursos y produciendo antibióticos (Viera-Arroyo et al., 2020).

Se ha demostrado que el *Trichoderma* spp actúa contra un amplio rango de hongos fitopatógenos transmitidos por suelo y aire. Ha sido usado contra pudriciones en un amplio rango de especies, causadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*; y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* y *Sclerotium*. (Chiriboga et al., 2015, p.4)

En Nicaragua se han identificado 7 especies diferentes del hongo, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma asperelloide*, *Trichoderma songyi*, *Trichoderma virens* y *Trichoderma breve*. De estas especies *T. asperellum* y *T. harzianum*, son de vital importancia por ser previamente identificadas como efectivos agentes de control biológico de enfermedades y promotores de crecimiento de plantas (Sánchez et al., 2021, p. 26)

### **3.10.2 *Bacillus subtilis***

*Bacillus* spp fue descubierto por Cohn en 1872, caracterizándolo como bacteria generadora de endosporas tolerantes al calor. Los tipos de *Bacillus* son ampliamente distribuidos en todo el mundo debido a su capacidad para formar endosporas, lo que los hace resistentes y les permite vivir en diferentes entornos (Villarreal-Delgado et al., 2018).

Por otro lado, el género *Bacillus* utiliza varios mecanismos para controlar fitopatógenos, como la producción de antibióticos (lipopéptidos) que destruyen bacterias y hongos, la producción de sideróforos que limitan el hierro para los patógenos, y enzimas líticas que degradan las paredes celulares de los hongos. Además, induce resistencia sistémica en las plantas, activando sus defensas. Estos mecanismos hacen de *Bacillus* un agente eficaz en el control de enfermedades agrícolas (Villarreal-Delgado et al., 2018).

Según Fernández-Larrea (2001) *B. subtilis* se destaca por ser antagonista y protector de los cultivos ejerciendo un control sobre patógenos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium solani*, y *Alternaria porri*.

### 3.10.3 Micorrizas

Son microorganismos que se encuentran en diversos ecosistemas y suelos, que realizan una asociación simbiótica con la raíz de las plantas. La asociación simbiótica se conoce como micorriza arbuscular. Este hongo coloniza a las raíces de manera extra e intracelular, desarrollando una inoculación externa que rodea la raíz, esta forma una conexión continua entre el suelo y la planta. (Seguel, 2014, p. 8)

Las principales micorrizas que existen según Esquivel y Altamirano (2009) “Son siete tipos de micorrizas que se han clasificado, siguiendo criterio estructurales, funcionales y taxonómicos, en: Ectomicorrizas, Endomicorrizas o Micorrizas Arbusculares (MA), por Ectendomicorrizas, Arbustoides, Monotropoides, Ericoides y Orquidioides” (p.15).

De acuerdo con Rodríguez (2001) “En Nicaragua desde el año 2000 se han realizado investigaciones con micorrizas en café, el análisis de resultado ha llegado desde etapa de vivero, trasplante a campo y primeras producciones en café obteniéndose mayor resistencia a enfermedades” (Citado por Lumbi y Zeledón, 2015, p.4).

### 3.10.4 *Pseudomonas fluorescens*

Según Cano (2011) estas bacterias pueden desempeñar un impacto positivo en la agricultura, de manera directa mediante la generación de fitohormona y vitaminas, estímulo del desarrollo de semilla y la germinación de plántulas, la supresión de la producción de etileno. De forma secundaria a través de la competencia por recursos, tolerancia contra patógenos.

*Pseudomonas fluorescens* realiza biocontrol mediante varios mecanismos: se adhiere al suelo y se prolifera en la rizósfera, compitiendo con los patógenos por los recursos nutricionales y espacio. Genera compuestos antimicrobianos que suprimen el crecimiento de los fitopatógenos, como fenazinas, cianuro de hidrógeno, 2,4-diacetilfloroglucinol, y compuestos como pioluteorina y pirrolnitrina, atacan las membranas celulares de los patógenos. Además, genera sideróforos que captan hierro en el suelo, reduciendo la accesibilidad para los patógenos (Motta et al., 2022).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Ubicación del estudio**

La investigación se llevó a cabo en la finca Chelol, ubicada en el municipio de Jinotepe, departamento de Carazo, en las coordenadas 11°49'52.9" de latitud norte y 86°12'11.2" de longitud oeste, a una altitud de 520 msnm. Según Pineda et al. (2023), el clima del municipio se clasifica como semihúmedo, con temperaturas que oscilan entre los 26 °C y 27 °C, y una precipitación anual promedio de 1,400 mm. Este estudio se realizó entre los meses de junio y octubre de 2024, en vivero de café, utilizando la variedad Catimor línea 5175.

### **4.2 Diseño metodológico**

Se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), que consistió en la distribución de seis tratamientos, con una unidad experimental de 50 plantas por cada tratamiento. El área experimental estaba constituida por 300 plantas, las cuales ya estaban establecidas en bolsas de polietileno, con dimensiones de 15 centímetros de largo por 20 de ancho con una capacidad de 4942.33 centímetros cúbicos. Las plantas que se utilizaron tenían nueve meses de estar en vivero, para la selección de las plantas se eligió un lote, tomando en cuenta que estuvieran afectadas por la enfermedad mancha de hierro. Posteriormente se procedió al establecimiento del experimento. Para el muestreo se seleccionaron 10 plantas de forma aleatoria por cada tratamiento efectuándose cada 30 días, para un total de cinco muestreos.

### **4.3 Muestreos de nematodos fitoparásitos**

Se realizaron dos muestreos, el primero para determinar las poblaciones iniciales de nematodos en el área experimental, y el segundo, posterior a la aplicación de los tratamientos, para evaluar los cambios en dichas poblaciones. Se tomaron muestras de plantas del vivero, que fueron trasladadas a la Universidad Nacional Agraria para su análisis en el laboratorio de nematología. Para la recolección de muestras, se seleccionaron 10 plantas por cada tratamiento, de las cuales se extrajeron 20 gramos de raíces y 200 gramos de suelo. La recolección se realizó utilizando una espátula y tijeras. Las muestras fueron transportadas en bolsas plásticas con capacidad de un kilogramo, rotuladas con la fecha y el tratamiento correspondiente, y se depositaron en un termo para su conservación.

Se procedió a la identificación de los patógenos del suelo utilizando el método de flotación y centrifugación. Según Crozzoli (2014), este método se emplea para extraer tanto nematodos activos como inactivos provenientes de suelos u otros sustratos. Inicialmente, se realizó una preextracción mediante el método de Cobb modificado para obtener una mayor eficiencia. La suspensión obtenida se vertió en un tubo de centrifuga de 100 ml, se agitó y se centrifugó a 1800 g durante cuatro minutos, lo que permitió separar el agua, el suelo y los nematodos.

Luego, se añadió una solución de azúcar (465-485 g/L de agua), se agitó y se centrifugó nuevamente a 1,800 g durante tres minutos. Los nematodos, con una gravedad específica de aproximadamente 1,084, flotaron en la solución azucarada, mientras que las partículas más pesadas se depositaron en el fondo. La suspensión con los nematodos se pasó a través de un tamiz N.º 325, que los retuvo. Con una piseta se lavó el tamíz y se recolectaron los nematodos en un envase, para ser observados directamente al microscopio.

#### **4.4 Descripción de los tratamientos**

***Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*:** Se utilizó un bioproducto formulado, adquirido en una casa comercial.

***Trichoderma spp.*:** La cepa seleccionada para llevar a cabo este ensayo fue adquirida del banco de cepas ubicado en el laboratorio de bioplaguicidas de la Universidad Nacional Agraria.

***Bacillus subtilis* y hongos micorrícicos:** *Bacillus subtilis* y el hongo micorrícico arbuscular del género *Glomus intraradices* se obtuvieron del laboratorio de bioproductos INTA – CNIA (Centro Nacional de Investigación Agropecuario Augusto Cesar Sandino).

#### **4.5 Preparación de los tratamientos**

***Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*:** La formulación de la suspensión implicó la mezcla de 200 mililitros de cada producto en 10 litros de agua, la preparación comenzó vertiendo la cantidad específica del producto en la cantidad de agua, seguida de una agitación con una espátula para lograr una homogenización completa.

***Trichoderma* spp:** Se utilizaron 60 gramos del hongo en sustrato de arroz en 10 litros de agua. La preparación de la suspensión se llevó a cabo en un envase de dos litros de agua, donde se incorporó el hongo. Se homogenizó la mezcla manualmente para asegurar la liberación de los conidios del arroz. Una vez lavado, se filtró y se utilizó en un colador de cocina. El arroz excedente fue desechado y solo se empleó la suspensión de conidios mezclada con el resto de agua para su aplicación.

**Hongos micorrícicos:** La incorporación se realizó agregando 60 gramos de suelo micorrizado en 10 litros de agua, hasta que se obtuvo una mezcla homogénea.

**Consorcio:** La preparación implicó la mezcla de todas las dosis, incorporando 200 ml de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*+*Bacillus subtilis*, 60 gramos de *Trichoderma* spp y micorrizas, disueltos en 10 litros de agua. Se utilizó un balde y un colador de cocina para filtrar el sustrato de arroz. La mezcla se agitó hasta lograr una homogenización.

Cuadro 1. Descripción y dosis de aplicación de los tratamientos

|    | Tratamientos                                                 | Dosis utilizada               |
|----|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| T1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> +<br><i>Bacillus subtilis</i> | 200 ml/ 10 L de agua          |
| T2 | <i>Trichoderma</i> spp                                       | 60 g /10 L de agua            |
| T3 | Testigo absoluto                                             | 10 L de agua                  |
| T4 | <i>Bacillus subtilis</i>                                     | 200 ml/ 10 L de agua          |
| T5 | Hongos micorrícicos                                          | 60 g/10 L de agua             |
| T6 | Consorcio                                                    | Una mezcla de todas las dosis |

#### 4.6 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron cada dos meses. Para la aplicación de los tratamientos a base de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp, y *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* y el Consorcio, se utilizó una bomba manual de 20 litros equipada con una boquilla cónica, asegurando así una distribución uniforme del producto sobre el follaje de las plantas y suelo.

La aplicación de micorrizas fue manual, utilizando una copa dosificadora para suministrar 200 ml de la mezcla en la base de la planta.

#### 4.7 Variables evaluadas

**Número de hojas:** Se realizó un conteo del número total de hojas, seleccionando 10 plantas al azar y luego se obtuvo un promedio por fecha de muestreo.

**Incidencia de mancha de hierro:** Se determinó contando el total de hojas de las plantas evaluadas, tomando como incidencia aquellas hojas que tenían las manchas características de la mancha de hierro. Para calcular el porcentaje, se utilizó la fórmula propuesta por (James, 1974), (Citado por Galeano, 2006).

$$\text{Incidencia de la mancha de hierro (\%)} = \frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Número total de hojas}} \times 100$$

**Severidad de mancha de hierro:** Para evaluar la severidad de la mancha de hierro se utilizó una escala de calificación de 0-4 (0= 0 % de severidad y 4=>50 % de severidad) (Cuadro 2), recomendada por Guzmán et al. (2003).

Cuadro 2. Escala de severidad para mancha de hierro

| Grados o calificación | Descripción                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                     | Sano o sin síntomas visibles 0 %                                                            |
| 1                     | Síntomas visibles llegando de a 5% de áreas total sana                                      |
| 2                     | La macha empieza a unirse, llegando a ocupar de 6 al 20 % del área sana                     |
| 3                     | Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria afectado del 21 a 50 % del área sana |
| 4                     | Mayor a 50 % del área foliar se encuentra afectada                                          |

Para calcular el porcentaje de severidad de la mancha de hierro, se utilizó la fórmula propuesta por Townsend y Heuberger (1943).

$$\text{Severidad de la mancha de hierro (\%)} = \frac{(N0*0) + (N1*1) + (N2*2) + (N3*3) + (N4*4) \times 100}{N*4}$$

Donde:

N: Número total de plantas por muestreo

N0: Número de hojas con valor 0 de la escala

N1: Número de hojas con valor 1 de la escala

N2: Número de hojas con valor 2 de la escala

N3: Número de hojas con valor 3 de la escala

N4: Número de hojas con valor 4 de la escala

**Población de nematodos en raíz y suelo:** La población de nematodos fue evaluada mediante el conteo de especímenes adultos utilizando una cámara de lectura instalada en un microscopio de luz de la marca Nikon, con un objetivo de 100x de aumento.

#### 4.8 Análisis de datos

Se elaboró una base de datos utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel. En el caso de la variable número de hojas, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Para analizar las variables incidencia y severidad de mancha de hierro y población de nematodos en raíz y suelo se empleó un análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis y se usó la comparación de a pares. Toda la información fue procesada con el programa estadístico Infostat® versión 2020.

#### 4.9 Manejo de factores no sujetos a evaluación

El manejo agronómico estuvo a cargo del personal de la finca e incluyó el control manual de arvenses cada 30 días, con el objetivo de mantener su crecimiento bajo control. El riego se realizó diariamente por la mañana, utilizando una regadera de 15 litros, para asegurar una humedad adecuada en el suelo y las plantas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Número de hojas

El análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95 % no mostró diferencias significativas ( $p= 0.132$ ) entre tratamientos en la variable número de hojas. (Anexo 4). Se determinó que el tratamiento *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* obtuvo el mayor promedio con 22.56 hojas en relación con el Testigo absoluto que presentó un promedio de 17.84 hojas, lo que representa una diferencia de 4.72 hojas, siendo el testigo el que obtuvo menor promedio de hojas (Figura 1).

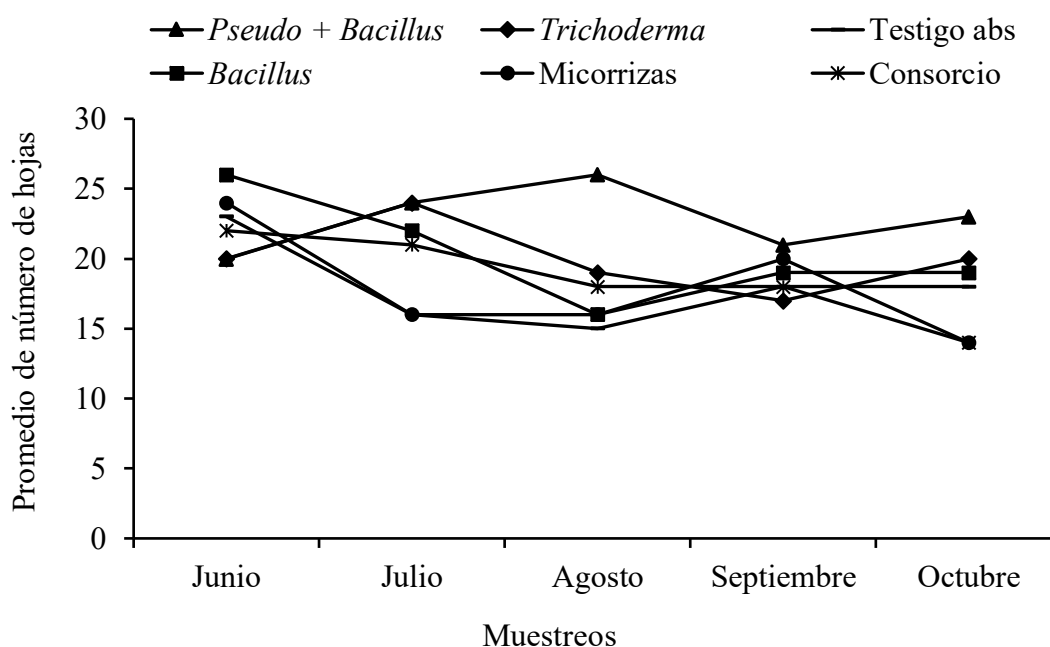


Figura 1. Promedio de número de hojas en el cultivo de café, finca Chelol- Jinotepe, 2024

La aplicación de *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* mostró un aumento en el número de hojas, estos resultados son similares con los obtenidos en el estudio de Ruiz (2023) quien obtuvo un incremento de hojas por planta al usar *P. fluorescens* en plántulas de café, lo que demuestra *P. fluorescens* es efectiva para promover el crecimiento vegetal, este efecto se puede atribuir a la producción de fitohormonas, y asimismo esta bacteria puede mejorar la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera, lo que, en conjunto, favorece un mayor desarrollo del área foliar.

En el estudio de Rojas-Solís et al. (2016) evaluaron la capacidad de colonización de la rizosfera de plantas de maíz por cinco cepas de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), tanto de manera individual como en consorcio (*Bacillus-Pseudomonas*), los resultados mostraron que cepas de *Bacillus* spp y *Pseudomonas* spp tienen una excelente capacidad de colonización, sin antagonismo entre ellas, funcionando eficazmente tanto por separado como en combinación. Este hallazgo concuerda con este estudio, en el que se observó que la interacción entre ambas bacterias contribuye positivamente al crecimiento y desarrollo de las hojas de las plantas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, con el uso de *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* respecto al aumento del número de hojas, concuerdan con los de Chavarría y Pravia (2021) quienes descubrieron un aumento significativo en el número de hojas en plántulas de café en semillero y vivero, con la utilización de bioplaguicidas formulados con *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y hongos micorrizicos los cuales actúan como organismos benéficos y estimuladores del desarrollo vegetal.

De igual manera Navarrete y Diaz (2020) evaluaron el comportamiento de diversos microorganismos antagonistas para el manejo biológico de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome). Los resultados destacaron que el tratamiento con *Bacillus subtilis* mostró la mayor media de hojas totales por bandola. Este resultado coincide con este estudio, donde se evidencia la efectividad de *B. subtilis* como una alternativa prometedora para aumentar el número de hojas en las plantas.

## **5.2 Incidencia de mancha de hierro**

De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró diferencias estadísticas en la incidencia de la mancha de hierro entre tratamientos ( $p=0.0003$ ) (Anexo 5), lo que confirma la efectividad de los bioplaguicidas evaluados. El tratamiento *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* presentó el menor porcentaje de incidencia de la enfermedad con 10.61 %, seguido del tratamiento *Bacillus subtilis* con una incidencia de 15.08 %, en cambio el tratamiento en Consorcio mostró el mayor porcentaje de incidencia con 23.25 % (Figura 2).

El tratamiento *P. fluorescens* + *B. subtilis* en formulación combinada de ambas bacterias demostraron ser efectivas en reducción de la incidencia de la mancha de hierro, las cuales pueden ser consideradas como un bioplaguicida de uso en un plan de manejo de dicha enfermedad.

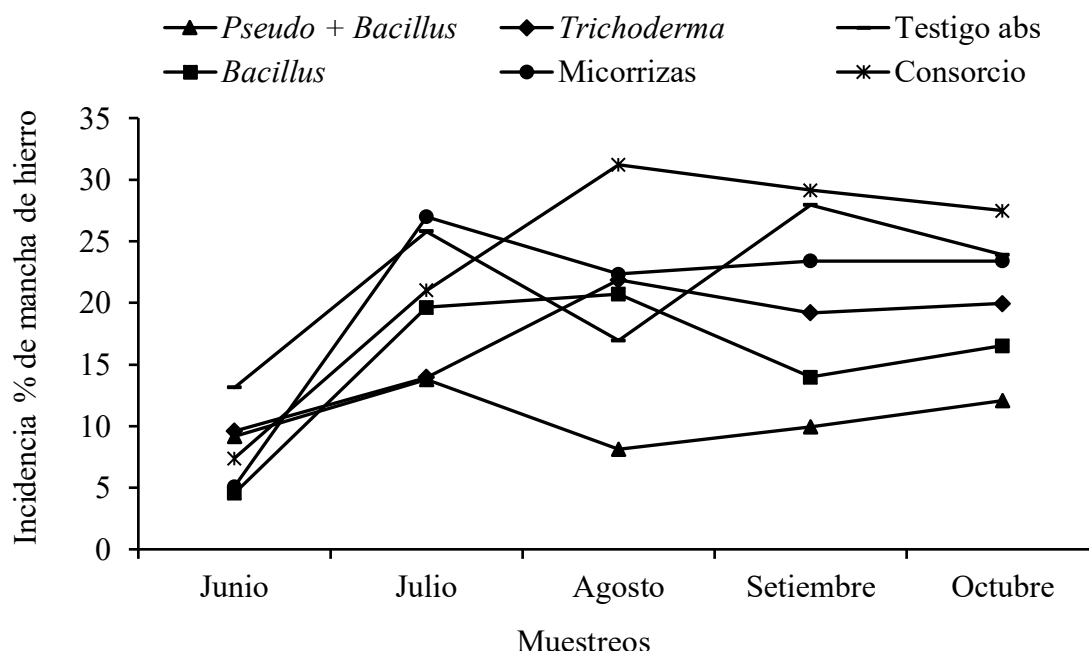


Figura 2. Porcentaje de incidencia de mancha de hierro, finca Chelol- Jinotepe, 2024

Las bacterias de los géneros *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp han sido ampliamente estudiadas en diferentes cultivos, y han demostrado su efectividad en la reducción de la incidencia de enfermedades foliares en cultivos agrícolas, debido a la generación de sustancias antimicrobianas que limitan el desarrollo de fitopatógenos (Fernández-Larrea, 2001).

Ruiz (2023) refuerza este punto al señalar que “*Pseudomonas fluorescens* posee un mecanismo de acción antagónico para enfermedades de vivero de café robusta” (p. 55). En su estudio, los tratamientos con *P. fluorescens* mostraron diferencias significativas en el manejo del mal de talluelo (*Rhizoctonia solani*) alcanzando un control del 71 %. De manera similar, los resultados de la investigación actual coinciden en que el tratamiento combinado de *P. fluorescens* y *B. subtilis* presentó la menor incidencia de la enfermedad.

Cely (2010) también documenta la actividad biocontroladora de *P. fluorescens* contra *Olpidium virulentus*, un hongo vector del virus de la raya necrótica. En su estudio, esta bacteria logró reducir en un 90 % la presencia de la enfermedad en plantas de tomate y lechuga. Motta et al. (2022) evidencian que las bacterias del género *Pseudomonas* son eficaces en el control de hongos como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* spp y *Rhizoctonia* spp, que provocan disminución en el rendimiento de cultivos hortícolas. Los autores señalan que *P. fluorescens* inhibe el crecimiento de los patógenos a través de la producción de sideróforos y metabolitos secundarios, lo que le permite competir y suprimir a los hongos.

En cuanto al control biológico con *Bacillus subtilis*, Sirinunta y Akarapisan (2015) señalan que las investigaciones sobre *C. coffeicola* aún son limitadas. Sin embargo, en su estudio aislaron dos cepas del género *Bacillus*, las cuales exhibieron propiedades antagónicas frente al hongo responsable de la mancha de hierro. Estos microorganismos demostraron ser eficaces en la inhibición del patógeno (Citado por Vidal-Martínez et al., 2021).

De igual manera los resultados de Hernández-Suárez et al. (2010), refuerzan el presente estudio al demostrar que *B. subtilis* reduce la incidencia de enfermedades de algunos patógenos en diversos cultivos, tales como enfermedades provocadas por *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp en tomate, en su estudio encontraron una reducción de la incidencia de estos patógenos en un 75 %, en contraste con el testigo, que presentó una incidencia del 100 %.

### **5.3 Severidad de mancha de hierro**

De acuerdo con el análisis estadístico, se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $p= 0.0009$ ) (Anexo 6). El menor porcentaje de severidad lo presentó el tratamiento *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* con 6.4 %, seguido del tratamiento *Bacillus subtilis* con 11 % respectivamente (Figura 3). En cambio, el testigo absoluto presentó el mayor porcentaje de severidad con 16.9 %. Estos hallazgos destacan el considerable potencial que poseen *P. fluorescens* y *B. subtilis* como agentes de control biológico frente a diversos microorganismos fitopatógenos.

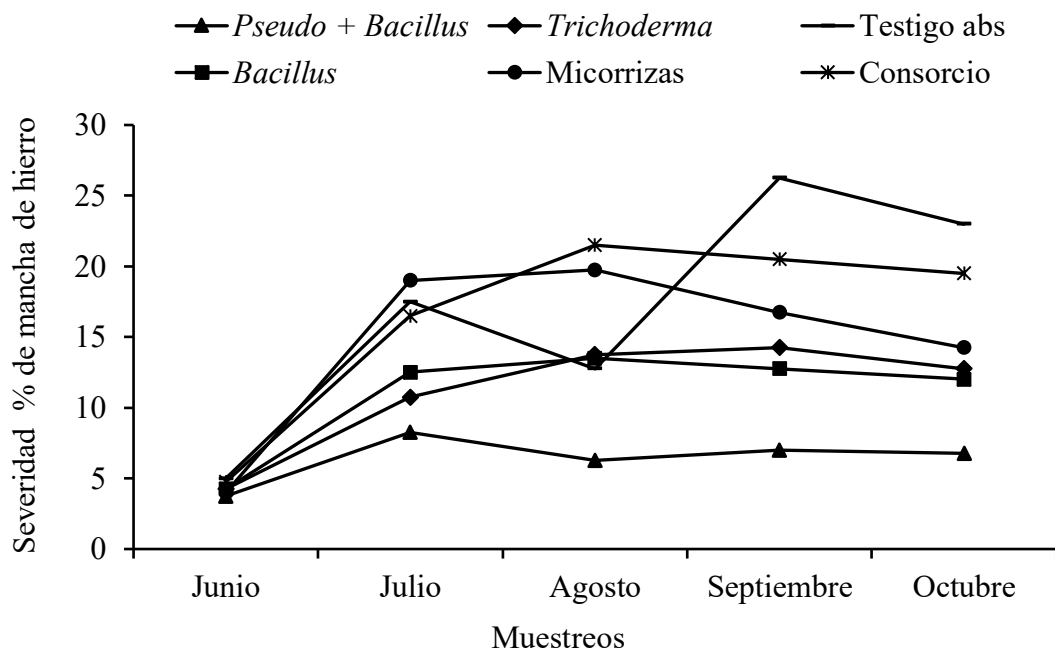


Figura 3. Porcentaje de severidad de la mancha de hierro, finca Chelol- Jinotepe, 2024

En el presente estudio al usar *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* se encontró porcentajes bajos de severidad en cuanto a la enfermedad mancha de hierro en vivero de café. Diversas investigaciones han evidenciado que, aplicadas individualmente, *P. fluorescens* y *B. subtilis* también han logrado reducir significativamente la severidad de enfermedades. Entre los estudios que respaldan estos hallazgos se pueden mencionar los siguientes:

Camacho (2020) evaluó el efecto de *P. fluorescens* en el control de *Rhizoctonia solani*, un patógeno que afecta al tomate. El estudio incluyó cinco tratamientos aplicados en tres diferentes dosis de *P. fluorescens*. Los resultados mostraron una disminución significativa en la severidad de la enfermedad en los frutos con un rango del 30 a 36 %.

El estudio realizado por Rivera et al. (2010), donde demostró que *P. fluorescens* es eficaz en el control de la gota de la papa (*Phytophthora infestans*), en su estudio, utilizaron dos cepas nativas (039T y 021V), logrando reducir el nivel de severidad de la enfermedad en un 38 %, lo que evidencian el potencial de *P. fluorescens* como alternativa sostenible para controlar enfermedades fitopatógenas.

Oyoque et al. (2010), aplicaron de compuestos de *Pseudomonas* spp (PB11) para controlar la mancha bacteriana en el tomate (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) encontrando como resultado la disminución de la severidad de la enfermedad en un 60 %, lo que ayuda a reducir el daño e inducir los mecanismos de defensa de la planta frente a la enfermedad.

Estudio realizado por Moreira-Morrillo et al. (2023) demostraron *Pseudomonas fluorescens* se ha utilizado para controlar la enfermedad de la roya en el cultivo de café en diversas condiciones de laboratorio y campo, logrando una reducción en la severidad del 15 %.

Por otro lado, *Bacillus subtilis* ha desempeñado un rol importante en el manejo biológico de enfermedades, Navarrete y Diaz (2020) analizaron el comportamiento de diversos microorganismos en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome). Los resultados del estudio destacaron que el tratamiento *B. subtilis* fue el más efectivo, logrando reducir la severidad de la enfermedad a 13.47 %. Estos resultados coinciden con los del presente estudio, que demuestra que *B. subtilis* es una alternativa viable para reducir la afectación de enfermedades en cultivos.

Ocón (2024) evaluó la eficacia de biofungicidas y fungicidas sintéticos durante la etapa reproductiva del cultivo de arroz, sobre el manchado de grano. Entre los tratamientos analizados, el biofungicida basado en *Bacillus* demostró ser el más efectivo, alcanzando una reducción en la severidad de la enfermedad, en un 2.21 %.

Páez-Martínez et al. (2024) aplicaron de *B. subtilis* como agente de control biológico contra *Moniliophthora roreri* en cultivos de cacao, este bioplaguicida se utilizó como una opción viable para combatir esta enfermedad, que es una de las principales que afectan y limitan la producción de cacao. El cual demostró ser efectivo, reduciendo la severidad del hongo en su manifestación externa entre un 3.6 % y un 6.2 %, y en su manifestación interna entre un 22 % y un 30 %, estos resultados se refuerzan con el estudio actual, evidenciando la eficacia de *B. subtilis* en la supresión de enfermedades como es el caso de la mancha de hierro en café.

## 5.4 Población de nematodos en raíz y suelo

### Población de nematodos en raíz

De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Anexos 9-15). El tratamiento en Consorcio mostró la menor población de nematodos en raíz. Aunque la población final fue similar a la del testigo absoluto, el Consorcio comenzó con una infestación inicial mayor, lo que evidencia su mayor efecto supresivo. En total, se identificaron siete géneros de nematodos fitoparásitos en raíz: *Helicotylenchus* spp, *Meloidogyne* spp, *Scutellonema* spp, *Tylenchulus* spp, *Pratylenchus* spp, *Rotylenchulus* spp y *Paratylenchus* spp (Figura 4).

Entre los géneros identificados, los que generan mayor daño al cultivo de café son *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp y *Helicotylenchus* spp. De estos, *Meloidogyne* spp presentó la población más alta (1920 individuos/20 g de raíz).

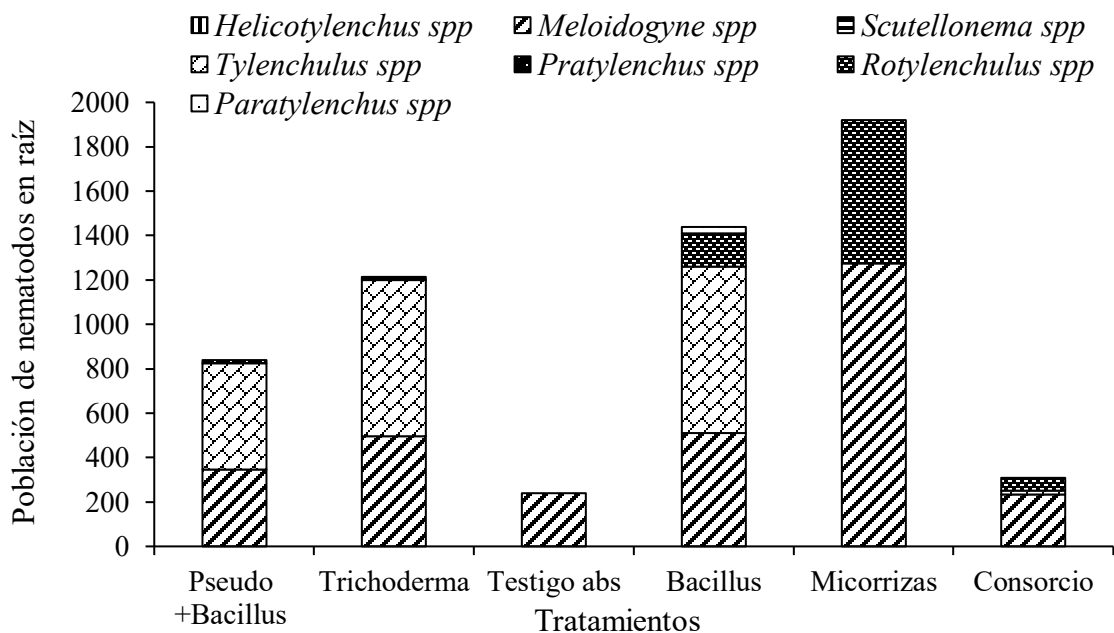


Figura 4. Población de nematodos en raíces, finca Chelol-Jinotepe, 2024

Este resultado es consistente con el estudio realizado por Pérez et al. (2017) sobre la población de nematodos en cultivos de café a diferentes altitudes. En dicho estudio, se observó la predominancia del género *Meloidogyne* spp en raíz., alcanzando el 81.50 %

(22,636 individuos/25 g de raíz) en zonas bajas y el 72.16 % (18,132 individuos/25 g de raíz) en zonas altas. En relación con los hallazgos previos, el presente estudio mostró una prevalencia de *Meloidogyne* spp en las raíces de todos los tratamientos evaluados.

Asimismo, los resultados coinciden con el estudio de Guevara et al. (2015) sobre nematodos asociados al cultivo de café, donde se encontró que *Meloidogyne* spp obtuvo el mayor promedio poblacional alcanzando (20.8/5 g de raíz).

El uso de consorcios de microorganismos para la regulación biológica de nematodos, aunque poco documentado, ha adquirido mayor relevancia en años recientes. Se ha evidenciado la efectividad individual de *Trichoderma* spp, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* y hongos micorrícicos, lo que los convierte en candidatos ideales para ser incluidos conjuntamente en planes de manejo agrícola.

El tratamiento en Consorcio mostró la menor población de nematodos en raíz, esto podría atribuirse a que los microorganismos evaluados se establecen principalmente en la rizosfera de las plantas, lo que favorece su desempeño. Según Méndez (2023), las interacciones entre microorganismos y plantas son especialmente intensas y diversas en esta zona, las rizobacterias tienen la capacidad de producir metabolitos secundarios que son excretados cerca de la superficie radicular. Muchos de estos compuestos poseen actividad antimicrobiana, lo que les permite competir eficazmente con otros microorganismos presentes en la rizosfera, incluidos los fitopatógenos.

De manera similar lo reportado por Luna (2019) en su estudio sobre el control de nematodos en tomate guaje, donde un consorcio de microorganismos eficientes (MEC) *Trichoderma* spp artesanal, *Trichoderma harzianum* y comercial, logró reducir la infestación de nematodos en un 91.13 %, en el presente estudio también se observó una disminución significativa de la población de nematodos en raíces mediante el uso de un consorcio de microorganismos. En ambos casos, el consorcio mostró una alta efectividad en el control de nematodos, lo que destaca el potencial de la aplicación conjunta de microorganismos para el manejo de estos fitoparásitos.

## Población de nematodos en suelo

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 16-23), sin embargo, el tratamiento *Bacillus subtilis* fue el que redujo considerablemente la población de nematodos en suelo. Si bien el testigo absoluto presentó una población final inferior, inició con una infestación menor que el tratamiento *Bacillus subtilis*. Además, las plantas del testigo tenían pocas raíces al final del muestreo lo que puede atribuirse al daño por nematodos, lo cual pudo incidir en la disminución de su población en el suelo. En total se encontraron ocho géneros de nematodos: *Helicotylenchus* spp, *Meloidogyne* spp, *Scutellonema* spp, *Criconemoides* spp, *Tylenchulus* spp, *Pratylenchus* spp, *Rotylenchulus* spp y *Paratylenchus* spp (Figura 5).

Los principales géneros de nematodos que ocasionan mayor daño en el cultivo de café en suelo son *Meloidogyne* spp, *Helicotylenchus* spp y *Pratylenchus* spp. Entre ellos, *Meloidogyne* spp y *Helicotylenchus* spp destacaron por registrar la población más elevada, (450 individuos /200 g de suelo).

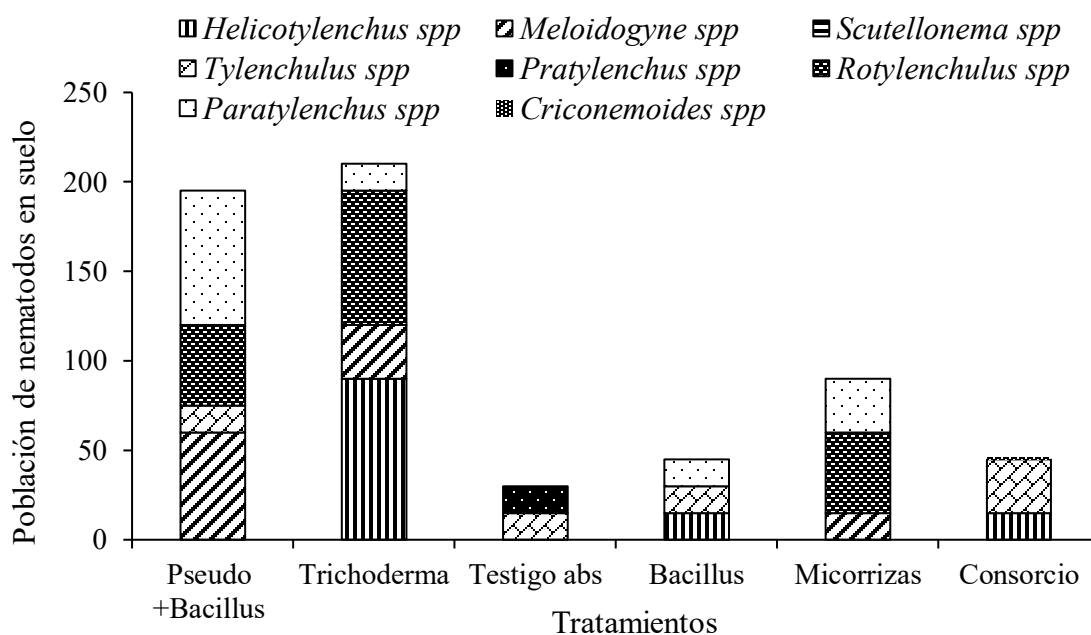


Figura 5. Población de nematodos en suelo, finca Chelol-Jinotepe, 2024

La bacteria *Bacillus subtilis* ha demostrado ser una alternativa viable para reducir las poblaciones de nematodos, ya que produce compuestos antimicrobianos y estimula mecanismos de defensa en las plantas (Cano, 2011).

Chavarría y Pravia (2021) analizaron el efecto de bioplaguicidas de crecimiento y reguladores de patógenos del suelo en plántulas de café, obteniendo el mejor desempeño en el control de nematodos tanto en las raíces como en el suelo, con el tratamiento *B. subtilis*, estos resultados concuerdan con la investigación actual, donde se observó una reducción en la presencia de nematodos con el uso de *B. subtilis*, debido que este microorganismo actúa como una protección física, dificultando el establecimiento de patógenos en la superficie de los tejidos.

Soto et al. (2012) analizaron la eficacia de una cepa nativa de *B. subtilis* como agente biológico para suprimir el nematodo de los nudos *Meloidogyne* spp en el cultivo de *Capsicum annuum* (chiltoma). Los resultados demostraron que la aplicación de esta cepa redujo notablemente el agallamiento y la reproducción de nematodos. Lo que establece una opción viable para el control biológico de estos fitoparásitos.

Gómez (2019) evaluó índices de incidencia y severidad de los géneros de nematodos fitoparásitos más importantes que perjudican al cultivo de café. En el análisis reveló la presencia de 10 géneros de nematodos en suelo, siendo los más destacados *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp y *Helicotylenchus* spp. Entre ellos, *Helicotylenchus* spp presentó la población más elevada, representando el 68% del total (360 individuos/100 g de suelo). Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con estos hallazgos, donde *Helicotylenchus* spp y *Meloidogyne* spp fueron los géneros de mayor presencia en suelo.

Cadena et al. (2021), en su estudio sobre los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del café, identificaron la existencia de los géneros *Meloidogyne* spp (69 %), *Pratylenchus* spp (18.5 %) y *Helicotylenchus* spp (7.8 %), siendo *Meloidogyne* spp el más perjudicial para el cultivo. Este hallazgo coincide con los resultados de la investigación actual, en la que también se identificaron como predominantes los nematodos *Meloidogyne* spp y *Helicotylenchus* spp, destacándose *Meloidogyne* spp como el género más prevalente, afectando tanto las raíces como el suelo del cultivo de café.

## VI. CONCLUSIONES

El bioplaguicida *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis* presentó el menor porcentaje de incidencia y de severidad de la enfermedad mancha de hierro, además el mayor promedio de hojas por plantas.

El tratamiento en consorcio fue el que logró reducir de manera considerable las poblaciones de nematodos en raíz. En cambio, el bioplaguicida *Bacillus subtilis* fue el que mostró una mayor efectividad en la disminución de nematodos en el suelo.

## VII. RECOMENDACIONES

En la etapa de vivero del café se recomienda:

El uso de bioplaguicidas a base de *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis* para el manejo de enfermedades y la promoción del crecimiento de vegetal.

La aplicación de bioplaguicidas formulados con *Bacillus subtilis* o en consorcio de microorganismos para el manejo de nematodos y la mejora de la salud de las raíces del café.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Amerio, N. S., Castrillo, M. L., Bich, G. A., Zapata, P. D. y Villalba, L. L. (2020). *Trichoderma* en la Argentina: Estado del arte. *Ecología austral*, 30(1), 113-124. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.945>
- Arcila Pulgarín, J. (2008). Crecimiento y desarrollo de la planta del café. En J. Arcila Pulgarín, F. Farfán, A. Moreno, L. F. Salazar, y E. Hincapié, *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 21-60). Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Cadena, F. A., Quelali, L. M, y Mamani, A. M. (2021). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del café (*Coffea arabica*) en la Estación Experimental de Sapecho. *Apthapi*, 7 (2), 2145-2151. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/apt/v7n2/v7n2\\_a03.pdf](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/apt/v7n2/v7n2_a03.pdf)
- Camacho Vera, J. S. (2020). *Efecto de Pseudomonas fluorescens en el control de Rhizoctonia solani del tomate (Solanum lycopersicum)* [Tesis de ingeniería, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CAMACHO%20VERA%20JESSICA.pdf>
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: *Micorrizas, Trichoderma spp. y pseudomona spp.* *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-3. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf>
- Cely Hoyos, M. A. (2010). *Caracterización de pseudomonas fluorescens ps013 y estudio de la estabilidad en medios acuosos isotónicos* [Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8470>
- Chavarría Reyes, H. E. y Pravia Orozco, J. V. (2021). *Bioplaguicidas estimulantes de crecimiento y controladores de patógenos de suelo en plántulas de café (Coffea arabica L.) en la finca Las Pilas, San Lucas-Somoto* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4534/1/tnh10ch512.pdf>
- Chiriboga, H., Gómez, G. y Garcés, K. (2015). *Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2647>
- Crozzoli, R. (2014). La nematología agrícola en Venezuela. *Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.*
- Duarte Canales, H. A. (2015). *Evaluación de indicadores agroecológicos en el cultivo de café (Coffea arabica L.) var. CATRENIC, bajo riego complementario por goteo a*

- pleno sol y micro aspersión bajo sombra, San Marcos, Carazo, Nicaragua, 2013-2014* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3197/1/tnf06d812.pdf>
- Escobar Medrano, M. M. (2008). *Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (Ciclo 2006-2007)* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2082/1/tnh10e74.pdf>
- Esquivel, G. A. y Altamirano Moreno, M. A. (2009). *Estudio exploratorio de la infección de micorrizas Arbusculares en la raíz del tomate (uc – 82b)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/1498/1/217727.pdf>
- Fernández-Larrea V. O. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) (62), 96-100. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6578>
- Fórum cultural del café. (2017). *Origen del café en Nicaragua*. <https://forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/nicaragua.pdf>
- Galeano Roa, J. J. (2006). *Evaluación de alternativas de manejo para la mancha de hierro (Cercospora coffeicola Berk y cook) en el cultivo del café (Coffea arabica L.) en fincas de los departamentos de Granada, Masaya y Carazo* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1993/1/tnh20g151.pdf>
- García Gutiérrez, J. L. y González González, M. Á. (2021). *Bioproductos estimulantes de crecimiento en vivero y semillero de café (Coffea arabica L.) en la finca Chelol Jinotepe-Carazo* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4393/1/tnf62g216.pdf>
- Gómez Guayllas, E. T. (2019). *Identificación de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (Coffea arabica L.) en la provincia de Loja* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22387/1/Erika%20Tatiana%20G%C3%B3mez%20Guayllas.pdf>
- Guevara Heredia, E., Mestanza Iberico, C., Oliva Cruz, M. y Vera Obando, N. (2015). Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (Coffea arabica L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará-Amazonas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 1(2), 9-15. <https://doi.org/10.25127/indes.20131.46>
- Guzmán, O. A., Gómez, E. O., Rivillas, C. A y Oliveros, C. E (2003). Utilización del procesamiento de imágenes para determinar la severidad de la mancha de hierro en

hojas de café. *Cenicafé*, 54(3), 258-265.  
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054%2803%29258-265.pdf>

Hernández-Suárez, M., Hernández-Castillo, F. D., Lira-Saldivar, R. H., Gallegos-Morales, G. (2010). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. con Micro encapsulados de *Bacillus subtilis* y su Efecto en Crecimiento y Rendimiento de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Agraria -Nueva Época*, 6(7):17-25. <https://www.revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/433/392>

Lumbi Pérez, D. H. y Zeledón Ortiz, N. M. (2015). *Evaluación del uso de micorrizas en el cultivo de café (Coffea arábica) en etapa de producción en la finca El Petén comunidad Los Robles- Jinotega, Nicaragua, I semestre 2015* [Tesis de ingeniería, Universidad Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/3222/1/5627.pdf>

Luna Barreda, J.A. (2019). *Control de nemátodos e incremento del rendimiento en jitomate guaje (Lycopersicon esculentum Mill. var. El Cid F1) con microorganismos eficientes (Trichoderma spp.) en invernadero* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000796390/3/0796390.pdf>

Méndez Martin, D. N. (2023). El microbioma de la rizosfera y la salud de las plantas [Tesis de ingeniería, Universidad de la Laguna]. Repositorio Institucional. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/33264/EI%20microbioma%20de%20la%20rizosfera%20y%20la%20salud%20de%20las%20plantas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio Agropecuario. (2023). *Ciclo Agrícola 2022/2023 estos son los avances de la cosecha cafetalera en Nicaragua*. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=53:cosecha-cafetalera-reporta-un-avance-del-63-en-el-ciclo-2022-2023&catid=11>

Mondragón Mairena, J. J. (2018). *Seguimiento técnico de la empresa RAMAC (Rappaccioli, McGregor S.A.) a los productores de café (Coffea arábica L.) en el departamento de Carazo y Granada a través del Programa Agro Amigo* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3746/1/tnc20m741.pdf>

Monroig Inglés, M. F. (2020). *Manual para la propagación del café en Puerto Rico*. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas. <https://www.uprm.edu/cafe/wp-content/uploads/sites/292/2020/01/Portada-Manual-de-Propagaci%C3%B3n-2018Fmerged.pdf>

Morán Centeno, J. C. y Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth,

- Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Moreira-Morrillo, A. A., Vélez-Zambrano, J. P. Moreira, I. S. y Garcés-Fiallos, F. R. (2023). Enfermedades que afectan el cultivo de café: Elucidando el ciclo de vida de Roya, Mal de Hilachas y Cercosporiosis. *Scientia Agropecuaria*, 14(3), 395-415.  
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.035>
- Moreno Quinto, J. S. (2018). *Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (Coffea arabica) en etapa de vivero* [Tesis de ingeniería, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1378>
- Motta Escobar, S., Salazar Cabezas, L. D. y Sánchez Leal, L. C. (2022). Perspectiva del uso de *Pseudomonas* spp. como biocontrol de fitopatógenos en cultivos de hortalizas en Colombia: una revisión sistemática. *Mutis*, 12(2).  
<https://doi.org/10.21789/22561498.1862>
- Navarrete Castillo, E. N. y Díaz Bustamante, J. R. (2020). *Evaluación de microorganismos antagonistas para el manejo biológico de roya del café (Hemileia vastatrix Berk & Broome) en san Lucas, Madriz* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4211/1/tnh20n321.pdf>
- Ocón Morales, M. E. (2024). *Evaluación de la eficacia de biofungicidas y fungicidas sintéticos sobre el manchado de grano de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional.  
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20o17.pdf>
- Oyoque, G., Mena, H. G., Olalde, V., y Angoa, M. V. (2011). Uso de Extractos de *Pseudomonas* sp (PB11) para el Control de la Mancha Bacteriana en tomate (*Solanum lycopersicum*). *Información tecnológica*, 22(5), 3-10.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000500002>
- Páez-Martínez, P. P., Cabrera, A. B., Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. P. y Vera Loo, M. A. (2024). *Bacillus* endófitos como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao bajo condiciones de campo. *Bioagro*, 36(3), 325-334.  
<http://www.doi.org/10.51372/bioagro363.7>
- Paniagua Pineda, M. F. (2019). *Factores que afectan la comercialización de café, calidad y mercado en pequeños y medianos productores del municipio de Jinotega en el ciclo productivo 2017 – 2018* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.unan.edu.ni/11018/7/19736.pdf>
- Pérez Quispe, F., Cruz Choque, D., Poma Loza, E. y Cadena Miranda, F. (2017). Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), Alto Lima-

- Caranavi. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(1), 53-59. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/81/66>
- Pineda Rizo, O. M., Guzmán Guillen, F., Jarquín Sánchez, E. J. y Dumas, M. A. (2023). Análisis agro socioeconómico de diez fincas en la comunidad El Quinal en Santa Teresa, Carazo, Nicaragua 2020-2021. *La Calera*, 23(41), 139-146. <https://doi.org/10.5377/calera.v23i41.17031>
- Rivera, H. F., Martínez Lemus, E. P., Osorio, J. y Martínez, E. (2010). Respuesta de biosurfactantes producidos por *Pseudomonas fluorescens* para el control de la goma de la papa *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, bajo condiciones controlada. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 21-30. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/191/196>
- Rizo Obregón, R. N. (2022). *Evaluación del uso de los hongos nematófagos Pochonia chlamydosporia y Purpureocillium lilacium como agentes de biocontrol en nematodos Fitopatógenos de cultivos de café en invernaderos, Managua, Nicaragua, junio diciembre 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/16561/1/16561.pdf>
- Rodas Rodríguez, R. C. (2018). *Estudio de la dinámica poblacional de Nematodos Fitoparásitos en la Zona Cafetalera de la Región I de Anacafé*. (Boletín Técnico Agosto 2018). Centro de investigación en café de Anacafé-Cedicafé. <https://www.anacafe.org/uploads/file/a72c70f7ba704fa28f94791788e583d7/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-08.pdf#:~:text=Los%20nematodos%20fitopar%C3%A1sitos%20constituyen%20un%20Pratylenchus%20sp>
- Rojas-Solís, D., Hernández-Pacheco, C. E. y Santoyo, G. (2016). Evaluación de Bacillus y Pseudomonas para colonizar la rizosfera y su efecto en la promoción del crecimiento en tomate (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 22(1), 45-58. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.009>
- Ruiz López, B. R. (2023). *Aplicación de pseudomonas fluorescens en plantulas de café en etapa de vivero* [Tesis de ingeniería, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ%20LOPEZ%20BRYAN%20RICARDO.pdf>
- Salazar Hitcher, R. A. (2022). *Caracterización socioeconómica de 25 sistemas de producción de café (coffea arábica L.) en el municipio de Boaco* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4603/1/tnf01s161.pdf>

- Salazar Hitcher, R. A. y Jiménez-Martínez, E. S. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en Boaco, Nicaragua. *Revista del Caribe Nicaragüense Wani*, (77), 25-38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Salazar-Antón, W., Torrez Narváez, E. y Caballero Hernández, Á. (2014). Control biológico de enfermedades de plantas en Nicaragua. En W. Bettiol, M. C. Rivera, P. Mondino, J. R. Montealegre, y Y. C. Colmenárez (Eds.), *Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe* (pp. 287-295). Universidad de la República.
- Sánchez Miranda, M. D., Moreno Mayorga, L. F. y Páramo Aguilera, L. A. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas *Trichoderma* spp., aisladas de suelos de importancia agrícola. *El Higo*, 11(1), 26-42. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11715%20>
- Seguel Fuentealba, A. (2014). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)*, 32(1), 3-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>
- Soto Deza, N. M., López Medina, S. E. y Murguía Reyes, C. A. (2012). Eficacia de la cepa nativa de *Bacillus subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo *Meloidogyne* spp. en cultivo de *Capsicum annuum* (ají pimiento piquillo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 25-40. <https://doi.org/10.22490/21456453.931>
- Suazo Ubieto, T. D. (2020). *Caracterización morfológica y molecular de café (Coffea arabica L.) variedad Catrenic proveniente de las fincas CENECOOP Fedecaruna y El Rosal de Nicaragua, Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua, 2018-2020* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/14575/1/14575.pdf>
- Talavera Rubia, M. (2003). *Manual de Nematología Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal*. Institut de Recerca i Formació agrària i pesquera Conselleria d' Agricultura i pesca de les illes Balears. <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CONTSP722ZI4569&id=4569>
- Tapia D'Trinidad, R. E. y Fletes Reyes, W. F. (2015). *Impacto de las lluvias y las Temperaturas en las Producción y Rendimiento de Café Tradicional en la Finca Chelol, Jinotepe, Carazo del año 2010 al 2013* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/10688/1/2985.pdf>
- Townsend, G. R. & Heuberger, J. W. (1943). *Methods for estimating losses caused by diseases in fungicidal experiments*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19451100061>
- Vidal-Martínez, N. A, Argumedo-Delira, R., Sánchez-Pale. J. R., Chiquito-Contreras, R. G., González-Mendoza, D. y Sánchez-Viveros, G. (2021). Microorganismos

antagonistas: una alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 117(3), 214-226. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.042>

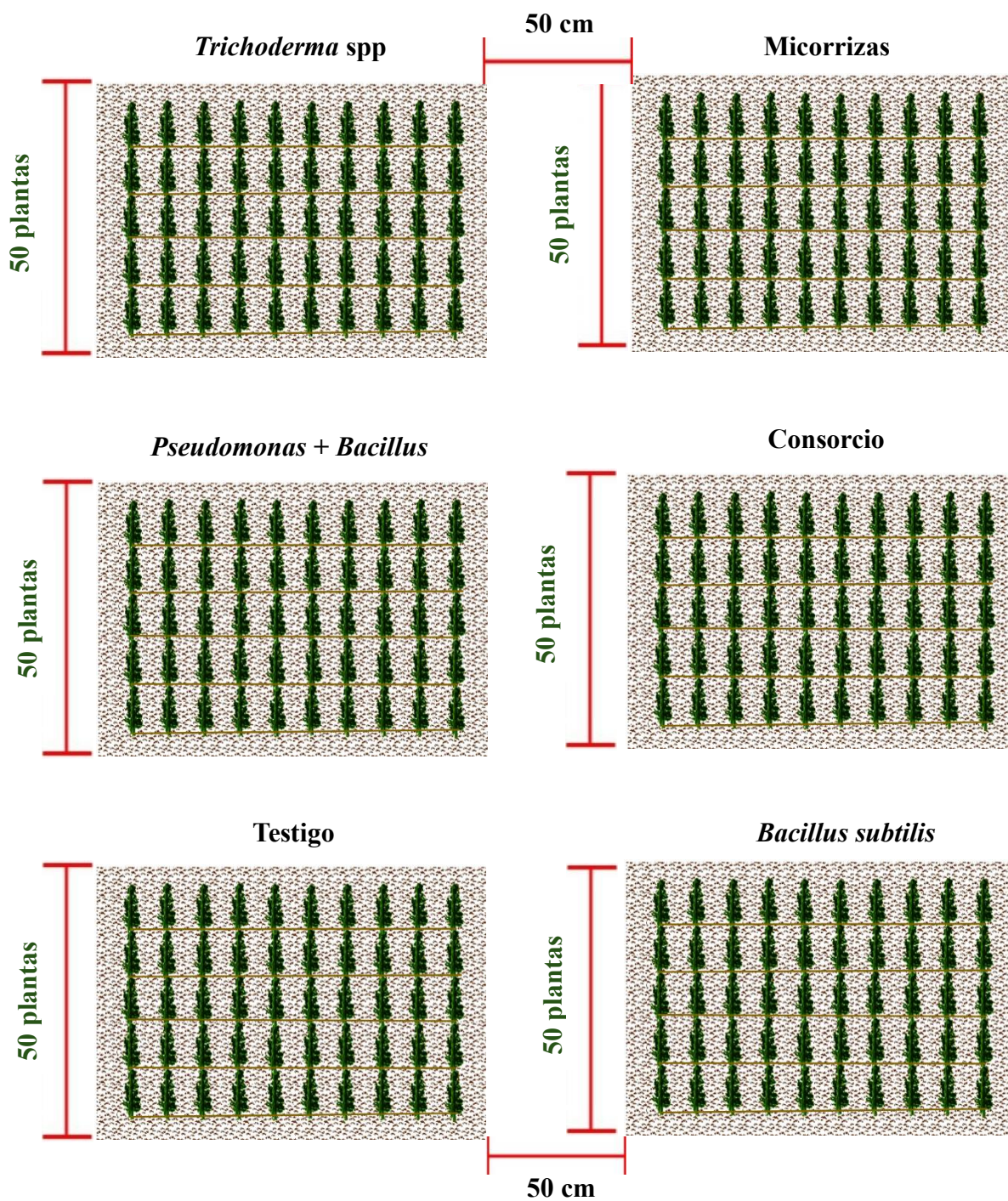
Viera-Arroyo, W. F., Tello-Torres, C. M., Martínez-Salinas, A. A., Navia-Santillán, D. F., Medina-Rivera, L. A., Delgado-Párraga, A. G., Perdomo-Quispe, C. E., Pincay-Verdezoto, A. K., Báez-Cevallos, F. J., Vásquez-Castillo, W. A. y Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200128>

Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I. y Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>

Villarreyana Alvarado, E. A. (2020). *Manejo agronómico del cultivo de café (Coffea arabica L.) en etapa de vivero, variedad Parainema, San Juan del Rio Coco, Madriz, Nicaragua, 2019* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4231>

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo en vivero de café finca Chelol Jinotepe-Carazo



Anexo 2. Hoja de muestreo vivero de café, finca chelol-Jinotepe. Junio-Octubre 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Fecha: \_\_\_\_\_

Finca: \_\_\_\_\_

| Tratamiento | Nº. Planta | Nº. hojas | Nº. hojas enfermas | Grado de infección |   |   |   |   |  |
|-------------|------------|-----------|--------------------|--------------------|---|---|---|---|--|
|             |            |           |                    | 0                  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |
|             | 1          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 2          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 3          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 4          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 5          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 6          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 7          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 8          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 9          |           |                    |                    |   |   |   |   |  |
|             | 10         |           |                    |                    |   |   |   |   |  |

Anexo 3. Recolección de datos



#### Anexo 4. Análisis de varianza de número de hojas

| <b>Fuente de variación</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo                     | 789.63    | 5         | 157.93    | 1.71     | 0.132          |
| Trat                       | 789.63    | 5         | 157.93    | 1.71     | 0.132          |
| Error                      | 27144.9   | 294       | 92.33     |          |                |
| Total                      | 27934.6   | 299       |           |          |                |
| R <sup>2</sup> :0.03       | CV: 49.05 |           |           |          |                |

#### Anexo 5. Prueba de Kruskal Wallis del porcentaje de incidencia de mancha de hierro

| <b>Variable</b> | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|-----------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| Incidencia      | 1           | 50       | 10.61         | 9.24        | 9.45            | 22.87    | 0.0003   |
|                 | 2           | 50       | 16.92         | 14.4        | 14.29           |          |          |
|                 | 3           | 50       | 21.54         | 20.49       | 17.58           |          |          |
|                 | 4           | 50       | 15.08         | 13.7        | 14.29           |          |          |
|                 | 5           | 50       | 21.06         | 16.57       | 18.5            |          |          |
|                 | 6           | 50       | 23.25         | 15.87       | 22.26           |          |          |

#### Anexo 6. Comparación de rangos del porcentaje de incidencia de mancha de hierro

| <b>Trat</b> | <b>Medianas</b> | <b>Ranks</b> |   |   |
|-------------|-----------------|--------------|---|---|
| 1           | 9.45            | 109.11       | A |   |
| 4           | 14.29           | 135.3        | A | B |
| 2           | 14.29           | 146.09       |   | B |
| 3           | 17.58           | 162.73       | B | C |
| 5           | 18.5            | 166.55       | B | C |
| 6           | 22.26           | 183.22       |   | C |

*Medianas con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

#### Anexo 7. Prueba de Kruskal Wallis del porcentaje de severidad de mancha de hierro

| <b>Variable</b> | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|-----------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| Severidad       | 1           | 50       | 6.4           | 5.56        | 5               | 20.61    | 0.0009   |
|                 | 2           | 50       | 11.15         | 10.4        | 8.75            |          |          |
|                 | 3           | 50       | 16.9          | 16.24       | 12.5            |          |          |
|                 | 4           | 50       | 11            | 10.26       | 7.5             |          |          |
|                 | 5           | 50       | 14.75         | 15.56       | 10              |          |          |
|                 | 6           | 50       | 16.55         | 13.66       | 12.5            |          |          |

Anexo 8. Comparación de rangos del porcentaje de severidad de mancha de hierro

| Trat. | Medianas | Ranks  |     |
|-------|----------|--------|-----|
| 1     | 5        | 108.53 | A   |
| 4     | 7.5      | 142.49 | A B |
| 2     | 8.75     | 144.23 | B C |
| 5     | 10       | 158.71 | B C |
| 3     | 12.5     | 171.8  | B C |
| 6     | 12.5     | 177.24 | C   |

Medianas con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 9. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Helicotylenchus* en raíz

| Variable               | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|------------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Helicotylenchus</i> | 1    | 2 | 0      | 0     | 0        | 1.87 | 0.4921 |
|                        | 2    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                        | 3    | 2 | 22.5   | 31.82 | 22.5     |      |        |
|                        | 4    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                        | 5    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                        | 6    | 2 | 30     | 42.43 | 30       |      |        |

Anexo 10. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Meloidogyne* en raíz

| Variable           | Trat | N | Medias | D.E.    | Medianas | H    | p      |
|--------------------|------|---|--------|---------|----------|------|--------|
| <i>Meloidogyne</i> | 1    | 2 | 255    | 127.28  | 255      | 5.67 | 0.3372 |
|                    | 2    | 2 | 780    | 403.05  | 780      |      |        |
|                    | 3    | 2 | 367.5  | 180.31  | 367.5    |      |        |
|                    | 4    | 2 | 1215   | 997.02  | 1215     |      |        |
|                    | 5    | 2 | 1035   | 339.41  | 1035     |      |        |
|                    | 6    | 2 | 1012.5 | 1113.69 | 1012.5   |      |        |

Anexo 11. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Scutellonema* en raíz

| Variable            | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|---------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Scutellonema</i> | 1    | 2 | 0      | 0     | 0        | 1.87 | 0.4921 |
|                     | 2    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 3    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 4    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                     | 5    | 2 | 15     | 21.21 | 15       |      |        |
|                     | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

Anexo 12. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Tylenchulus* en raíz

| Variable           | Trat | N | Medias | D.E.   | Medianas | H    | p      |
|--------------------|------|---|--------|--------|----------|------|--------|
| <i>Tylenchulus</i> | 1    | 2 | 240    | 339.41 | 240      | 2.04 | 0.7175 |
|                    | 2    | 2 | 352.5  | 498.51 | 352.5    |      |        |
|                    | 3    | 2 | 0      | 0      | 0        |      |        |
|                    | 4    | 2 | 375    | 530.33 | 375      |      |        |
|                    | 5    | 2 | 0      | 0      | 0        |      |        |
|                    | 6    | 2 | 7.5    | 10.61  | 7.5      |      |        |

Anexo 13. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Pratylenchus* en raíz

| Variable            | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|---------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Pratylenchus</i> | 1    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      | 1.85 | 0.4934 |
|                     | 2    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                     | 3    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 4    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 5    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

Anexo 14. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Rotylenchus* en raíz

| Variable           | Trat | N | Medias | D.E.   | Medianas | H    | p      |
|--------------------|------|---|--------|--------|----------|------|--------|
| <i>Rotylenchus</i> | 1    | 2 | 0      | 0      | 0        | 2.15 | 0.5918 |
|                    | 2    | 2 | 0      | 0      | 0        |      |        |
|                    | 3    | 2 | 0      | 0      | 0        |      |        |
|                    | 4    | 2 | 75     | 106.07 | 75       |      |        |
|                    | 5    | 2 | 322.5  | 456.08 | 322.5    |      |        |
|                    | 6    | 2 | 30     | 42.43  | 30       |      |        |

Anexo 15. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Paratylenchus* en raíz

| Variable             | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|----------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Paratylenchus</i> | 1    | 2 | 0      | 0     | 0        | 1.15 | 0.4159 |
|                      | 2    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 3    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 4    | 2 | 15     | 21.21 | 15       |      |        |
|                      | 5    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

Anexo 16. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Helicotylenchus* en suelo

| <b>Variable</b>        | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|------------------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| <i>Helicotylenchus</i> | 1           | 2        | 15            | 21.21       | 15              | 2.63     | 0.746    |
|                        | 2           | 2        | 150           | 84.85       | 150             |          |          |
|                        | 3           | 2        | 225           | 318.2       | 225             |          |          |
|                        | 4           | 2        | 52.5          | 53.03       | 52.5            |          |          |
|                        | 5           | 2        | 75            | 106.07      | 75              |          |          |
|                        | 6           | 2        | 22.5          | 10.61       | 22.5            |          |          |

Anexo 17. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Meloidogyne* en suelo

| <b>Variable</b>    | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|--------------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| <i>Meloidogyne</i> | 1           | 2        | 255           | 275.77      | 255             | 6.63     | 0.2013   |
|                    | 2           | 2        | 45            | 21.21       | 45              |          |          |
|                    | 3           | 2        | 30            | 42.43       | 30              |          |          |
|                    | 4           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                    | 5           | 2        | 7.5           | 10.61       | 7.5             |          |          |
|                    | 6           | 2        | 15            | 21.21       | 15              |          |          |

Anexo 18. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Scutellonema* en suelo

| <b>Variable</b>     | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|---------------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| <i>Scutellonema</i> | 1           | 2        | 0             | 0           | 0               | 2.13     | 0.5934   |
|                     | 2           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                     | 3           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                     | 4           | 2        | 7.5           | 10.61       | 7.5             |          |          |
|                     | 5           | 2        | 7.5           | 10.61       | 7.5             |          |          |
|                     | 6           | 2        | 15            | 21.21       | 15              |          |          |

Anexo 19. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Criconemoides* en suelo

| <b>Variable</b>      | <b>Trat</b> | <b>N</b> | <b>Medias</b> | <b>D.E.</b> | <b>Medianas</b> | <b>H</b> | <b>p</b> |
|----------------------|-------------|----------|---------------|-------------|-----------------|----------|----------|
| <i>Criconemoides</i> | 1           | 2        | 0             | 0           | 0               | 1.87     | 0.4921   |
|                      | 2           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                      | 3           | 2        | 15            | 21.21       | 15              |          |          |
|                      | 4           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                      | 5           | 2        | 0             | 0           | 0               |          |          |
|                      | 6           | 2        | 0.5           | 0.71        | 0.5             |          |          |

Anexo 20. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Tylenchulus* en suelo

| Variable           | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|--------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Tylenchulus</i> | 1    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      | 1.96 | 0.7257 |
|                    | 2    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                    | 3    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                    | 4    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                    | 5    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                    | 6    | 2 | 15     | 21.21 | 15       |      |        |

Anexo 21. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Pratylenchus* en suelo

| Variable            | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|---------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Pratylenchus</i> | 1    | 2 | 0      | 0     | 0        | 1.15 | 0.4159 |
|                     | 2    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 3    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                     | 4    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 5    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                     | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

Anexo 22. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Rotylenchulus* en suelo

| Variable             | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|----------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Rotylenchulus</i> | 1    | 2 | 22.5   | 31.82 | 22.5     | 2.13 | 0.5934 |
|                      | 2    | 2 | 37.5   | 53.03 | 37.5     |      |        |
|                      | 3    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 4    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 5    | 2 | 22.5   | 31.82 | 22.5     |      |        |
|                      | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

Anexo 23. Prueba de Kruskal Wallis de la población de *Paratylenchus* en suelo

| Variable             | Trat | N | Medias | D.E.  | Medianas | H    | p      |
|----------------------|------|---|--------|-------|----------|------|--------|
| <i>Paratylenchus</i> | 1    | 2 | 37.5   | 53.03 | 37.5     | 2.02 | 0.7195 |
|                      | 2    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                      | 3    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |
|                      | 4    | 2 | 7.5    | 10.61 | 7.5      |      |        |
|                      | 5    | 2 | 15     | 21.21 | 15       |      |        |
|                      | 6    | 2 | 0      | 0     | 0        |      |        |

## Anexo 24. Muestreo inicial de nematodos en raíz



**Universidad Nacional Agraria**  
Dirección de Ciencias Agrícolas

### LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA

#### Resultados Extracción de Nematodos en Raíz

##### I. Información General

Nombre de contacto: \_\_\_\_\_  
 Correo: \_\_\_\_\_  
 Celular: \_\_\_\_\_  
 Cultivo: Café  
 Ubicación de la finca: Carazo  
 Muestra: Raíz  
 Fecha: 02 de julio de 2024

##### II. Resultados

| Géneros registrados en 20 g de Raíz |                            |                        |                         |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| Tratamiento                         | <i>Helicotylenchus ssp</i> | <i>Meloidogyne ssp</i> | <i>Scutellonema ssp</i> |
| T <sub>1</sub>                      | -----                      | 165                    | -----                   |
| T <sub>2</sub>                      | -----                      | 1,065                  | -----                   |
| T <sub>3</sub>                      | 45                         | 495                    | -----                   |
| T <sub>4</sub>                      | -----                      | 1,920                  | 15                      |
| T <sub>5</sub>                      | -----                      | 795                    | 30                      |
| T <sub>6</sub>                      | 60                         | 1800                   | -----                   |

##### I. Observaciones/comentarios

Este informe es el resultado de la suma de los nematodos registrados en raíz. Los datos expresados en este reporte corresponden a 20 gramos de raíz.

Los géneros que se registraron en las muestras analizadas corresponden a *Helicotylenchus ssp*, *Meloidogyne ssp* y *Scutellonema ssp*.

Los nematodos encontrados son considerados de gran importancia económica afectando plantaciones de diversos cultivos. Las poblaciones de nematodos registradas en general son altas y pudieran estar causando afectaciones severas al cultivo.

  
Responsable del Procesamiento  
Lic. Marisol Vanegas Acuña

  
Responsable Laboratorio  
MSc. Markeling Rodríguez

  
Autorizado por:  
PhD. Jorge Ulises Blandón Díaz  
Director de Ciencias Agrícolas



## Anexo 25. Muestreo inicial de nematodos en suelo



**Universidad Nacional Agraria**  
Dirección de Ciencias Agrícolas

### LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA

#### Resultados Extracción de Nematodos en Suelo

##### I. Información General

Nombre de contacto: \_\_\_\_\_  
 Correo: \_\_\_\_\_  
 Celular: \_\_\_\_\_  
 Cultivo: Café \_\_\_\_\_  
 Ubicación de la finca: Carazo \_\_\_\_\_  
 Muestra: Suelo \_\_\_\_\_  
 Fecha: 02 de julio de 2024 \_\_\_\_\_

##### II. Resultados

| Géneros registrados en 200 g de Suelo |                            |                        |                          |                         |
|---------------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Tratamiento                           | <i>Helicotylenchus ssp</i> | <i>Meloidogyne ssp</i> | <i>Criconemoides ssp</i> | <i>Scutellonema ssp</i> |
| T <sub>1</sub>                        | 30                         | 450                    | -----                    | -----                   |
| T <sub>2</sub>                        | 210                        | 60                     | -----                    | -----                   |
| T <sub>3</sub>                        | 450                        | 60                     | 30                       | -----                   |
| T <sub>4</sub>                        | 90                         | -----                  | -----                    | 15                      |
| T <sub>5</sub>                        | 150                        | -----                  | -----                    | 15                      |
| T <sub>6</sub>                        | 30                         | 30                     | -----                    | 30                      |

##### III. Observaciones/comentarios

Este informe es el resultado de la suma de los nematodos registrados en suelo. Los datos expresados en este reporte corresponden a 200 gramos de suelo.

Los géneros que se registraron en las muestras analizadas corresponden a *Helicotylenchus ssp*, *Meloidogyne ssp*, *Criconemoides ssp* y *Scutellonema ssp*.

Los nematodos encontrados son considerados de gran importancia económica afectando plantaciones de diversos cultivos. Las poblaciones de nematodos registradas en general son altas y pudieran estar causando afectaciones severas al cultivo.

  
 Responsable del Procesamiento  
 Lic. Marisol Vanegas Acuña

  
 Responsable Laboratorio  
 MSc. Markeling Rodriguez

Autorizado por:   
 Ph.D. Jorge Ulises Blandon Diaz  
 Director de Ciencias Agrícolas



## Anexo 26. Muestreo final de nematodos en raíz



**Universidad Nacional Agraria**  
Dirección de Ciencias Agrícolas

### LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA

#### Resultados Extracción de Nematodos en Raíz

##### I. Información General

Nombre de contacto: \_\_\_\_\_  
 Correo: \_\_\_\_\_  
 Celular: \_\_\_\_\_  
 Cultivo: Café  
 Ubicación de la finca: Carazo

Muestra: Raíz  
 Fecha: 14 de noviembre 2024

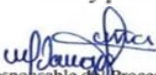
##### II. Resultados

| Géneros registrados en 20 g de Raíz |                                  |                                  |                                   |                                    |                                    |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Tratamiento                         | <i>Tylenchulus</i><br><i>ssp</i> | <i>Meloidogyne</i><br><i>ssp</i> | <i>Pratylenchus</i><br><i>ssp</i> | <i>Rotylenchulus</i><br><i>ssp</i> | <i>Paratylenchus</i><br><i>ssp</i> |
| T <sub>1</sub>                      | 480                              | 345                              | 15                                | -----                              | -----                              |
| T <sub>2</sub>                      | 705                              | 495                              | 15                                | -----                              | -----                              |
| T <sub>3</sub>                      | -----                            | 240                              | -----                             | -----                              | -----                              |
| T <sub>4</sub>                      | 750                              | 510                              | -----                             | 150                                | 30                                 |
| T <sub>5</sub>                      | -----                            | 1,275                            | -----                             | 645                                | -----                              |
| T <sub>6</sub>                      | 15                               | 225                              | -----                             | 60                                 | -----                              |

##### III. Observaciones/comentarios

Este informe es el resultado de la suma de los nematodos registrados en raíz. Los datos expresados en este reporte corresponden a 20 gramos de raíz. Los géneros que se registraron en las muestras analizadas corresponden a *Tylenchulus ssp*, *Meloidogyne ssp*, *Pratylenchus ssp*, *Rotylenchulus ssp* y *Paratylenchus ssp*.

Los nematodos encontrados son considerados de gran importancia económica afectando plantaciones de diversos cultivos. Las poblaciones de nematodos registradas en general son altas y pudieran estar causando afectaciones severas al cultivo.

  
 Responsable del Procesamiento  
 Lic. Marisol Vanegas Acuña

  
 Responsable Laboratorio  
 MSc. Markeling Rodríguez

  
 Autorizado por:  
 Ph.D. Jorge Ulises Blomón Díaz  
 Director de Ciencias Agrícolas



## Anexo 95. Muestreo final de nematodos en suelo



**Universidad Nacional Agraria**  
Dirección de Ciencias Agrícolas

### LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA

#### Resultados Extracción de Nematodos en Raíz

##### I. Información General

Nombre de contacto: \_\_\_\_\_  
 Correo: \_\_\_\_\_  
 Celular: \_\_\_\_\_  
 Cultivo: Café  
 Ubicación de la finca: Carazo  
 Muestra: Suelo  
 Fecha: 14 de noviembre de 2024

##### II. Resultados

| Géneros registrados en 200 g de Suelo |                           |                           |                            |                             |                             |                               |                             |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Tratamiento                           | <i>Tylenchulus</i><br>ssp | <i>Meloidogyne</i><br>ssp | <i>Pratylenchus</i><br>ssp | <i>Rotylenchulus</i><br>ssp | <i>Paratylenchus</i><br>ssp | <i>Helicotylenchus</i><br>ssp | <i>Criconemoides</i><br>ssp |
| T <sub>1</sub>                        | 15                        | 60                        | -----                      | 45                          | 75                          | -----                         | -----                       |
| T <sub>2</sub>                        | -----                     | 30                        | -----                      | 75                          | 15                          | 90                            | -----                       |
| T <sub>3</sub>                        | 15                        | -----                     | 15                         | -----                       | -----                       | -----                         | -----                       |
| T <sub>4</sub>                        | 15                        | -----                     | -----                      | -----                       | 15                          | 15                            | -----                       |
| T <sub>5</sub>                        | -----                     | 15                        | -----                      | 45                          | 30                          | -----                         | -----                       |
| T <sub>6</sub>                        | 30                        | -----                     | -----                      | -----                       | -----                       | 15                            | 1                           |

##### III. Observaciones/comentarios

Este informe es el resultado de la suma de los nematodos registrados en suelo. Los datos expresados en este reporte corresponden a 200 gramos de suelo.

Los géneros que se registraron en las muestras analizadas corresponden a *Tylenchulus ssp*, *Meloidogyne ssp*, *Pratylenchus ssp*, *Rotylenchulus ssp*, *Paratylenchus ssp*, *Helicotylenchus ssp* y *Criconemoides ssp*.

Responsable del Procesamiento  
Lic. Marisol Vanegas Acuña

Responsable Laboratorio  
MSc. Markeling Rodríguez

Autorizado por:  
PhD. Jorge Ulises Blumón Díaz  
Director de Ciencias Agrícolas

