

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

**Identificación de nematodos fitoparásitos asociados a plantas ornamentales de
cuatro parques del cantón central de San José**

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica

Estudiante

Bach. Milena Ly Jiménez

Tutor

M.Sc. Walter Peraza Padilla

Lectores

Lic. Roy Artavia Carmona

Lic. Steffany Orozco Cayasso

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2024

Trabajo final de graduación modalidad proyecto de graduación sometido a consideración del tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

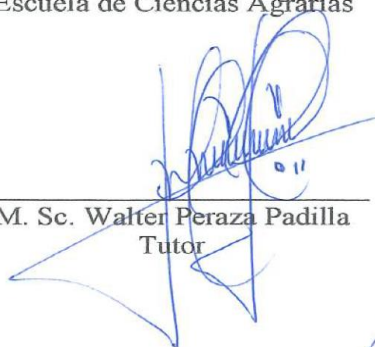
Tribunal examinador



PhD. Fernando Ramírez Muñoz
Representante del Decanato
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar



M. Sc. Allan González Herrera
Representante Dirección
Escuela de Ciencias Agrarias



M. Sc. Walter Peraza Padilla
Tutor



Lic. Roy Artavia Carmona
Asesor



Lic. Steffany Orozco Cayasso
Asesora



Bach. Milena Ly Jiménez
Postulante

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios y a la vida, por darme siempre oportunidades para crecer y aprender en cada proceso por el que he pasado en este camino de realización personal y profesional.

A mi mamá, Vilma Jiménez Calderón, por haberme enseñado a ser valiente, luchadora y a amar lo que hago, y quien durante la realización de este proyecto falleció; a su memoria y legado.

A mis dos hijas, Melisa y Ma. Paula y a mi esposo César, por ser mis inspiraciones de vida y acompañarme en mi cotidianidad y por manifestar de múltiples maneras su cariño, respeto y apoyo.

A mis compañeros de trabajo, amigas y los amigos que han permanecido a mi lado para motivarme y darme su apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Extiendo un sincero reconocimiento a cada una de las personas que contribuyeron en el proceso de realización y culminación del proyecto de graduación:

Gracias a mi tutor M.Sc. Wálter Peraza Padilla, por su permanente acompañamiento, su constante paciencia y su gran ayuda para que este trabajo fuera una realidad. Asimismo, manifiesto mi agradecimiento a mi asesor, el Ing. Roy Artavia Carmona por su apoyo en el laboratorio y mi asesora, la Ing. Stephanie Orozco Cayasso por aportar su conocimiento y sus observaciones en esta investigación.

Un especial agradecimiento al Ing. Raúl Acosta Solorzano, de la Municipalidad de San José quien me motivó y apoyó a realizar este proyecto.

Por último, agradezco al Laboratorio de Nematología de la Escuela de Ciencias Agrarias por proporcionar las instalaciones y equipo necesario que permitieron realizar las identificaciones nematológicas correspondientes.

RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos son uno de los principales patógenos que afectan el rendimiento y crecimiento de la industria de plantas ornamentales en el mundo y en Costa Rica no es la excepción. En nuestro país las condiciones tropicales favorecen la producción de plantas ornamentales durante todo el año; sin embargo, existe muy poca información sobre los problemas que ocasionan estos agentes causales a estas plantas. Además, el incremento en el uso de estas plantas en la jardinería moderna hace necesario un estudio sobre la incidencia de estas plagas y su identificación para efectuar un control más adecuado. El objetivo de esta investigación fue caracterizar las poblaciones de nematodos asociadas a 20 especies de plantas ornamentales de 4 parques del cantón central de San José: Nacional, España, Morazán y Solón Núñez. Entre marzo a octubre de 2023, se realizaron muestreos de suelo y raíz en plantas ornamentales: Penta (*Pentas lanceolata*), Pluma de Indio (*Ctenanthe oppenheimiana*), Cinco Negritos (*Lantana cámara*), Pringo de Oro (*Duranta repens*), Salvia Roja (*Salvia splendens*), Ginger (*Alpina purpurata*), Millonaria (*Epipremnum aureum*), Café (*Coffea arabica*), Pincel Blanco (*Liriope muscari*), Costilla de Adán (*Monstera deliciosa*), Hortensia (*Hydrangea macrophylla*), Cheflera (*Schefflera arboricola*), (*Rhododendron simsii*), Calatea Zebrina (*Calatea zebrina*), Lirio Amarillo (*Neomarica longifolia*), Begonia (*Begonia x hybrida dragon wing*), Peperomia (*Peperomia obtusifolia*), Cosmos (*Cosmos bipinnatus*), Petunia mexicana (*Ruellia simplex*), Azalea (*Rhododendron simsii*) y Falsa Roselle (*Hibiscus acetosella*), todas de amplio uso en paisajismo y jardinería. Se relacionó el género de nematodo identificado con el lugar de muestreo (suelo y raíz) y la época de muestreo (lluviosa y seca). Además, se determinó la densidad poblacional media (DPM) y la frecuencia de ocurrencia (FO) de cada género, donde se identificaron los tres géneros más predominantes de la lista de nematodos. Los datos se analizaron mediante la técnica estadística de correspondencias múltiples que permitió visualizar las relaciones entre variables categóricas de los nematodos, la época (seca o lluviosa) y el sitio de donde se encontraban (suelo o raíz). Se identificaron 18 géneros de nematodos fitoparásitos: *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Criconema* sp., *Criconemoides* sp., *Crossonema* sp., *Ditylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Hemicycliophora* sp., *Meloidogyne* sp., *Mesocriconema* sp., *Pratylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp., *Scutellonema* sp., *Trichodorus* sp., *Tylenchorhynchus* sp., *Tylenchus* sp. y *Xiphinema* sp. Según la Frecuencia de Ocurrencia (FO), *Meloidogyne* sp. fue el nematodo más registrado e identificado en los cuatro parques estudiados, con una Densidad Poblacional Media (DPM) de 2,557 individuos en cada parque, seguido de *Helicotylenchus* sp., que se encontró en tres

de los cuatro parques (Nacional, Morazán y España) y presentó una DPM de 1,260 individuos. Además, en orden de ocurrencia, se identificaron *Hemicycliophora* sp. en el Parque Nacional, y *Rotylenchulus* sp. en el Parque Solón Núñez Frutos, con DPM de 1,109 y 565 individuos, respectivamente. Se determinó que, de las 20 especies de plantas ornamentales muestreadas, en el 100% se encontró un asocio tanto en suelo como en raíz de diferentes densidades poblacionales con *Meloidogyne* sp., mientras que, en 18 especies de plantas ornamentales se encontró al nematodo *Helicotylenchus* sp., lo que coincide no solo con su ocurrencia, sino que también con su hábito alimenticio en el sistema radicular. El mayor porcentaje de infección por *Meloidogyne* sp. se observó en las plantas ornamentales Costilla de Adán, Penta y Falsa Roselle con 2409, 1964 y 1963 estadios juveniles en 10 g de raíz respectivamente. El patrón de ocurrencia de ambos géneros mantuvo la misma tendencia tanto en invierno como en verano. Las altas poblaciones de *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. y *Hemicycliophora* sp., detectadas en este estudio, podrían representar un problema a futuro sin un seguimiento adecuado. Es importante realizar más estudios detallados sobre la interacción entre hospedero y plaga para desarrollar estrategias de control efectivas.

ABSTRACT

Plant parasitic nematodes are one of the main pathogens that affect the performance and growth of the ornamental plant industry in the world and Costa Rica is no exception. In our country, tropical conditions favor the production of ornamental plants throughout the year; however, there is very little information about the nematological problems associated with these plants. Furthermore, the increase in the use of these plants in modern gardening makes it necessary to study the incidence of these pests and their identification to carry out more adequate control. The objective of this research was to characterize the nematode populations associated with 20 species of ornamental plants from 4 parks in the central canton of San José: Nacional, España, Morazán and Solón Núñez. Between March and October 2023, soil and root sampling was carried out on the following species of ornamental plants: Penta (*Pentas lanceolata*), Pluma de Indio (*Ctenanthe oppenheimiana*), Cinco Negritos (*Lantana Cámara*), Pringo de Oro (*Duranta repens*), Red Sage (*Salvia splendens*), Ginger (*Alpina purpurata*), Millonaria (*Epipremnum aureum*), Coffee (*Coffea arabica*), White Paintbrush (*Liriope muscari*), Adam's rib (*Monstera delicious*), Hydrangea (*Hydrangea macrophylla*), Cheflera (*Schefflera arboreal*), (Rhododendron simsii), Calatea Zebrina (*Calatea zebrina*), Yellow Lily (*Neomarica Longifolia*), Begonia (*Begonia x hybrida dragon wing*), Peperomia (*Peperomia obtusifolia*), Cosmos (*Cosmos bipinnatus*), Mexican Petunia (*Ruellia simplex*), Azalea (*Rhododendron simsii*) and False Roselle (*Hibiscus acetosella*), all widely used in landscaping and gardening. The identified nematode genus was related to the sampling location (soil and root) and the sampling season (winter and summer). In addition, the mean population density (MPD) and frequency of occurrence (FO) of each genus were determined, where the three most predominant genera from the list of nematodes were identified. The data were analyzed using the statistical technique of multiple correspondence that allowed to visualize the relationships between categorical variables of the nematodes, the season (dry or rainy) and the site where they were found (soil or root). 18 genera of plant-parasitic nematodes were identified: *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Criconema* sp., *Criconemoides* sp., *Crossonema* sp., *Ditylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Hemicycliophora* sp., *Meloidogyne* sp., *Mesocriconema* sp., *Pratylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp., *Scutellonema* sp., *Trichodorus* sp., *Tylenchorhynchus* sp., *Tylenchus* sp. and *Xiphinema* sp. According to the Frequency of Occurrence (FO), *Meloidogyne* sp. was the nematode most frequently recorded and identified in the four parks studied, with a Mean Population Density (MPD) of 2,557 individuals in each park, followed by *Helicotylenchus* sp., which was found in three of the four parks (Nacional, Morazán and

España) and had a MPD of 1,260 individuals. In addition, in order of occurrence, *Hemicycliophora* sp. was identified in the National Park, and *Rotylenchulus* sp. in Solón Núñez Frutos Park, with MPD of 1,109 and 565 individuals, respectively. It was determined that, of the 20 species of ornamental plants sampled, 100% were associated both in soil and in roots at different population densities with *Meloidogyne* sp., while in 18 species of ornamental plants the nematode *Helicotylenchus* sp. was found, which coincides not only with its occurrence, but also with its feeding habit in the root system. The highest percentage of infection by *Meloidogyne* sp. was observed in the ornamental plants Costilla de Adán, Penta and Falsa Roselle with 2409, 1964 and 1963 juvenile stages in 10 g of root respectively. The occurrence pattern of both genera maintained the same trend both in winter and summer. The high populations of *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. and *Hemicycliophora* sp., detected in this study, could represent a future problem without adequate monitoring. It is important to incorporate, as a permanent practice, sampling for preventive nematological analysis that allows determining the population densities of nematodes to avoid their dissemination and economic losses. In addition, it is essential to train technical personnel in management practices that prevent their dissemination. Finally, detailed studies on the interaction between host and pest are required to develop effective control strategies.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo general	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. MARCO TEÓRICO	16
Nematodos fitoparásitos	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
Ubicación del estudio	23
Recolecta de las muestras de suelo y raíz	25
Extracción de nematodos	26
Análisis de datos	28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
Parque Nacional	33
Parque Morazán	43
Parque España	51
Parque Solón Núñez Frutos	58
7. LITERATURA CITADA	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Exportaciones costarricenses del sector plantas, flores y follajes.....	18
Tabla 2. Algunas plantas ornamentales y los nematodos fitoparásitos reportados con asocio según el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) y el Ministerio de Agricultura de Costa Rica (MAG)22	
Tabla 3. Parques de estudio y sus principales características climáticas	23
Tabla 4. Especies de plantas ornamentales seleccionadas en el estudio	25
Tabla 5. Frecuencia de aparición, época y lugar de muestreo de nematodos fitoparásitos y de vida libre (VL) en los parques en estudio	28
Tabla 6. Frecuencia de ocurrencia acumulada de nematodos. Parque Nacional.....	36
Tabla 7. Distribución relativa y porcentaje de nematodos. Parque Nacional.....	40
Tabla 8. Frecuencia de ocurrencia acumulada. Parque Morazán.	45
Tabla 9. Distribución relativa y porcentajes de nematodos. Parque Morazán.	48
Tabla 10. Frecuencia de ocurrencia acumulada de nematodos. Parque España.	55
Tabla 11. Distribución relativa y porcentajes de nematodos. Parque España.....	56
Tabla 12. Frecuencia de ocurrencia acumulada de nematodos. Parque Solón Núñez Frutos.	60
Tabla 13. Distribución relativa y porcentajes de nematodos. Parque Solón Núñez Frutos	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los cuatro parques del cantón de San José: Solón Núñez Frutos (A), Morazán (B), España (C) y Nacional (C).....	24
Figura 2. Proceso de centrifugación-flotación en solución azucarada utilizado para el procesamiento de muestras de suelo y raíz.....	27
Figura 3. Análisis de correspondencias múltiples de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada	29
Figura 4. Regiones anteriores de los principales nematodos fitoparásitos identificados en esta investigación.....	31
Figura 5. Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Nacional	34
Figura 6. Análisis de correspondencias múltiples Parque Nacional	42
Figura 7. Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Morazán.	43
Figura 8. Análisis de correspondencias múltiples Parque Morazán	50
Figura 9. Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque España.	51
Figura 10. Análisis de correspondencias múltiples Parque España.	57
Figura 11. Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Solón Núñez Frutos ..	58
Figura 12. Análisis de correspondencias Parque Solón Núñez Frutos.....	62

1. INTRODUCCIÓN

El uso de plantas ornamentales en Costa Rica data desde el siglo XVI en donde muchas zonas se convirtieron en cultivos de impacto desde el punto de vista socioeconómico. Por otra parte, algunas especies se naturalizaron, otras se volvieron invasoras y en años recientes, nuevas especies todavía siguen llegando como inmigrantes, o son introducidas intencionalmente (Morales, 2020).

Los cultivos de flores y plantas ornamentales se ven afectados por diversos tipos de plagas, lo que se acentúa durante la propagación vegetativa, la cual es un medio eficiente para la diseminación de estos organismos. Por “plaga” se entiende cualquier organismo capaz de causar daños a la planta y ocasionar pérdidas económicas al productor (Ortuño & Oros, 2002).

Una de las plagas que afecta este tipo de cultivos son los nematodos, cuya presencia en las plantaciones ocasiona la predisposición de la planta al ataque de otros parásitos de suelo, lo que disminuye la calidad y la estética debido a las lesiones que causan en la parte aérea y sistema radicular. Finalmente, la planta no puede seleccionarse para exportación y las pérdidas pueden llegar hasta al 100% (Ortuño & Oros, 2002).

Los nematodos que atacan a las plantas son organismos transparentes, microscópicos y de forma cilíndrica, carecen de sistema circulatorio y respiratorio. Su hábitat es generalmente el suelo y están distribuidos en todo el mundo. El primer reporte de un asocio entre plantas ornamentales y estos microorganismos data de 1881, cuando Prillieux describió daños causados por *Ditylenchus dipsaci*. Posteriormente, entre 1889 y 1890, se observó la presencia de *Aphelenchoides ritzemabosi* sobre plantas de crisantemo en el Reino Unido. En 1891 Atkinson reportó *A. fragariae* sobre plantas de begonias en Estados Unidos. En la segunda década de 1900 se reportó por primera vez el género *Meloidogyne* sp. en plantas ornamentales (Southey, 1993).

Entre los principales nematodos que atacan las plantas ornamentales se encuentran los nematodos del género *Pratylenchus* sp., los cuáles de acuerdo con su forma de parasitismo, se clasifican como endoparásitos migratorios y son considerados los segundos con mayor impacto económico a nivel nacional superado únicamente por el género *Meloidogyne* sp. (Southey, 1993). El nematodo *Pratylenchus* sp. penetra por los tejidos meristemáticos y produce lesiones pequeñas en las raíces que posteriormente son invadidas por otros parásitos del suelo hasta que finalmente, se necrosa el tejido (Pinochet y Duarte 1986). A diferencia de otros nematodos endoparásitos, una característica que distingue al género *Pratylenchus*, es que son infectivos en todos los estados de desarrollo (J₁, J₂, J₃, J₄) (Chávez, 2010).

De acuerdo con Ortuño y Marbán (1994b), el asocio de algunos hongos parásitos de plantas puede ocasionar daños severos cuando interactúan con *Pratylenchus* spp., y esto puede ocurrir en plantas ornamentales tales como *Tulipa* sp. (Tulipán), *Gladiolus* sp. (Gladiola), *Hyacinthus* (Jacinto), *Iris* sp. (Iris), *Lilium* spp. (Lirio o azucena), *Dianthus caryophyllus* (Claveles), *Rosa* sp. (Rosa) y *Chrysanthemum* (Crisantemo). Por ejemplo, existen datos que indican que *Pratylenchus coffeae* puede causar pérdidas de hasta un 100% en *Aglaonema commutatum* (Ortuño & Oros, 2002).

Otro nematodo endoparásito es el género *Meloidogyne*, se caracteriza por ser sedentario y provoca no solo pérdidas a nivel mundial en la producción de alimentos, sino que también en plantas ornamentales, debido a su amplia distribución geográfica, ámbito de hospederos e importancia económica como agente patógeno (Olsen, 2000; Siddiqi, 2000). Este género incluye más de ochenta especies con más de 5000 plantas hospederas (Powers y Harris, 1993; Siddiqi, 2000; Brito et al., 2004; Subbotin & Moens, 2006).

En cultivos ornamentales, *Meloidogyne* afecta directamente y predispone a la planta al ataque de otros patógenos del suelo. El efecto en la planta hospedera se manifiesta en forma de poco crecimiento, clorosis, marchitamiento, baja productividad y en casos severos, muerte de la planta; además, puede interactuar con hongos, donde los daños al sistema radicular son mayores y ocurren en menor tiempo que los que causaría el hongo o el nematodo por sí solo (Richardson & Grewal, 1993).

Según Ortuño y Oros (2002), en plantas ornamentales pueden existir pérdidas de hasta 100% causadas por la pobre calidad estética de la planta, lo que al final afecta su exportación a mercados exigentes como el de Estados Unidos, principal destino de estos productos (Barahona et al., 2011). En Costa Rica, la identificación de nematodos se realiza usualmente a nivel de género, principalmente por la complejidad morfológica y alta inversión de tiempo y en algunos casos, por la falta de mayor calificación del personal (Orui, 1999; Salazar-Antón & Guzmán-Hernández, 2011).

Actualmente alrededor del 56% de la población mundial (4400 millones de habitantes) vive en ciudades. Se espera que esta tendencia continúe, ya que la población urbana aumentará a más del doble para el 2050, momento en que casi 7 de cada 10 personas vivirán en ciudades (Banco Mundial, 2022). Esta condición se traduce en la creación de nuevos lugares de esparcimiento y recreación con espacios verdes en entornos urbanos para el beneficio de la salud física y mental de los habitantes de las ciudades.

Dado el creciente aumento en la población y por ende de desarrollo inmobiliario, en la municipalidad del cantón central de San José existe un compromiso institucional por preservar el

medio ambiente y la biodiversidad. En este sentido, se procura la elaboración y desarrollo de proyectos para la preservación, por ejemplo, de la abeja Melífera (*Apis mellifera*), mariposas y colibríes mediante el repoblamiento de plantas ornamentales con flor capaces de atraer estos polinizadores.

Los parques públicos del cantón central de San José atraviesan un proceso de transición de los espacios verdes hacia un paisajismo urbano sostenible y biodiverso. Esta transformación busca no solo embellecer las áreas urbanas, sino también crear espacios bióticos amigables que promuevan la coexistencia armoniosa de diversas especies. Una de las iniciativas clave en esta modificación es la introducción de especies nectáreas y hospederas, así como plantas aromáticas y medicinales. Estas plantas embellecen el paisaje y desempeñan un papel crucial en la creación de hábitats propicios para una variedad de especies, incluyendo insectos polinizadores como abejas y mariposas.

La presencia de estas plantas contribuye significativamente a la salud del ecosistema urbano, ya que apoya la biodiversidad y proporciona recursos vitales para la fauna local. El nuevo enfoque de paisajismo urbano está diseñado para ser ecológicamente sostenible, porque integra prácticas que fomentan un entorno equilibrado y resiliente. Esta estrategia mejora la calidad de vida de los residentes y personas que trabajan en los alrededores, ya que también tiene un impacto positivo en la conservación de la biodiversidad y en la educación ambiental al ofrecer espacios verdes más atractivos y funcionales.

La Municipalidad de San José, es líder en Centroamérica a nivel de instituciones estatales en este tipo de iniciativas, por lo que uno de sus objetivos, es que otros municipios imiten este esfuerzo en la preservación del hábitat. Con dicho propósito, se han creado y en algunos otros casos serán ampliados micro - jardines bióticos en los parques del cantón central de San José, para que la población disfrute de la belleza de la ornamentación vegetal.

Asimismo, este ayuntamiento cuenta con un vivero que consta de 2 naves, la primera de ellas con un área de producción de 985 m² y la segunda con 485 m² las cuales tienen un doble propósito de crecimiento y desarrollo en donde se alberga un inventario de alrededor de 40 000 especies vegetales en total, tanto anuales como perennes que embellecen los parques del cantón. Sin embargo, estas plantas no escapan al ataque de plagas como los nematodos fitoparásitos los cuales no han sido identificados ni cuantificados. Es importante que las plantas que perecen (por senescencia, enfermedad o danos mecánicos) sean reemplazadas por especies sanas y vigorosas y principalmente libres de plagas y enfermedades para evitar pérdida de recursos económicos. La siembra de plantas enfermas debido a una plaga no solo representa pérdidas monetarias, sino que también existe un alto

riesgo de diseminación de la plaga a plantas establecidas en los parques. En este vivero, se tiene la certeza que hay una problemática relacionada con nematodos fitoparásitos; sin embargo, a la fecha nunca se ha realizado un estudio que determine cuáles de ellos pueden afectar directamente la producción de plantas ornamentales.

Los criterios que se utilizaron para escoger estos parques obedecieron a la condición de principales centros culturales e históricos de San José, donde se llevan a cabo las actividades socioculturales destacadas en la capital. Por ejemplo, en los tres primeros parques tienen lugar eventos masivos como Transitarte, el Festival Internacional de las Artes (FIA), ferias de emprendedores, conciertos gratuitos, así como diversas actividades culturales y deportivas, además de visitas guiadas para turistas nacionales y extranjeros. En el caso del parque Solón Núñez Frutos se escogió ya que sirve de “laboratorio a cielo abierto” debido a que es el único de los parques que no cuenta con sistema de riego y permite realizar investigación de forma observacional para identificar plantas ornamentales con capacidad de tolerancia a diferentes factores bióticos, de ahí su importancia.

Estos espacios se limpian seis días a la semana durante todo el año e incluyen actividades como barrido, siembra, deshierba, nivelación de terreno, poda, riego, entre otras. Estas tareas de mantenimiento representan un costo elevado para el municipio; no obstante, debido a su importancia sociocultural y atractivo turístico, estos parques son considerados de "elevado costo" pero también de alto interés para la comunidad. Gracias a su ubicación estratégica, se han convertido en puntos de paso esenciales que atraen a más de mil visitantes diarios tanto locales como turistas internacionales. Asimismo, constituyen pequeños pulmones de la ciudad de San José que cada vez cuenta con menos espacios verdes de esparcimiento al aire libre.

Ubicados en pleno corazón de San José, en el pintoresco Barrio Escalante, el Parque Nacional y la Biblioteca Nacional se han convertido en puntos de referencia significativos para la ciudad. Este parque es notable no solo por albergar el Monumento Nacional, sino también por servir como escenario de importantes celebraciones, como las conmemoraciones de la independencia. Además, en él se encuentran monumentos importantes vinculados a la independencia de otros países latinoamericanos, como el Monumento a José Martí, el Monumento a Miguel Hidalgo y Costilla y el monumento al escritor Andrés Bello.

Además, estos parques son de gran importancia histórica y cultural, ya que sirven como escenarios clave para actividades comerciales y sociales cruciales para el país. También albergan espectáculos públicos masivos, lo que fortalece su papel como centros de actividad comunitaria y cultural (Malavasi et al., 2023).

Por este motivo, el objetivo de este estudio fue determinar la presencia e identificar los principales nematodos fitoparásitos asociados a 20 géneros de plantas ornamentales de hoja y de flor más comunes establecidas en los parques: Morazán, Nacional, España, Dr. Solón Núñez Frutos. Finalmente, se pretende brindar a la Municipalidad de San José una recomendación técnica de manejo para minimizar el impacto negativo que estos microorganismos puedan causar a las plantas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Determinar la presencia y densidad poblacional de nematodos fitoparásitos asociados a especies ornamentales de 4 parques de San José mediante el método de centrifugación en solución azucarada para la búsqueda de alternativas de combate.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales géneros de nematodos fitoparásitos asociados a muestras de suelo y raíz en ornamentales de 4 parques del cantón central de San José.
- Determinar la densidad poblacional media (DPM) y la frecuencia de ocurrencia (FO) de nematodos fitoparásitos presentes en muestras de suelo y raíz de ornamentales en 4 parques del cantón central San José durante la época seca y lluviosa.
- Proponer al menos una alternativa de manejo enfocadas en reducir el uso de agroquímicos en especies de plantas ornamentales.

3. MARCO TEÓRICO

Una planta ornamental es aquella que se cultiva y se comercializa con propósitos decorativos por sus características estéticas. Su valor ornamental o cualidad estética está relacionada con la forma o estructura de toda la planta, las hojas o follaje (color, abundancia), las flores (color, olor, forma, tamaño), los frutos (color, tamaño) o el tallo (Leszczyńska-Borys, 1990). Estas plantas se utilizan para diseños paisajísticos como plantas de interiores o flor cortada (Fernández-Nava, 2008).

Las plantas ornamentales normalmente se cultivan al aire libre en viveros, con una protección ligera bajo plásticos o en un invernadero con temperatura controlada y dependiendo del interés decorativo, pueden tener una temporalidad. Estas plantas suelen ser comercializadas con o sin maceta para ser trasplantadas al jardín o simplemente ubicadas como plantas de interior. Según su uso se clasifican en plantas de interior o exterior de las cuales existe una gran diversidad de especies con flor o sin flor (ornamentales de hoja), y se suelen vender con o sin maceta para ser trasplantadas al jardín o simplemente ubicadas como plantas de interior. La importancia de estas plantas es cada vez mayor en todo el mundo, como parte del comercio nacional e internacional, ya que incrementa el desarrollo económico de la sociedad, aumenta las áreas ajardinadas en las ciudades y el uso de plantas de interior en hogares y edificios públicos (Fernández-Nava, 2008).

Además, nuestro país destaca por ser el hogar del 6,5% de la biodiversidad global y por ofrecer al mercado internacional más de 200 variedades de plantas y más de 1200 flores y follajes, consideradas como especies exóticas. De acuerdo con la Dirección de Inteligencia Comercial de PROCOMER, el monto exportado por el sector de plantas, flores y follajes a noviembre de 2023 superó los \$140 millones de dólares. El principal destino de estas exportaciones fue Estados Unidos (55%) (PROCOMER, 2023).

Es bien conocido dentro de la cobertura agrícola, que las plantas ornamentales cuentan con una gran variabilidad de especies, que superan a cualquier otro rubro exportable. Esta complejidad hace aún más difícil el caracterizar una actividad, que tiene tantas aristas como producto exportable con una oferta dinámica y variada (Mora y Quirós, 2018).

Costa Rica cuenta con una serie de oportunidades, tanto para esquejes como producto final (planta completa), principalmente debido a la alta demanda de las plantas en el mercado canadiense, así como también el reconocimiento mundial de la calidad del producto costarricense. Por ejemplo, con las dracaenas nuestro país es reconocido como el mejor productor a nivel mundial debido a los menores costos de mano de obra con respecto a Canadá (Procomer, 2021).

Con el auge de las plantas tropicales, surge también un nicho de mercado para un producto único y diferenciado, por el cual los coleccionistas de plantas y decoradores de interiores están dispuestos a pagar mayores cantidades de dinero, principalmente en especies “de moda” con esquemas de color, veteadas, rayadas o salpicadas de blanco u otros patrones llamativos en sus venas. Por lo anterior, se requiere capacidad de innovación en su producción (Procomer, 2021).

El aumento en las ventas de plantas ornamentales es resultado de características ya consolidadas, con una población mayoritariamente urbana (82%), con una alta tasa de tenencia de

jardines en sus hogares (+61%), e incluso, la tenencia de plantas en espacios interiores. Aunado a esto, también existe el gusto de los adultos mayores por la jardinería, así como una población más joven, que en sus hogares asume la tendencia de decorar los espacios con plantas de interior, principalmente plantas tropicales, las cuales han aumentado su atractivo.

Se espera que para los próximos años se encuentren condiciones más favorables para el sector productivo ornamental, debido a varios factores, uno al incremento en el sector de la construcción y renovación residencial, que para el periodo de 2021-2027 aumente un 2%, otro a la una disminución en el desempleo (5,6%, 2027) y finalmente, a un aumento en el tiempo de ocio de la población debido al envejecimiento poblacional y el subsecuente retiro de las personas (Procomer, 2021).

De acuerdo con datos de PROCOMER, en el 2021 los ingresos por exportaciones pasaron de US \$56.647.000 a \$75.478.000 comparando los primeros cinco meses del 2021 con el año 2020 (Tabla 1). Las especies florales se exportan a Estados Unidos y los Países Bajos lo que representa el 85% del total de especies de flor exportadas. Nuestro país es el sexto proveedor de plantas ornamentales a Canadá con 1,3 % de envíos directos, lo que representó en 2020, \$1.5 millones de dólares y a junio de 2021 ya alcanzaban los 1,7 millones de dólares, un 28,6% más que en el mismo periodo del 2020 (Informe Presidencial, 2021).

Tabla 1

Exportaciones costarricenses del sector plantas, flores y follajes. Comparativo enero-mayo 2020 y 2021

Mes	2020	2021*
	Valor en USD	
Enero	\$ 14 551 000	\$ 16 321 000
Febrero	\$ 14 903 000	\$ 15 184 000
Marzo	\$ 11 617 000	\$ 15 545 000
Abril	\$ 6 433 000	\$ 14 024 000
Mayo	\$ 6 433 000	\$ 14 404 000
Junio	\$ 9 142 000	\$ 14 024 000
Total	\$ 56 647 000	\$ 75 478 000

Fuente: Informe presidencial 2021.

En este periodo, se logró exportar 33 productos diferentes, lo que generó ingresos por \$75.478.000, \$18.831.000 más que en el 2020, el cual registró \$56.647.000 (Informe de Gobierno, 2021). Los principales productos exportados bajo el subsector de plantas, flores y follajes fueron las

plantas ornamentales (59%), flores y capullos (22%). El sector agrícola ha mostrado señales de recuperación y algunos de sus productos muestran un comportamiento positivo, tal es el caso de las plantas ornamentales uno de los productos mayormente impactado por la pandemia durante el 2020 (Informe de gobierno, 2021).

Durante el primer semestre de 2023, Costa Rica registró un total de 14.650 toneladas en exportaciones de plantas ornamentales a nivel mundial, valoradas en \$47,4 millones. La región de Occidente desempeña un papel significativo en estas exportaciones, ya que, entre 2018 y 2022, exportó un promedio anual de \$38,4 millones. Este valor proviene de los cantones de San Ramón, Palmares, Naranjo, Zarceros, Grecia, Sarchí, Atenas y Poás (Sol de Occidente, 2023).

Nematodos fitoparásitos

Los nematodos constituyen el grupo más abundante de animales multicelulares en la tierra y ocupan la mayoría de los hábitats (Talavera, 2003). Muchos de ellos son un problema grave en la agricultura ya que aproximadamente del 5 al 10% de todas las pérdidas de cultivos en el mundo se debe a la presencia de nematodos fitoparásitos (Mitiku, 2018).

El daño que causan estos patógenos puede ser significativo y variado y es el resultado del uso de una estructura llamada estile el cual es pieza bucal hipodérmica similar a una aguja. Con esta estructura logran perforar células vegetales e inyectar enzimas y hormonas que posteriormente degradan el contenido celular que es luego utilizado para alimentarse (Mitiku, 2018).

Como consecuencia de la alimentación de estos microorganismos las plantas comienzan a observarse enfermas, atrofiadas, cloróticas, marchitas y tienen el sistema radicular reducido y deformado. Finalmente, esta situación se traduce en rendimientos reducidos, muerte de las plantas y a una predisposición a infecciones secundarias por otros patógenos (Anwar y Van Gundy, 1989; Handoo, 1998; Phani et al., 2021).

La predisposición de las plantas al ataque de otros parásitos del suelo disminuye la calidad y la estética debido a las lesiones que pueden causar en la parte aérea o subterránea. El nivel de daño que causan los nematodos depende de una variedad de factores como: su densidad poblacional, la virulencia de las especies y la resistencia, es decir, la destreza que tenga la planta de reducir la población del nematodo o tolerancia, asociada a la habilidad de la planta de rendir una cosecha a pesar del ataque del nematodo. Otros factores que también contribuyen en la afectación de nematodos

son: el clima, disponibilidad de agua, condiciones edáficas, fertilidad del suelo y la presencia de otras enfermedades y plagas (Talavera, 2003).

Dentro de los nematodos de importancia en plantas ornamentales de follaje se encuentra *Ditylenchus dipsaci* que puede provocar en *Phlox* sp., tallos engrosados y quebradizos, además del acortamiento de los entrenudos, así como la reducción y el encrespamiento de la lámina de las hojas. Otras plantas ornamentales hospederas de este nematodo son *Campanula*, *Collomia*, *Dianthus*, *Gilia*, *Oenothera*, *Primula*, *Schizanthus*, *Solidago*, *Gypsophilia* (Southey, 1993).

Otro nematodo relevante es *Aphelenchoides* spp., conocido como el 'nematodo de la hoja' debido a que ataca las hojas y los brotes de las plantas vasculares. Algunas especies asociadas a plantas ornamentales de zonas templadas que causan un daño económico son *A. fragariae* y *A. ritzemabosi* (Richardson & Grewal 1993). Esta última especie, provoca malformaciones, daño a los botones florales y puntos de crecimiento en crisantemos. El nematodo entra a través de los estomas al mesófilo de la hoja y destruye el tejido durante su alimentación. Finalmente, aparece una necrosis en las hojas, como consecuencia de la alimentación del nematodo. Otras plantas como *Lavandula angustifolia*, *Viola odorata* (violeta), *Cornus canadensis* y especies de *Buddleia* también son atacadas y se pueden observar manchas intervenales y distorsiones sobre las hojas (Southey, 1993).

También está asociado a ornamentales el género *Meloidogyne*, del cual existen unas 100 especies descritas; sin embargo, cuatro de ellas, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*, son consideradas como las de mayor ocurrencia en el mundo (Elling, 2013). Este microorganismo provoca en las raíces agallas o nódulos que no permiten a la planta absorber agua y nutrientes para sus funciones vitales. Asimismo, se caracteriza por ser un nematodo polífago, capaz de parasitar la mayoría especies de plantas vasculares (Jones et al., 2013; Daramola et al., 2015), incluidas las ornamentales.

En Costa Rica, una investigación llevada a cabo por Solano y colaboradores entre 2011 y 2012, identificaron un total de cuatro especies de nematodos del género *Meloidogyne* asociadas a plantas ornamentales mediante la técnica de PCR-RFLP. En este estudio se reportó la presencia de *M. incognita* en *Abelia* sp., *Duranta* sp., y *Allium* sp. También, se determinó la ocurrencia de *M. javanica* en plantas de *Gardenia* sp. y *Calatea* sp; *Meloidogyne hapla* en plantas de *Rosa* sp. y finalmente, *M. hispanica* en *ficus pumila*. También se asoció como género en *Begonia* sp. e *Impatiens* sp. Este estudio constituyó el primer reporte taxonómico y molecular en nuestro país (Solano et al., 2015).

En el caso de *Helicotylenchus*, otro género de nematodo de importancia y conocido como el nematodo espiral, la especie *H. californicus* es importante en algunas especies de la familia Araceae, donde causa lesiones en las raíces y enanismo en las plantas (Ortuño & Marbán, 1994b). Es posible que este nematodo esté en sinergismo y se torne más severo el daño, cuando interacciona con *Fusarium oxysporum* en *Aglaonema commutatum* (Ortuño, 1993).

Asimismo, se han reportado poblaciones de *Aphelenchoides* spp., *Tylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Criconemoides* spp., *Crossonema* spp., *Hemicycliophora* spp., *Xiphinema* spp., *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp., estos dos últimos considerados los de mayor incidencia asociados frecuentemente como parásitos importantes de diversos cultivos agrícolas y ornamentales en Costa Rica (Esquivel y Peraza, 2010).

Entre los nematodos que más daños causan al sistema radicular en plantas ornamentales, se encuentran los del género *Pratylenchus*, del cual existen aproximadamente 103 especies descritas con una amplia gama de hospedadores (Qing et al., 2019; Handoo et al., 2020; Bucki et al., 2020; Powers et al., 2021). El diagnóstico de este nematodo en la mayoría de las ocasiones se torna difícil debido a las similitudes morfológicas y la superposición de caracteres morfométricos entre las especies (Doucet & Cagnolo, 1998).

La identificación de *Pratylenchus* se hace difícil debido a que es un género estenomórfico, es decir, las especies son morfológicamente parecidas, presentan pocas características diagnósticas y gran variabilidad intraespecífica (Hajieghrari et al., 2007). Sin embargo, es preciso efectuar su correcta identificación ya que el conocimiento de la especie o especies presentes en un área determinada permite predecir, desde antes de la siembra, el riesgo potencial que se ocasionaría al cultivo y además permite realizar medidas para su combate y evitar su diseminación (Al-Banna et al., 2004).

Pese a que en Costa Rica se ha determinado a *Pratylenchus* como uno de los géneros de nematodos fitoparásitos de importancia en diferentes cultivos (Guzmán et al., 2011), la identificación de especies se ha basado principalmente en estudios morfológicos y morfométricos, mientras que las investigaciones de identificación molecular son escasas (Humphreys et al., 2011; Zamora, 2016). En un estudio realizado por Sandoval (2015), identificó la especie *P. penetrans* en lirio y una población de *Pratylenchus* sp. en helecho hoja de cuero.

En cuanto a la ocurrencia de nematodos fitoparásitos en Costa Rica, se reportan las especies *Tylenchulus semipenetrans*, *Globodera pallida*, *Radopholus similis* (Esquivel & Peraza, 2010), *Xiphinema costaricense* (Lamberti & Tajan, 1974). Más recientemente se reportaron las especies

Longidorus laevicapitatus, (Peraza et al., 2016), *X. setariae*, *X. krugi* (Peraza et al., 2017b), *X. tica* n. sp. (Peraza et al., 2017a), *X. poasense* (Varela et al., 2018), *Xenocriconemella costaricense* (Peraza et al., 2024) entre otras. Todos estos nematodos al ser fitoparásitos podrían de alguna manera, ser potenciales plagas para especies de plantas ornamentales.

En nuestro país el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) en su documento: nematodos asociados a cultivos de Costa Rica, indica la presencia de algunos géneros de importancia identificados en plantas ornamentales (Tabla 2). Es fundamental revisar constantemente este estatus debido a la importación y exportación de diversas plantas ornamentales ya que podrían introducir nuevas especies cuarentenarias no reportadas en el país o transferir plagas de un sitio a otro (Fernández & Quesada, 2013).

Tabla 2

Algunas plantas ornamentales asociadas a los nematodos fitoparásitos según el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) y el Ministerio de Agricultura de Costa Rica (MAG).

Planta ornamental	Nematodo asociado
<i>Schefflera</i>	<i>Helicotylenchus</i> sp., <i>Meloidogyne</i> sp., <i>Paratylenchus</i> sp., <i>Rotylenchulus</i> sp.
<i>Aglaonema</i> sp.	<i>Criconemella</i> sp., <i>Helicotylenchus</i> sp., <i>Meloidogyne</i> sp, <i>Meloidogyne exigua</i> , <i>M. incognita</i> , <i>Pratylenchus</i> sp., <i>Rotylenchulus</i> sp., <i>Scutellonema</i> sp., <i>Xiphinema</i> sp.
<i>Begonia</i>	<i>Meloidogyne</i> sp., <i>Pratylenchus</i> sp.
<i>Ginger</i>	<i>M. incognita</i> , <i>Meloidogyne</i> sp.

Fuente: Fernández y Quesada, 2013.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

Se utilizó como criterio principal la importancia sociocultural, turística e histórica de los diferentes parques del cantón central de San José, para seleccionar los parques: Nacional, España y Morazán, ubicados en el distrito el Carmen, y el parque Solón Núñez Frutos en el distrito Hospital, con el fin de determinar la presencia y densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos asociados a especies ornamentales cultivadas en estos sitios (Figura1) (Tabla 3).

Tabla 3

Parques de estudio y sus principales características climáticas, 2023

Parque	Localización	Latitud/ Longitud	Altitud M.S.N.M.	Temperatura (Min/Max) °C	Precipitación (mm) anuales
Morazán	El Carmen, San José Calle 3 y avenida 7	9°57'4" N 84°4'31.08" O	1156	18 - 22	1500-2000
España	Avenida 3 y 5, calle 9	9°56'09"N 84°04'25" O			
Nacional	Avenida 1 y 3 Calles 15 y 19	9° 56' 05" N 84° 04' 15" O	1161	20	1800
Dr. Solón Núñez Frutos	Costado este del Ministerio de salud	9°55'55.27"N 84°5'8.09"O			

Fuente: IMN, 2022.

Debido a la alta concurrencia de nacionales y turistas, algunos de los parques del casco histórico metropolitano experimentaron una importante transformación desde finales del siglo XIX en el marco de los gobiernos liberales. Al ser un espacio público, los monumentos y la arquitectura son dispositivos para para ejercer el poder, pero esto a la vez hace que a estos elementos se le otorguen valores que hacen que sean considerados con valor patrimonial (Malavasi et al., 2023).

con la sostenibilidad y el disfrute estético de los espacios verdes institucionales. La lista de plantas ornamentales muestreadas se indica en el Tabla 4.

Tabla 4

Especies de plantas ornamentales seleccionadas en cada uno de los parques en estudio 2023

Parque muestreado	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
Morazán	Penta	<i>Pentas lanceolata</i>	Rubiaceae
	Pluma de indio	<i>Ctenanthe oppenheimiana</i>	Marantaceae
	Cinco negritos	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae
	Pringo de oro	<i>Duranta repens</i>	Verbenaceae
	Salvia roja	<i>Salvia splendens</i>	Lamiaceae
España	Ginger	<i>Alpina purpurata</i>	Zingiberaceae
	Millonaria	<i>Epipremnum aureum</i>	Araceae
	Café	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae
	Pincel blanco	<i>Liriope muscari</i>	Asparagaceae
	Costilla de adán	<i>Monstera deliciosa</i>	Araceae
Nacional	Hortensia	<i>Hydrangea macrophylla</i>	Hydrangeaceae
	Cheflera	<i>Schefflera arboricola</i>	Araliaceae
	Azalea	<i>Rhododendron simsii</i>	Ericaceae
	Calatea zebrina	<i>Calatea zebrina</i>	Marantaceae
	Lirio amarillo	<i>Neomarica Longifolia</i>	Iridoideae
	Begonia	<i>Begonia x hybrida dragon wing</i>	Begoniaceae
	Peperomia	<i>Peperomia obtusifolia</i>	Piperaceae
	Cosmos	<i>Cosmos bipinnatus</i>	Asteroideae
Dr. Solón Núñez Frutos	Petunia mexicana	<i>Ruellia simplex</i>	Acantaceae
	Falsa Roselle	<i>Hibiscus acetosella</i>	Malvaceae

Recolecta de las muestras de suelo y raíz

Para cada especie ornamental se recolectaron en 2023 dos muestras (suelo y raíz), en febrero (época seca) y en mayo (época lluviosa), para un total de 80 muestras (40 g. de suelo y 40 g. de raíz).

En el caso de las muestras de suelo, se tomaron de cada macizo floral, entendido como una agrupación de entre 40 a 120 plantas de la misma especie, agrupadas con fines paisajísticos.

De cada especie ornamental se tomó una submuestra de suelo de unos 10 a 15 puntos al azar con un barreno hasta completar una muestra de 1 kg a una profundidad entre los 20 a 25 cm.

En el caso de las muestras de raíz, se recolectaron con la ayuda de una pala hasta completar aproximadamente 50 g de cada planta ornamental. Las muestras fueron llevadas en un contenedor térmico (hielera) para evitar cambios repentinos de temperatura que pudieran alterar las condiciones del suelo y raíz. Luego, fueron procesadas en el laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional. UNA, Campus Omar Dengo, Heredia.

Extracción de nematodos

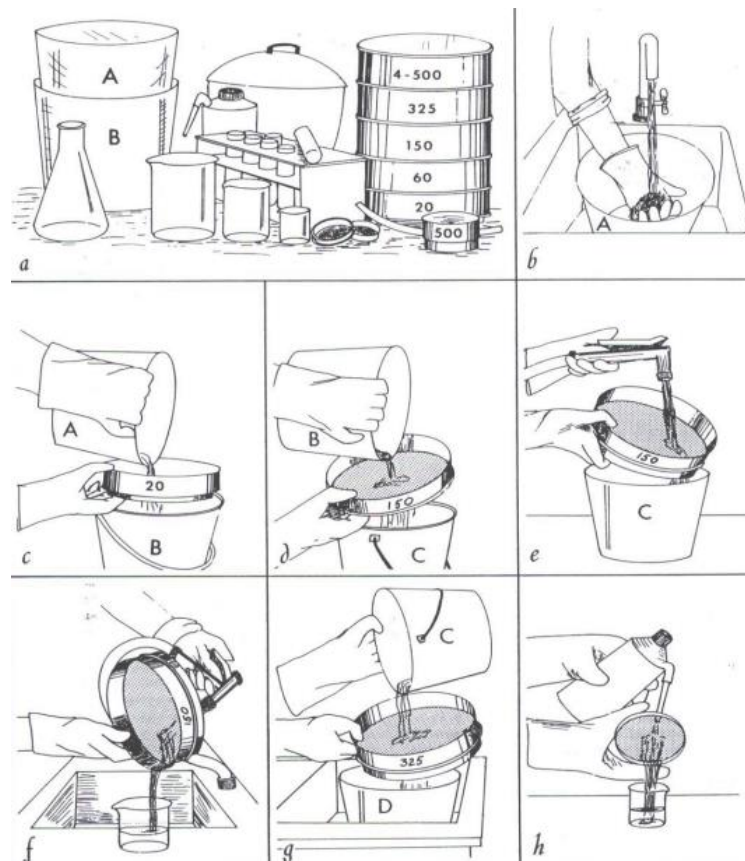
Las muestras de suelo se procesaron mediante el método de tamizado y centrifugación en solución azucarada (Caveness & Jensen, 1955). Se tomó una muestra de 100 gramos de suelo, se colocó en una cubeta y se lavó directamente a presión bajo un chorro de agua. La suspensión resultante se dejó reposar por 30 segundos y posteriormente, se decantó sobre un juego de tamices de 100 y 400 micras respectivamente.

El procedimiento se repitió una vez más con el suelo remanente en la cubeta. El suelo retenido en la criba de 400 micras fue transferido a un tubo de centrifuga de 50 ml con ayuda de una pizeta y se centrifugó durante 3 minutos a 3000 r.p.m. Se decantó cuidadosamente el sobrenadante, se agregó una solución de azúcar (con densidad de 1,18) la cual se agitó vigorosamente y se volvió a centrifugar durante 3 minutos más. El sobrenadante se hizo pasar por una criba de 500 micras y se lavó con suficiente agua para eliminar el exceso de solución azucarada adherida a los nematodos y con esto se evitó la plasmolización de los nematodos (Figura 2).

En el caso de las muestras de raíz, se utilizó la metodología indicada anteriormente con la diferencia de que se pesaron 10 g de raíz, los cuales se tamizaron y licuaron. Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento indicado para las muestras de suelo. Los nematodos recuperados se transfirieron a una caja de conteo donde se contabilizaron e identificaron a nivel de género.

Figura 2

Secuencia gráfica del proceso de centrifugación-flotación en solución azucarada utilizado para el procesamiento de muestras de suelo y raíz



Fuente: Girón, 2019.

Conteo e identificación morfológica

Los nematodos fitoparásitos se cuantificaron e identificaron a nivel de género mediante la observación de las características morfológicas, el uso de diferentes claves pictóricas (Mai & Lyon, 1975; Siddiqi, 1986) y la ayuda de un microscopio invertido OLYMPUS CKX41 a 20X. Además, en un microscopio Nikon 80i se tomaron microfotografías de los principales géneros de nematodos a 100X y posteriormente se editaron en el programa de edición Adobe Photoshop®. También, se determinó la abundancia total de nematodos en cada una de las muestras, mediante el conteo de individuos en 100 g de suelo y 10 g de raíz.

En el caso de los nematodos de vida libre (VL) los cuales pertenecen a los grupos bacteriófagos, micófagos, depredadores y omnívoros fueron también contabilizados ya que, a nivel

de la rizosfera, cumplen funciones importantes dentro de las cadenas tróficas del suelo al alimentarse de otros nematodos o bien de bacterias o materia en descomposición. Al comparar entre parques, las densidades poblacionales de nematodos de VL, se podrá tener una idea de cuál podría ser su función ecológica en cada sitio de estudio y cómo poder implementar medidas que aumenten sus poblaciones.

Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante el paquete informático INFOSTAT para caracterizar las poblaciones de nematodos y determinar la densidad poblacional media (DPM), el promedio de individuos en 10 g de raíz y en 100 g de suelo. La frecuencia de ocurrencia (FO) se calculó mediante la relación entre el número de individuos del género presente y el total de ejemplares de cada parque, multiplicada por 100 (Barker, 1985). De la lista de nematodos identificados, se seleccionaron los tres géneros más predominantes en función de su (FO) para cada parque, junto con los nematodos de vida libre (VL), tal como se muestra en la tabla de frecuencia de ocurrencia (Tabla 5).

Según el enunciado anterior, para el análisis de datos se empleó el 80% de las frecuencias acumuladas, utilizando los géneros individualmente, mientras que el resto de los individuos (20%), se analizó con una frecuencia acumulada menor y se clasificaron en un grupo denominado como "Otros" nematodos. Posteriormente, para establecer relaciones, se evaluaron tres variables categóricas: época del año (lluviosa y seca), lugar del muestreo (suelo y raíz) y la especie ornamental asociada.

Tabla 5

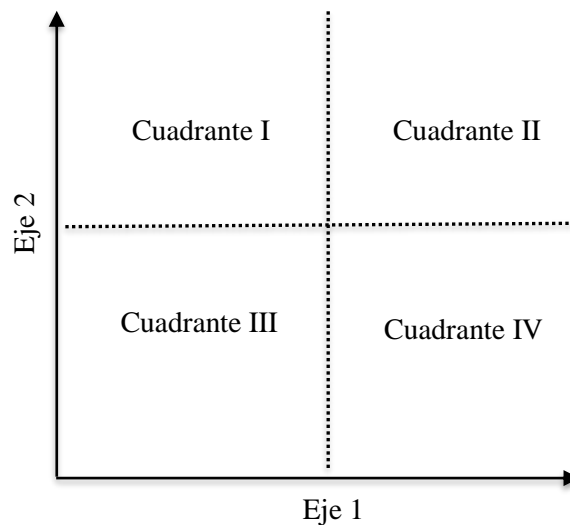
Frecuencia de aparición, época y lugar de muestreo de nematodos fitoparásitos y de vida libre (VL) en los parques en estudio

Nematodo	Total	Frec	Época		Lugar de muestreo	
			Seca	Lluviosa	Suelo	Raíz
Género 1						
Género 2				80,0%		
Género 3						
Género 4				20,0%		
Género 5				(Otros nematodos)		

El objetivo fue resumir los datos en un número reducido de dimensiones, minimizando la pérdida de información. Además, esta herramienta permitió evaluar la asociación entre categorías de columnas o filas para determinar si las modalidades podían ser combinadas mediante el uso de gráficos que facilitaron una visualización clara de la relación entre las variables estudiadas. Cada gráfico se dividió en cuadrantes para su interpretación, asignado los cuadrantes I y II en la parte superior y los cuadrantes III y IV en la parte inferior (Figura 3).

Figura 3

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada



Además, se crearon tablas de contingencia para establecer la relación entre estas variables anteriormente indicadas. También, se analizó el valor de P el cual osciló entre 0 y 1 y se determinó la significancia estadística de la hipótesis para aceptar o descartar el grado de asociación entre las variables. Un valor cercano a 0 implicaba falta de asociación, mientras que un valor próximo a 1 sugería una relación entre las variables analizadas, con el planteamiento de las dos hipótesis:

H0: Hipótesis nula $P \leq 0.05$ (No hay dependencia o relación entre las variables)

H1: Hipótesis alternativa $P \geq 0.05$ (Hay dependencia o relación entre las variables)

Asimismo, se realizó una revisión exhaustiva de literatura para comparar los resultados obtenidos en cuanto a diversidad de nematodos y los reportados en las mismas especies botánicas y familias de plantas ornamentales en otras latitudes. Además, con la observación visual de plantas y

lesiones en raíces como nódulos o necrosis de tejido, se determinó la relación directa de la densidad poblacional del nematodo con la planta ornamental.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 80 muestras (40 de suelo y 40 de raíz), recolectadas en las 20 especies de plantas ornamentales en los cuatro parques en estudio, se identificó un total de 26.206 nematodos en suelo y raíces; tanto fitoparásitos como de vida libre (VL). De este total, 11294 (43%) fueron hallados en 4000 g. de suelo y 14912 (57%) en 400 g. de raíces. Además, se observó una diferencia estacional significativa, con 11147 individuos (43%) contabilizados en época lluviosa versus 15059 (58%) en la época seca, es decir, una diferencia de 3912 individuos más en la época lluviosa.

En cuanto a los resultados obtenidos del sitio de muestreo, hubo una mayor cantidad de nematodos en las raíces con una diferencia de 3618 más que los hallados en el suelo, lo que indicó un mayor hábito alimenticio endoparásito en los géneros identificados.

Según la distribución de nematodos por parque de muestreo, el Parque Nacional presentó la mayor cantidad con 11276 nematodos en 1800 g. de suelo y 180 g de raíz (43%), seguido del Parque España con 5814 nematodos en 1000 g. de suelo y 100 g. de raíces (22%), el Parque Morazán con 5237 nematodos en 1000 g. de suelo y 100 g. de raíces (20%) y finalmente, el Parque Solón Núñez Frutos con 3879 nematodos en 400 g de suelo y 40 g. de raíces (15%). Se observó una correlación directa entre la cantidad de nematodos y la presencia de plantas ornamentales en los parques muestreados. En el Parque Nacional, donde se muestreó la mayor cantidad de plantas, también se registró como era de esperar, la mayor densidad poblacional de nematodos.

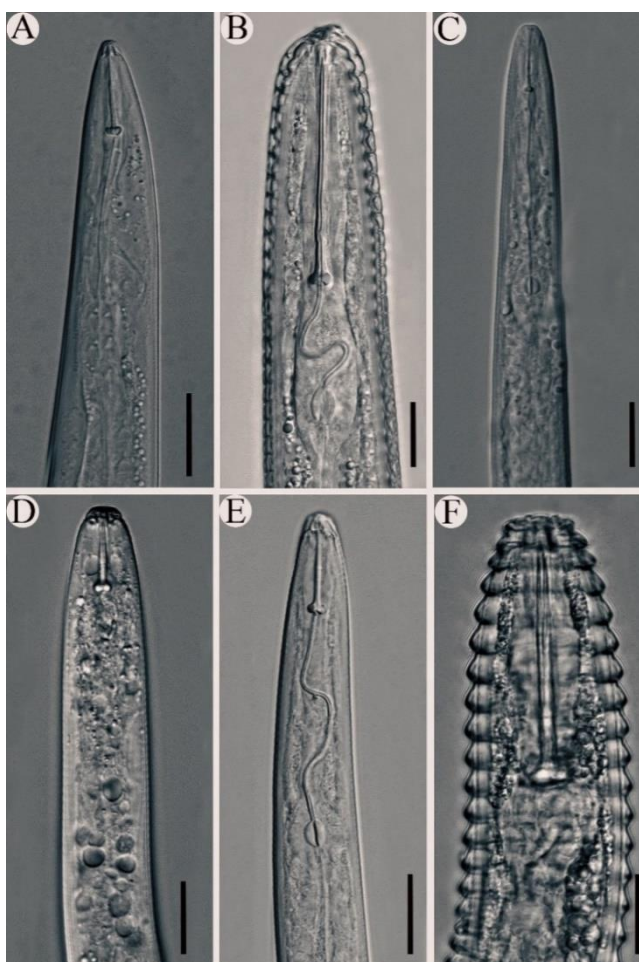
Los resultados sugieren que el tipo y la densidad de plantas, así como de las condiciones ambientales tales como humedad, aireación y temperatura del suelo, pueden influir en la población de nematodos (Figura 4). Esto resalta la complejidad de las interacciones entre estos microorganismos, los cuales pueden ser perjudiciales para las plantas, o benéficos como es el caso de los nematodos de vida libre (VL), de los cuáles hasta el momento, no se han realizado estudios en nuestro país, donde se determine su ocurrencia en plantas ornamentales.

Se constató que, *Meloidogyne* sp. fue el nematodo que más se contabilizó e identificó en los 4 parques en estudio y que su ocurrencia en todos ellos fue de alrededor un 50% a excepción del Parque Nacional, donde representó un 25%. *Meloidogyne* sp. al ser un endoparásito sedentario con

una amplia gama de plantas hospederas, desarrolla la mayor parte de su ciclo de vida en las raíces de las plantas. Cuando estas plantas son trasplantadas, actúan como una importante fuente de inóculo, lo cual podría explicar la alta frecuencia de individuos de este nematodo, convirtiéndolo en el más abundante en todos los parques muestreados asociados al sistema radicular.

Figura 4

Regiones anteriores de los principales nematodos fitoparásitos identificados en esta investigación. A. Helicotylenchus sp., B. Hemicycliophora sp., C. Meloidogyne sp., D. Pratylenchus sp., E. Rotylenchulus sp. F. Mesocriconema sp., (Escala: A, B, E y F: 20 μm, C: 20 μm y D: 15 μm)



Varios autores indican que, de las 100 especies de *Meloidogyne* descritas existen cuatro que constituyen las más dañinas, *M. incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949, *M. hapla* Chitwood, 1949, *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 y *M. arenaria* (Neal, 1889), Chitwood

1949 (Hussey and Janssen, 2002). De acuerdo con Sasser & Freckman, (1987), estas especies son las responsables de la mayoría de las enfermedades a nivel radicular ya que causan serios daños en el follaje de las plantas. La importancia de este género radica en su impacto económico debido a las pérdidas que origina en cultivos hortícolas y frutales (Flores, 2003), así como también en ornamentales (Ortuño & Oros, 2002; El-Sherbiny, 2011; Deimi et al., 2008; Bustamante & Carriel, 2017; Abebe et al., 2021). A nivel mundial, la producción de plantas ornamentales puede verse afectada por pérdidas del 11,1%, atribuibles al ataque de nematodos fitoparásitos (Sasser & Freckman, 1987). Este fitonematodo constituye uno de los principales factores limitantes en la producción de cultivos a nivel mundial y en países tropicales y subtropicales (Deimi et al., 2008; Brito et al., 2010; El-Sherbiny, 2011).

En investigaciones llevadas a cabo en nuestro país por Solano et al. (2015), identificaron mediante análisis morfométricos y la morfología del diseño perineal cuatro especies de *Meloidogyne* sp. asociadas a plantas ornamentales. Las especies caracterizadas fueron *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica* y por primera vez en Costa Rica, *M. hispanica* en plantas de *Ficus pumila* (ficus trepador o higuera trepadora), esta última es una especie de planta perteneciente al género *Ficus*, (familia Moraceae) y se utiliza por su capacidad para crecer rápidamente y cubrir áreas, así como por su atractivo follaje.

Otro nematodo de importancia que se identificó y contabilizó en densidades poblacionales considerables en los parques Nacional, Morazán y España fue *Helicotylenchus* sp. que al ser un ectoparásito, tanto los huevos como los juveniles permanecen en el suelo, lo que podría explicar la alta densidad en dicho entorno. Además, existe una gran posibilidad de que, además de los suelos infectados y sin tratamiento nematicida, las herramientas de trabajo, la maquinaria agrícola utilizada y el material de propagación vegetativa representen posibles fuentes de diseminación de este nematodo, convirtiéndolo en el segundo más numeroso en este estudio.

Este ectoparásito migratorio posee una amplia gama de hospederos y tiene una abundante distribución global (Decraemer & Hunt, 2006; Subbotin et al., 2015). Además, se estima que existen más de 220 especies reconocidas en todo el mundo (Uzma et al., 2015; Zameleh et al., 2020).

El primer reporte de una especie del género *Helicotylenchus* en Costa Rica fue realizado por Siddiqi & Pinochet (1979), quienes se basaron en criterios morfológicos y morfométricos. Ambos investigadores describieron la especie *H. stylocercus* en musáceas en Coto, Puntarenas. Posteriormente, Rodríguez (2020) reportó las especies *H. multincinctus* y *H. dihystra* mediante estudios taxonómicos y moleculares. La especie *H. multincinctus* se encontró en cultivos de banano en

Jicaral de Puntarenas, mientras que *H. dihystra* se halló en una plantación de uva en San José, en piña en Pital de San Carlos y en un cultivo orgánico de cítricos en Los Chiles, Alajuela.

Otros nematodos identificados en las muestras de suelo y raíz incluyeron los géneros *Rotylenchulus* sp. y *Hemicycliophora* sp., los cuales, al igual que los anteriormente mencionados, no habían sido identificados previamente en plantas ornamentales en nuestro país. Su presencia podría tener una relevancia agronómica significativa, ya que pueden afectar negativamente la salud y el crecimiento de estas plantas, al provocar enanismo y amarillamiento. Este último síntoma, se observó en las hojas, lo que corrobora lo señalado por Winoto (1988), quien encontró en muestras de suelo el nematodo *Rotylenchulus robustus* asociado a *Cheiranthus cheiri*, *Eschscholtzia californica* y *Matthiola incana*, con densidades de 1026, 1440 y 264 nematodos, respectivamente. Aunque no se trata de las mismas especies de plantas utilizadas en este estudio, es importante destacar que cualquier planta ornamental está expuesta a la ocurrencia de nematodos, como *Rotylenchulus* sp., cuyo hallazgo en este estudio, puede indicar una preferencia por este tipo de plantas las cuales podrían verse afectadas por su presencia.

Estos reportes sugieren que, aunque no se haya documentado éste y otros nematodos anteriormente en plantas ornamentales en Costa Rica, su ocurrencia podría ser de importancia agronómica significativa y provocar pérdidas económicas. Se observó que en el plantel de la sección de parques de la Municipalidad de San José, donde se reproducen y distribuyen las plantas ornamentales a otros parques, incluidos los cuatro en estudio, existen problemas de pérdidas asociadas a la presencia de estos nematodos fitoparásitos.

A continuación, se describe con detalle la ocurrencia y densidades poblacionales de nematodos por especie de planta ornamental muestreada en cada uno de los parques de acuerdo con la relación de las variables mencionadas:

Parque Nacional

Se identificaron un total de 11276 individuos por 1120 g. de suelo y raíces, que corresponden al 43% del total de especímenes encontrados en los parques en estudio, así como 17 géneros de nematodos en las ocho plantas ornamentales muestreadas: Hortensia, Cheflera, Azalea, Calatea Zebrina, Lirio Amarillo, Begonia, Peperomia, Cosmos (Figura 5).

Figura 5

Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Nacional. A. Lirio amarillo (Neomarica longifolia). B, E, H. Azaleas (Rhododendron simsii) C. Cheflera (Schefflera arboricola) D. Hortensia (Hydrangea macrophylla) F. Calatea zebrina (Calatea zebrina) G. Peperomia (Peperomia obtusifolia). Parque Nacional, 2023



En las muestras de suelo se contabilizaron un total de 5733 individuos (51%), del total de nematodos contabilizados en las muestras de suelo, mientras que en raíz 5543 individuos (49%), sin diferencia significativas en cantidad. La similitud entre la densidad poblacional de nematodos en suelo y en raíz sugiere que ambos hábitats podrían ser favorables para su desarrollo sin importar su hábito alimenticio endo, semi-endo y ectoparásitos, por lo cual, en ambas matrices en estudio, las

incidencias poblacionales son similares y la afectación que podrían estar sufriendo las plantas corresponde a nematodos de todos los tipos de alimentación.

De acuerdo con el lugar de muestreo, en suelo los nematodos más abundantes fueron *Hemicycliophora* sp. 1085 individuos (19%) y *Meloidogyne* sp. con 602 (11%); en raíz fueron *Meloidogyne* sp. 2268 individuos (41%) y *Helicotylenchus* sp. 2225 (40%). En el caso de los nematodos de vida libre (VL) se contabilizaron 1802 individuos (32%) en suelo y 844 (15%) en raíz (Tabla 6).

De acuerdo con la época en que se recolectaron las muestras, en la lluviosa se identificaron 4367 individuos (39%), mientras que en la seca fueron 6909 individuos, (61%). El nematodo más abundante durante la época lluviosa fue *Helicotylenchus* sp. con 1726 individuos (40%). En la época seca los más abundantes fueron *Meloidogyne* sp. 2492 individuos (36%), *Helicotylenchus* sp. 1006 (15%) y *Hemicycliophora* sp. 900 (13%). Además, se identificaron 1299 nematodos de vida libre (VL) en la época seca (19%) y 1347 (31%) en la época lluviosa (Tabla 6).

Los géneros en orden, de mayor frecuencia de ocurrencia (FO) fueron: *Meloidogyne* sp. (26%), *Helicotylenchus* sp. (24%), *Hemicycliophora* sp. (10%) y por último los nematodos de vida libre (VL) con un (24%). Con respecto a los nematodos que se incluyeron dentro de la categoría “Otros”, los más destacados en orden de aparición fueron *Rotylenchulus* sp. con 684 (6%) y *Mesocriconema* sp. con 532 (5%) (Tabla 6).

El resto de los nematodos se contabilizaron en densidades poblacionales inferiores a los 100 individuos por 100 g de suelo; sin embargo, es importante destacar la presencia *Trichodorus* sp. 61 individuos (1%) y *Xiphinema* sp. 2 individuos (0,01%) (Tabla 6). Estos dos géneros tienen importancia agronómica en otras partes del mundo ya que algunas especies, tienen la capacidad de transmitir virus a plantas (Brown, 2004), por lo que requiere estudios en nuestro país para corroborar esta afirmación.

Tabla 6

Frecuencia de ocurrencia acumulada (FO) de nematodos en el Parque Nacional según época y lugar de muestreo. 2023

Nematodo	Total	Frec*	Época		Lugar de muestreo	
			Seca	Lluviosa	Suelo	Raíz
<i>Meloidogyne</i> sp.	2870	26	2492 (36%)	378 (9%)	602 (11%)	2268 (41%)
<i>Helicotylenchus</i> sp.	2732	24	1006 (15%)	1726 (40%)	507 (9%)	2225 (40%)
V.L.	2646	24	1299 (19%)	1347 (31%)	1802 (32%)	844 (15%)
<i>Hemicycliophora</i> sp.	1109	10	900 (13%)	209 (5%)	1085 (19%)	24 (0,1%)
<i>Rotylenchulus</i> sp.	684	6				
<i>Mesocriconema</i> sp.	532	5				
<i>Tylenchus</i> sp.	196	2				
<i>Pratylenchus</i> sp.	150	1				
<i>Hemicriconemoides</i> sp.	85	1				
<i>Aphelenchus</i> sp.	74	1				
<i>Trichodorus</i> sp.	61	1				
<i>Aphelenchoides</i> sp.	35	0,1	1212 (17%)	707 (16%)	1737 (30%)	182 (3%)
<i>Criconema</i> sp.	27	0,1				
<i>Crossonema</i> sp.	26	0,1				
<i>Scutellonema</i> sp.	22	0,1				
<i>Ditylenchus</i> sp.	17	0,1				
<i>Criconemoides</i> sp.	8	0,1				
<i>Xiphinema</i> sp.	2	0,01				

*Frecuencia de ocurrencia redondeada

Aunque exista una diferencia significativa entre ambas épocas climáticas, este factor podría estar relacionado con la susceptibilidad al ataque de nematodos de las plantas ornamentales muestreadas. La mayoría de los nematodos fitoparásitos identificados están asociados con el sistema radicular y su hábito alimenticio, siendo principalmente endoparásitos. Un ejemplo es *Meloidogyne* sp., que tiene la capacidad de completar su ciclo de vida dentro de las raíces, lo cual le ofrece protección y representa una ventaja adaptativa.

En el parque Nacional, se determinó que predominan los nematodos con hábitos alimenticios endoparásitos y semiendoparásitos, los cuales suman un 81% de la Frecuencia de Ocurrencia (FO). Esto significa que los nematodos dependen de las plantas para alimentarse y sobrevivir hasta completar su ciclo de vida, lo que los convierte en una plaga significativa para estas especies ornamentales.

En cuanto a la época de muestreo, tanto *Meloidogyne* sp. como *Helicotylenchus* sp. fueron los dos principales géneros de nematodos fitoparásitos y mostraron una Frecuencia de Ocurrencia (FO) similar, del 51% durante la época seca y del 49% en la época lluviosa. Por lo tanto, no se puede concluir que alguna época del año beneficie o perjudique significativamente a estos individuos. Este hallazgo coincide con estudios llevados a cabo por Julca (2001), quien identificó una correlación positiva entre la humedad del suelo y las poblaciones de nematodos fitoparásitos.

El análisis estadístico para los géneros de nematodos en relación con el lugar de muestreo arrojó un valor de P de 0.0001, lo que indicó una relación significativa entre estos factores. Esto confirma la hipótesis de que la distribución de los nematodos depende del lugar de muestreo. En el caso de *Meloidogyne* sp. que se encontró en altas densidades en raíces, es consistente con su naturaleza endoparásita. El hallazgo y abundancia de *Helicotylenchus* sp. en el suelo, refleja adaptaciones ecológicas específicas a sus hábitats naturales. Estos resultados demuestran que las especies de nematodos no solo están presentes en estos lugares, sino que sus hábitos de vida influyen significativamente en su distribución y riqueza, lo que podría explicar las diferencias observadas en las cantidades encontradas en las raíces y el suelo.

Aunque existe una relación entre las variables lugar de muestreo y especie encontrada, no es extremadamente fuerte, esto reforzado por la similitud de los valores encontrados del Coeficiente de Cramer (0,45) y el de Pearson (0,54). Esto implica que, si bien el sitio de muestreo influye en la presencia y distribución de las especies de nematodos, pueden existir otros factores que también jueguen un papel importante en esta dinámica. Esta información respalda la idea de que tanto el hábitat preferido por cada especie como las características específicas del lugar de muestreo contribuyen a la variabilidad observada en las poblaciones de nematodos.

Al encontrarse densidades poblacionales elevadas de nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* sp., podrían provocar síntomas asociados con la disminución de la sanidad general de la planta, como la formación de agallas, enanismo, amarillamiento, así como la caída prematura de hojas y flores (Howland & Quintanilla, 2023). Dichas características fueron observadas en algunas especies de plantas ornamentales del Parque Nacional.

A pesar de la relación entre las variables de género y época de muestreo son significativos, el valor de P de 0.0001 reflejó una relación entre sí; esto sugiere que la distribución y abundancia de especies de nematodos dependen de la estación del año. Durante la estación lluviosa, las intensas precipitaciones pueden causar lixiviación del suelo, desplazando los nematodos a capas más profundas o incluso fuera del área de muestreo debido a la escorrentía. Además, las condiciones de

saturación del suelo en este período pueden crear un ambiente anaeróbico (con falta de oxígeno), que es desfavorable para muchos nematodos, reduciendo así su actividad y presencia en las capas superficiales del suelo. Estas dinámicas climáticas pueden explicar de alguna manera, la variabilidad en la población de nematodos observada entre estaciones.

Existe una baja relación entre las especies de nematodos encontradas y la estación climática puesto que los valores obtenidos para el Coeficiente de Cramer (0.28) y el Coeficiente de Pearson (0.37) así lo muestran.

Esta baja asociación puede estar influenciada por la práctica de riego en los macizos florales del parque, que se realiza de 2 a 3 veces por semana durante la época seca. Este riego regular genera condiciones de humedad que son algo similares a las de la época lluviosa, sugiriendo que la disponibilidad de agua se mantiene relativamente homogénea a lo largo del año. Esta homogeneidad en las condiciones de humedad durante todo el año podría disminuir las diferencias estacionales, aunque se observa que la presencia y actividad de los nematodos son mayores durante la época seca en comparación con la época lluviosa debido al riego permanente. Esto podría explicar la baja relación observada entre las especies y la época del muestreo.

Asimismo, las lluvias pueden dispersar los nematodos en un mayor volumen de suelo, disminuyendo la densidad de individuos por unidad de medida en las muestras recolectadas. También, los ciclos de vida y los patrones de actividad estacional de algunos nematodos podrían favorecer su proliferación en condiciones de humedad moderada a baja, típicas de la estación seca en ciertas regiones, lo que podría explicar la diferencia en conteo de 4367 nematodos en la época lluviosa vs 6909 en la época seca. Es importante destacar también que, tres de los cuatro parques incluido el parque Nacional, cuenta con sistema de riego permanente lo que favorece la disponibilidad de agua durante todo el año, incluida la época seca, lo que también podría explicar la mayor ocurrencia de estos fitonematodos.

Sobre este tema Decraemer & Hunt (2006) y Castillo & Vovlas (2017) indican qué, factores como la humedad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana también pueden influir en esta variación estacional; todos estos factores ecológicos ejercen una influencia significativa en los nematodos fitoparásitos y de vida libre (VL) asociados a los cultivos y otras plantas de interés como las ornamentales. Además, la interacción entre los nematodos y su medio ambiente es compleja y está influenciada por la composición química del suelo, la temperatura y la densidad de poblaciones de nematodos (Castillo & Vovlas, 2017).

Los nematodos fitoparásitos como *Criconemoides* sp., *Helicotylenchus* sp., *Hoplolaimus* sp., *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp. y *Xiphinema* sp., identificados en este parque, pueden alimentarse del contenido celular de las plantas infectadas causando daño significativo. El valor económico y el potencial de daño que estos nematodos podrían ocasionar en especies ornamentales y otros cultivos de relevancia agrícola han sido poco reconocidos en Costa Rica. Se requieren más investigaciones para determinar el impacto negativo de estos nematodos, la susceptibilidad de las plantas y las condiciones ambientales propicias para su infestación (Ashoub, 2010).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de distribución relativa, el cual consideró el género de nematodo fitoparásito en relación con la especie de planta ornamental asociada, permitió la segmentación e interpretación de patrones homogéneos, así como la identificación de relaciones entre los géneros de nematodos y las plantas estudiadas. En general, las plantas más susceptibles al ataque de nematodos sin tomar en cuenta la época del año o el tipo de muestra recolectada, fueron Begonia con 1818 *Meloidogyne* sp. (75%), Lirio Amarillo con 1773 *Helicotylenchus* sp. (70%) y finalmente, Cosmos con 1097 *Hemicycliophora* sp. (48%) (Tabla 7).

El género *Hemicycliophora* sp. al ser un nematodo ectoparásito tiene la capacidad de alimentarse de la parte externa del sistema radicular, a diferencia de *Meloidogyne* sp. Este último nematodo al ser endoparásito sedentario obligatorio necesita de un hospedero para establecerse internamente en las raíces, donde produce agallas características del género que evitan el intercambio de agua y sustancias para el crecimiento normal de las plantas.

En la época lluviosa y bajo las condiciones del trópico, se observó que el nematodo de mayor importancia en suelo según la especie de planta ornamental en este parque fue *Helicotylenchus* sp., ya que estuvo en diferentes densidades poblacionales, siendo las de mayor relevancia, según su ocurrencia, en Lirio Amarillo con 1773 individuos (70%), Peperomia 379 (45%) y Cheflera con 190 (31%). La abundancia de nematodos, especialmente en el Lirio Amarillo, podría estar relacionada con el crecimiento retrasado, enanismo y clorosis foliar observados en estas plantas. Además, durante la recolección de las muestras, se detectó en algunas plantas ornamentales una reducción del follaje y de la floración, síntomas que coinciden con las investigaciones realizadas por Román en 1984, quien reportó esas lesiones en las plantas afectadas por nematodos (Tabla 7).

En contraste, las plantas de Hortensia mostraron una baja presencia de los tres nematodos más importantes identificados, con 8 juveniles de *Meloidogyne* sp. (1%), 6 individuos de *Helicotylenchus* sp. (1%) y ningún individuo de *Hemicycliophora* sp. En el caso de la Azalea también mostró una baja

cantidad de nematodos, con 12 *Helicotylenchus* sp. (1%), 12 *Hemicycliophora* sp. (2%) y 87 *Meloidogyne* sp., lo que representó un 13% (Tabla 7).

Las diferencias en el número de nematodos entre una especie ornamental y otra podrían relacionarse con la resistencia natural innata de la planta por sus características genéticas o fisiológicas. Asimismo, existen muchas plantas vasculares que tienen la capacidad de liberar compuestos químicos a través de sus raíces que actúan como repelentes o disuadores para los nematodos. También existen algunas otras plantas que se caracterizan por su resistencia a plagas y enfermedades, incluidos los nematodos, lo que podría justificar su escasa presencia en algunas plantas ornamentales (Sigariova & Karplyk, 2015).

Tabla 7

Distribución relativa y porcentajes de nematodos identificados en las especies de plantas ornamentales del Parque Nacional. 2023

Nematodo	<i>Helicotylenchus</i> sp.		<i>Hemicycliophora</i> sp.		<i>Meloidogyne</i> sp.		Otros		VL		Total
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	
Lirio amarillo	1773	70	0	0	71	3	368	14	322	13	2534
Peperomia	379	45	0	0	95	11	48	6	316	38	838
Cheflera	190	17	0	0	72	6	186	17	669	60	1117
Calatea zebrina	187	31	0	0	28	5	147	24	238	40	600
Begonia	171	7	0	0	1818	75	50	2	397	16	2436
Cosmos	14	1	1097	48	691	30	115	5	365	16	2282
Azalea	12	2	12	2	87	13	359	56	174	27	644
Hortensia	6	1	0	0	8	0,9	646	78	165	20	825
Total	2732	24	1109	10	2870	25	1919	17	2646	23	11276

Asimismo, las poblaciones de nematodos también pueden variar en respuesta a las condiciones climáticas y estacionales. En general, las densidades de nematodos como se mencionó anteriormente tienden a aumentar durante la época lluviosa, ya que dependen de varios factores como la presencia de humedad en el suelo para su desplazamiento, y las raíces de las plantas como fuente de alimento; sin embargo, intensas precipitaciones pueden movilizar los nematodos o causar un ambiente anaeróbico que los podría afectar.

En una investigación realizada por Nath et al. (1998), se encontró que, bajo condiciones de sequía, las poblaciones de *Helicotylenchus multicinctus* lograron sobrevivir satisfactoriamente en el

suelo. Esta supervivencia puede atribuirse a que *H. multicinctus* puede entrar en un estado de anhidrobiosis, permitiéndoles conservar su viabilidad en condiciones de baja humedad. Además, algunas especies de nematodos poseen adaptaciones fisiológicas para resistir la desecación y utilizar la humedad residual del suelo para mantener sus funciones metabólicas. Esta capacidad de adaptación a condiciones adversas les permite tolerar y eventualmente colonizar nuevamente el suelo cuando las condiciones se vuelvan más favorables.

El género *Meloidogyne* sp., presente en el 25% del total de muestras analizadas en el Parque Nacional, es uno de los más importantes a nivel mundial en la mayoría de las plantas vasculares debido a las pérdidas económicas que ocasiona, las cuales en gran parte aún no han sido cuantificadas. Además, *Meloidogyne* sp. tiene una amplia gama de hospedantes que incluyen hortalizas, frutales, gramíneas, plantas forestales, ornamentales, entre otras (Brito et al., 2007; Elling, 2013).

Las especies de *Meloidogyne* de mayor importancia a nivel mundial son *incognita*, *arenaria*, *hapla* y *javanica*; no obstante, actualmente hay descritas más de 100 especies denominadas “menores” como, por ejemplo, *M. enterolobii* Yan y Eisenback 1983 y *M. mayaguensis* Rammah y Hirschmann, 1988 que causan grandes problemas en la agricultura y que también tienen la capacidad de parasitar plantas ornamentales (Brito et al., 2007; Elling, 2013).

Este grupo de nematodos se caracteriza por la formación de agallas radiculares, producto de un desarrollo celular anormal, lo que dificulta a las plantas obtener nutrientes y agua del suelo. Algunas deformaciones de la raíz producto de las agallas que provoca este género de nematodos, fueron observadas en plantas de Begonia con 1818 estadios juveniles de *Meloidogyne* sp. (75%) y Cosmos con 691 individuos (30%), respectivamente.

El grado de asociación significativa entre las variables, especie de nematodo y planta ornamental hospedera permitió la aceptación de la hipótesis alternativa ($P = 0.0001$). Con relación a esto, los coeficientes de Cramer (0.52) y de Pearson (0.76) indicaron una relación moderadamente alta entre estas dos variables. Esto resalta las complejas interacciones entre las plantas ornamentales y los nematodos, lo que indica que factores estacionales y características específicas de las plantas pueden influir en estas dinámicas.

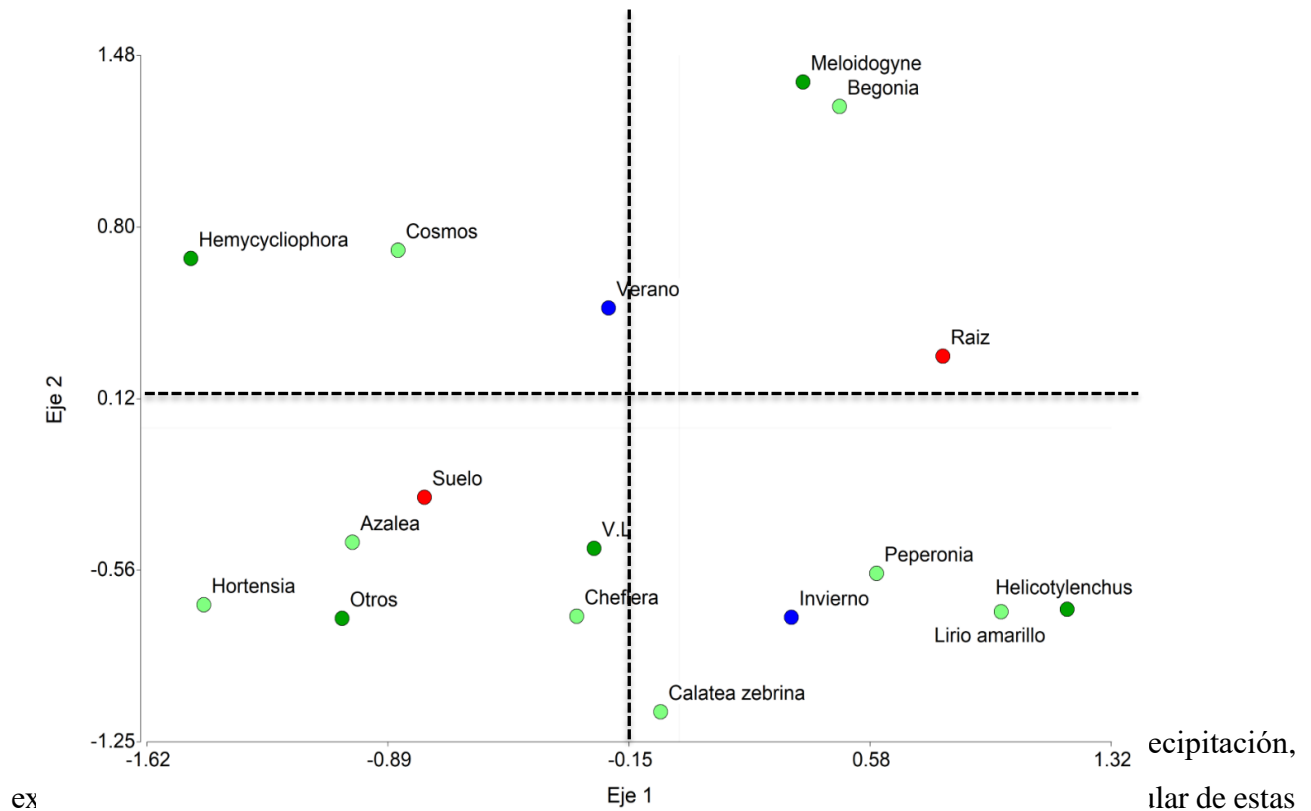
Este análisis proporciona una comprensión más detallada de las interacciones, lo que puede ser invaluable para desarrollar estrategias efectivas de manejo y cuidado de plantas ornamentales dentro de los parques. Se observó que en plantas de Begonia había 1,818 estadios juveniles de *Meloidogyne* sp. (75%) y en Cosmos se encontraron 691 individuos (30%), lo que demuestra el impacto significativo de estos nematodos en la salud de las plantas.

Existe una asociación entre las variables analizadas (lugar de muestreo, época del año y especie ornamental hospedera), se utilizó el análisis de correspondencias múltiples (ACM), para identificar los patrones y grados de asociación entre los cuadrantes previamente establecidos dependiendo a su ubicación en el espacio multidimensional. En el primer y segundo cuadrante, se observó la asociación en la época seca de las plantas ornamentales Cosmos con *Hemicycliophora* sp. y Begonia con *Meloidogyne* sp. Esta dinámica sugiere que, en condiciones secas, estas plantas pueden tener interacciones específicas con los nematodos, posiblemente en función de factores ambientales que afectan su desarrollo y prevalencia en el suelo, aunque tengan hábitos alimenticios diferentes ya que en el caso de *Meloidogyne* es un endoparásito sedentario y *Hemicycliophora* es un ectoparásito.

En el tercer cuadrante en suelo, se observó una relación entre las plantas de Azalea, Cheflera y Hortensia. Estas especies se caracterizan, quizás, por una mayor resistencia al ataque de nematodos, ya que se contabilizaron bajas poblaciones en su entorno. Sin embargo, en este mismo cuadrante se registró una mayor cantidad de nematodos del grupo de vida libre (VL) y del grupo “Otros” nematodos, donde se identificaron los géneros *Rotylenchulus* sp., *Mesocriconema* sp. y *Pratylenchus* sp. Este hallazgo indica que, si bien las plantas mencionadas pueden ser resistentes a ciertos nematodos, el ambiente del suelo puede favorecer a otras especies de nematodos de vida libre (VL) y ajustarse a sus condiciones. Finalmente, en el cuarto cuadrante, hubo un asocio en la época de invierno con las plantas de Calatea Zebrina, Lirio Amarillo y la Peperomia con el nematodo *Helicotylenchus* sp. (Figura 6).

Figura 6

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada. Parque Nacional, 2023



ornamentales. Finalmente, en el cuarto cuadrante, hubo un asocio en la época de invierno con las plantas de Calatea Zebrina, Lirio Amarillo y la Peperomia con el nematodo *Helicotylenchus* sp. Esta relación entre las plantas y este nematodo durante los meses de más lluvia explicaría las condiciones ideales para que este microorganismo se alimentara del sistema radicular de estas ornamentales.

Parque Morazán

En el parque Morazán se identificaron un total de 5237 (20%) individuos en 500 g de suelo y 200 g. de raíces. Se identificaron 18 géneros de nematodos en las plantas ornamentales muestreadas las cuales fueron: Penta, Pringo de Oro, Salvia Roja, Pluma de Indio y Lantana (Figura 7).

Figura 7

Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Morazán. A. Cinco negritos (*Lantana camara*), B. Pluma de indio (*Ctenanthe oppenheimiana*), C. Pringo de oro (*Duranta repens*), D. Salvia roja (*Salvia splendens*), E. Penta (*Pentas lanceolata*). Parque Morazán, 2023



Los nematodos en orden de mayor frecuencia de ocurrencia (FO) fueron *Meloidogyne* sp. (44%), nematodos de vida libre (VL) (34%) y *Helicotylenchus* sp. (7%). Con respecto al grupo de “Otros”, se contabilizaron los géneros *Tylenchus* sp. (6%), *Trichodorus* sp. (2%) (Tabla 7).

Según el lugar de muestreo, en suelo se contabilizaron 2879 individuos (36%) y los nematodos más abundantes fueron los nematodos de vida libre (VL) 989 individuos (53%), *Helicotylenchus* sp. 260 individuos (14%) y *Meloidogyne* sp. 96 juveniles (5%). En raíz se contabilizaron 3358 (64%) individuos y los más numerosos fueron *Meloidogyne* sp. con 2187 juveniles (65%), los nematodos de vida libre (VL) con 799 individuos (24%) y *Helicotylenchus* sp. con 108 individuos (3%) (Tabla 8).

De acuerdo con la época de recolección de las muestras, se identificaron un total de 1429 individuos (27%) en la estación lluviosa, mientras que en la estación seca se registraron 3808 individuos (73%). En ambas épocas, *Meloidogyne* sp. fue el nematodo más abundante, con 2215 juveniles (58%). Por otro lado, *Helicotylenchus* sp. se encontró principalmente en el suelo, pero tiene la capacidad de alimentarse como semiendoparásito, introduciendo parte de su cuerpo en las raíces o penetrando completamente el sistema radicular (Ocampo, 2019). En la época seca, *Meloidogyne* sp. continuó siendo el nematodo más abundante con 2215 individuos (58%), mientras que, en la época

lluviosa, *Helicotylenchus* sp. fue el más numeroso con 216 individuos (15%) seguido de *Meloidogyne* sp. con 68 individuos (5%).

Para las variables de género de nematodo versus época de muestreo si existió una relación estadísticamente significativa ($P = 0.0001$). El valor del coeficiente de Cramer fue de (0.34) y el de Pearson (0.44), lo que mostró que la relación entre estas dos variables fue débil. Este parque cuenta con un sistema de riego que se activa automáticamente durante la época de verano, funcionando tres veces por semana y sectorizando el riego en intervalos de 10 minutos por área. Durante la época de invierno la humedad aumenta, mientras que en verano se reduce drásticamente a pesar de los riegos programados.

En cuanto al nivel de asociación entre las variables género de nematodos y el sitio de muestreo se aceptó la hipótesis alternativa, ya que existió una relación estadísticamente significativa ($P=0.0001$) entre ellas. Comparando estos datos con las especies encontradas, *Meloidogyne* sp., fue el que predominó en las raíces de las plantas hospederas, mostró una cantidad alta en raíces, especialmente en la planta de Penta. La densidad poblacional alta de este nematodo fue consistente con las observaciones realizadas en campo, donde muchas de estas plantas presentaron principalmente enanismo y clorosis.

Esto permitió determinar el grado de susceptibilidad o por el contrario el grado de resistencia de diferentes especies ornamentales a la infestación por nematodos; en este contexto la planta Penta mostró la mayor susceptibilidad ya que se contabilizó un total de 1964 estadios juveniles de *Meloidogyne* sp., lo que representó un 72%. Adicionalmente, en la planta Pringo de Oro se identificaron 107 *Helicotylenchus* sp. (35%). Estos datos muestran que tanto la Penta como el Pringo de Oro, podrían particularmente ser vulnerables a estos nematodos fitoparásitos y tener implicaciones en su crecimiento y desarrollo. Aunque porcentualmente el género *Meloidogyne* sp., se encontró en Penta en un 95%, con respecto a un 5% de *Helicotylenchus* sp., en Pringo de Oro, estos valores podrían cambiar significativamente debido a condiciones ambientes favorables para *Helicotylenchus* sp., un sistema radicular saludable que proporcione alimento y otras prácticas de manejo agrícola.

Tabla 8

Frecuencia de ocurrencia (FO) acumulada de nematodos en el Parque Morazán según época y lugar de muestreo. 2023

Nematodos	Total	Frec	Época		Lugar de muestreo	
			Seca	lluviosa	Suelo	Raíz
<i>Meloidogyne</i> sp.	2283	44	2215 (58%)	68 (5,%)	96 (5%)	2187 (65%)
V.L	1788	34	985 (26%)	803 (56 %)	989 (53%)	799 (24%)
<i>Helicotylenchus</i> sp.	368	7	152 (4%)	216 (15%)	260 (14%)	108 (3%)
<i>Tylenchus</i> sp.	293	6				
<i>Trichodorus</i> sp.	111	2				
<i>Crossonema</i> sp.	107	2				
<i>Aphelenchus</i> sp.	83	2				
<i>Pratylenchus</i> sp.	77	2				
<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	28	1				
<i>Aphelenchoides</i> sp.	21	1				
<i>Hemicriconemoides</i> sp.	20	1				
<i>Hemicycliophora</i> sp.	14	0,1	456 (12,0%)	342 (24,0%)	534 (28,5%)	264 (8,0%)
<i>Mesocriconema</i> sp.	10	0,1				
<i>Criconema</i> sp.	10	0,1				
<i>Rotylenchulus</i> sp.	10	0,1				
<i>Aphelenchus</i> sp.	7	0,1				
<i>Xiphinema</i> sp.	5	0,1				
<i>Scutellonema</i> sp.	1	0,1				
<i>Ditylenchus</i> sp.	1	0,1				

Adicionalmente, se identificaron 985 de nematodos de vida libre (VL) (26%) en la época seca y 803 (56%) en la época lluviosa (Tabla 7). Como se indicó anteriormente, algunos nematodos benéficos pertenecientes a este grupo como los depredadores, ayudan a controlar los nematodos fitoparásitos. Otros de estos nematodos benéficos, contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, mejorando la fertilidad del suelo, el reciclaje de nutrientes y promueven el crecimiento saludable de las plantas. Además, los nematodos de VL mejoran la estructura del suelo, debido a sus funciones, lo cual es vital para el desarrollo radicular de las plantas (Gómez, 2010). Por estas razones las altas poblaciones de nematodos de vida libre, es benéfico debido a su diversidad de funciones como mejoradores de la salud y calidad del suelo en estos parques.

Los nematodos de vida libre (VL) indican la presencia de un nivel significativo de materia orgánica en el suelo, que proporciona alimento a la mayoría de estas especies, especialmente a los bacteriófagos. Esta relación sugiere una buena fertilidad del suelo, ya que una abundante materia

orgánica es fundamental para sustentar la vida microbiana y por ende, los nematodos que dependen de ella.

Sobre este tema, Castro y Sánchez (2022) destacan que los nematodos de vida libre (VL) son organismos de gran valor ecológico. La diversidad y el número de estos microorganismos contribuyen a la salud del ecosistema, ya que están involucrados en procesos como la descomposición de materia orgánica y la regulación de poblaciones de otros organismos del suelo. En estudios realizados por Azpilicueta et al. (2007) y Uribe et al. (2020), se enfatiza en la importancia de los nematodos de vida libre (VL) en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el equilibrio ecológico en ambientes terrestres. Por lo tanto, se puede inferir que la cantidad de materia orgánica, así como la actividad de la biota edáfica en el suelo del Parque Morazán, es muy activa, dado los valores encontrados de este grupo de nematodos.

La abundancia de nematodos de vida libre (VL) también está influenciada por factores como la textura y estructura del suelo, aireación, temperatura, precipitaciones, humedad, evaporación, conductividad, pH, material vegetal y topografía (Wallace, 1973). Estos nematodos tienden a ser especialmente más abundantes en áreas donde estas condiciones son favorables. Nehet y Blair (1997), encontraron que la temperatura también afecta su abundancia, así como la humedad, por lo tanto, estos dos factores pueden impedir que los nematodos persistan en el suelo ya que alteran la estructura edáfica según el cultivo. Como resultado, la diversidad de los nematodos en ecosistemas agrícolas tiende a ser menor que en ecosistemas naturales (Norton y Niblack, 1991).

Adicionalmente, algunos nematodos de vida libre (VL) cumplen un papel importante en el ciclo de los nutrientes, como reguladores de la fertilidad del suelo y control biológico de plagas y enfermedades (Achicanoy et al., 2012; Cabrales et al., 2015). Por lo tanto, se consideran como los responsables del 10 al 15% de la respiración edáfica (Gómez et al., 2011; Cabrales et al., 2015).

Dentro de la categoría de "Otros" nematodos, los géneros más destacados por su frecuencia de ocurrencia, según el número de individuos encontrados, fueron *Tylenchus* sp., con 293 (6%), *Trichodorus* sp. 111 (2%) y *Crossonema* sp. 107 (2%). Con porcentajes inferiores al 1% se identificaron los géneros *Tylenchorhynchus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Hemicycliophora* sp., *Mesocriconema* sp., *Criconema* sp., *Rotylenchulus* sp., *Aphelenchus* sp., *Xiphinema* sp (Tabla 8).

La importancia de *Xiphinema* sp. y *Trichodorus* sp. es notable, ya que, en otros países se han reportado algunas especies como transmisoras de virus que pueden afectar diversas plantas ornamentales, en particular, *Xiphinema* sp. es conocido por transmitir el NEPO virus, que tiene un

impacto en ornamentales como geranios, petunias y tulipanes, y los síntomas asociados a las infecciones virales incluyen manchas cloróticas, puntos necróticos, malformaciones en las flores y plantas debilitadas (Engelmann & Hamacher, 2008); sin embargo, en este estudio no se observó ninguno de estos síntomas en las plantas muestreadas.

Además, en Salvia Roja se registró una considerable cantidad de nematodos de vida libre (VL), con un total de 460 individuos, lo que representó el 57% de la población, así como 267 nematodos (33%) pertenecientes al grupo denominado “Otros” nematodos (Tabla 9). La alta abundancia de nematodos de vida libre (VL) indica la presencia de un entorno saludable en el suelo, donde los microorganismos juegan un papel fundamental en los procesos de descomposición y ciclado de nutrientes. Este equilibrio microbiano no solo asegura un adecuado reciclaje de nutrientes, sino que también genera condiciones óptimas para un mejor crecimiento de las plantas. Dentro de la sección de parques de la Municipalidad de San José, se utilizan enmiendas y abonos orgánicos que se mezclan con el suelo, lo cual propicia el aumento en las poblaciones de estos nematodos benéficos.

Es importante destacar que tanto *Meloidogyne* sp. como *Helicotylenchus* sp. poseen hábitos alimenticios endoparásitos, alimentándose dentro de los tejidos de las raíces absorbentes de las plantas. Sin embargo, *Helicotylenchus* sp. también puede actuar como ectoparásito, absorbiendo nutrientes del sistema radicular externamente, aumentando la complejidad a su interacción con las plantas. Estas características pueden influir en la severidad de la infestación y en la forma en que las plantas responden al daño causado por estos nematodos, lo que evidencia la necesidad de estrategias adecuadas de manejo para mitigar los efectos adversos en las especies ornamentales analizadas.

Tabla 9

Distribución relativa y porcentajes de nematodos identificados en las especies de plantas ornamentales del Parque Morazán. 2023

Nematodo Planta	<i>Helicotylenchus</i> sp.		<i>Meloidogyne</i> sp.		Otros		V.L		Total
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	
Penta	145	5	1964	72	146	5	454	17	2709
Pringo de oro	107	35	6	2	42	14	154	50	309
Salvia roja	61	7	33	4	267	33	460	57	821
Pluma de indio	46	7	10	1	194	28	433	63	683
Lantana	9	1	270	38	149	21	287	40	715
Total	368	7	2283	44	798	15	1788	34	5237

En la época seca y bajo las condiciones del trópico, se encontró que el nematodo de mayor importancia en raíz en este parque fue *Meloidogyne* sp. el cual se encontró en distintas densidades poblacionales siendo las más importantes las plantas de Penta y Lantana. Durante los muestreos realizados en campo, se observaron que estas plantas presentaban síntomas relacionados con menor crecimiento, clorosis, poca floración, marchitez; lo que coincidió con estudios realizados por Román en 1984 donde observó efectos similares. La ocurrencia de estos síntomas es más evidente en verano que en otras estaciones dado que los requerimientos de nutrición y agua son mayores (Ornat y Sorribas, 2008).

Las plantas que mostraron menor afectación por nematodos fueron Pluma de Indio y Salvia Roja. En el caso de la Pluma de Indio, se identificaron 10 individuos (1%) de *Meloidogyne* y 46 individuos (7%) de *Helicotylenchus* sp. Por otro lado, en las plantas de Salvia Roja se encontraron 33 individuos de *Meloidogyne* sp. (4%) y 61 de *Helicotylenchus* sp. (7%) (Tabla 9). Estos datos indican que ambas plantas podrían ser menos susceptibles a la infestación de nematodos, manteniendo poblaciones relativamente bajas en comparación con otras especies al momento del muestreo.

Al igual que en el Parque Nacional, el género *Meloidogyne* se destacó como el más abundante en este parque, con una frecuencia de ocurrencia del 44% del total de muestras analizadas. Sin embargo, en casos específicos como el de la Penta, tras la eliminación de plantas senescentes o enfermas, no se observaron nódulos en las raíces. Esto podría sugerir que esta planta presenta cierta tolerancia a este nematodo o exudar ciertos compuestos orgánicos que pueden disuadir a los nematodos, haciendo que las raíces les resulten poco atractivas.

Entre estos compuestos se encuentran los ácidos fenólicos, que poseen propiedades antimicrobianas y nematicidas. Los flavonoides también pueden estar presentes, actuando como repelentes para los nematodos. Además, algunos alcaloides exudados por las raíces tienen efectos tóxicos o disuasorios para estos organismos. Los terpenoides son otro grupo de compuestos conocidos por sus propiedades repelentes o tóxicas. Juntos, estos compuestos pueden otorgar a ciertas plantas una resistencia natural o una mayor tolerancia frente a las infestaciones de nematodos (Zárate-Martínez et al., 2021).

Con base en el análisis de correspondencias múltiples (ACM), se determinó que, en el primer cuadrante, hubo una asociación entre el Pringo de Oro y *Helicotylenchus* sp., con 107 individuos (35.0%) (Figura 8). En el segundo cuadrante, no se registró ninguna asociación significativa.

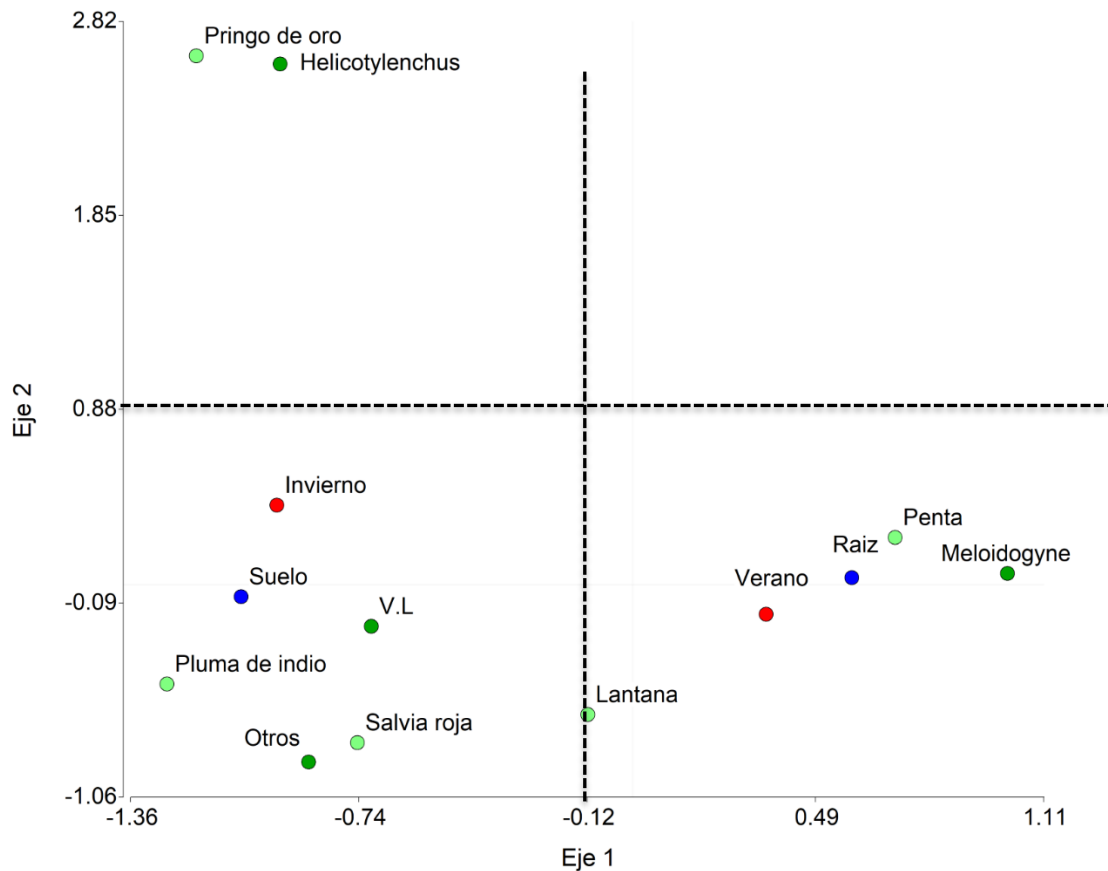
En el tercer cuadrante, durante la época lluviosa, se observó una asociación entre Pluma de Indio y los nematodos de vida libre (VL), con un total de 433 individuos (63%). Como se mencionó

anteriormente, densidades poblacionales altas de estos nematodos, ofrecen múltiples beneficios a la rizosfera del suelo, contribuyendo a la salud de este a través de procesos como la descomposición de materia orgánica y el ciclado de nutrientes. Además, se observó una asociación con el grupo denominado "Otros" nematodos, que incluyó 194 nematodos (28%).

Por último, en el cuarto cuadrante, durante la época seca, las plantas de Penta y Lantana mostraron una asociación con *Meloidogyne* sp., mientras que el Pringo de Oro con *Helicotylenchus* sp., que también registró 107 individuos (35%). Ambos nematodos presentan hábitos alimenticios endoparásitos, alimentándose entre los tejidos de las raíces; sin embargo, como se indicó, *Helicotylenchus* sp. también puede actuar como ectoparásito, consumiendo secciones externas de las raíces (Figura 8).

Figura 8

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada. Parque Morazán. 2023



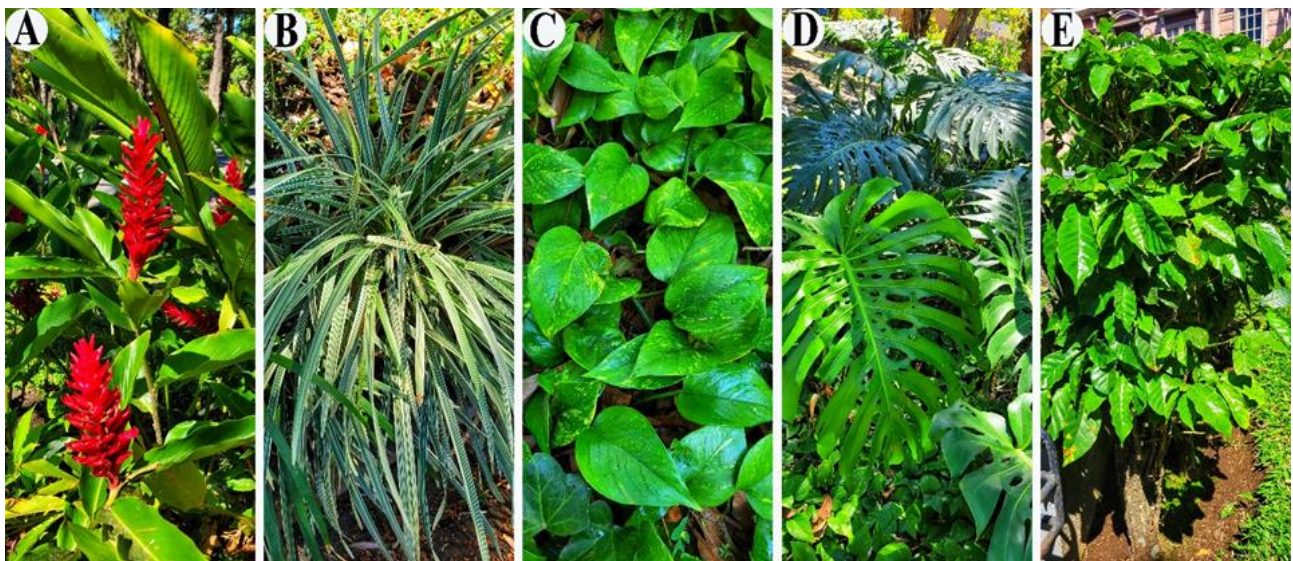
Tal como se ha señalado previamente, los daños causados por *Meloidogyne* sp. se manifiestan a través de síntomas típicos, como la formación de agallas en las raíces de las plantas afectadas. Esta condición impacta negativamente la absorción de agua y nutrientes, lo que provoca un retraso en el crecimiento de la planta, deficiencias nutricionales en las hojas, marchitez, amarillamiento y en casos severos, necrosis. Además, la floración puede verse reducida lo que resulta en una disminución en el número de frutos y flores. Estos efectos evidencian la importancia de llevar a cabo un manejo efectivo de nematodos para preservar la salud y productividad de las plantas ornamentales.

Parque España

En el parque España, se contabilizaron un total de 5814 individuos en 500 g. de suelo y 200 g. de raíces (22%) se identificaron 11 géneros de nematodos en las cinco plantas ornamentales: Millonaria, Ginger, Pincel Blanco, Costilla de Adán y Café (Figura 9).

Figura 9

Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque España. A. Ginger (Alpina purpurata), B. Pincel blanco (Liriope muscari) c. Millonaria (Epipremnum aureum) D. Costilla de adán (Monstera deliciosa). E. Café (Coffea arabica). Parque España, 2023



Los géneros en orden, de mayor frecuencia de ocurrencia (FO) fueron *Meloidogyne* sp. (50%), el grupo de los nematodos de vida libre (VL) (24%) y *Helicotylenchus* sp. (12%). Con respecto al grupo de “Otros” nematodos por orden de frecuencia se identificaron *Tylenchus* sp. (8%), *Ditylenchus* sp. (2%) y *Hemicriconemoides* sp. (2%) (Tabla 10).

En los muestreos realizados en suelo se encontraron 2063 individuos (36%) en 500 g. de suelo y 200 g. de raíz, y los nematodos más abundantes fueron los del grupo de vida libre (VL) con 746 (36%), *Helicotylenchus* sp. con 562 (27%) y *Meloidogyne* sp. 455 (22%), mientras que en raíz 3751 individuos (64,5%) donde los géneros más abundantes fueron: *Meloidogyne* sp. 2446 (65%), los del grupo de vida libre (VL) con 639 individuos (17%) y *Helicotylenchus* sp. con 118 (3%). En suelo los nematodos más abundantes fueron los del grupo de vida libre (VL) con 746 (36%), *Helicotylenchus* sp con 562 (27%) y *Meloidogyne* sp. con 455 (22%).

Los géneros *Helicotylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. son nematodos ampliamente asociados a plantas ornamentales en viveros y jardines alrededor de todo el mundo en densidades poblacionales altas (Benson and Barker, 1985; Hagan, 2005; Aseffa et al., 2018; Meressa et al., 2018). En el vivero de la sección de parques de la Municipalidad de San José, donde se reproducen las plantas ornamentales distribuidas a los diferentes parques del cantón central, se detectó un problema asociado con el uso de suelo no tratado previamente para el llenado de las bolsas de almácigo.

En algunas áreas del municipio, se llevan a cabo movimientos de tierra debido a la construcción de infraestructuras comerciales y residenciales. Una cuadrilla de trabajadores de la Sección de Parques es responsable de recolectar y trasladar este suelo al vivero municipal. Sin embargo, este suelo no se somete previamente a un análisis nematológico, ni se le aplica ningún tratamiento (térmico, químico, biológico, entre otros) para reducir las poblaciones de nematodos presentes. Cuando los empleados encargados de llenar las bolsas de almácigos utilizan este suelo directamente, facilitan el traslado de los nematodos los cuales se convierten en inóculo. Posteriormente, en la siembra final, estos nematodos son llevados a los parques, donde encuentran condiciones favorables para convertirse en un problema fitosanitario ya que las poblaciones tienen a aumentar y a causar pérdidas económicas al municipio.

Con respecto a las épocas de muestreo, en la estación lluviosa se identificaron 4259 individuos (73%), mientras que en la época seca 1555 individuos (27%). Los nematodos de vida libre (VL), se contabilizaron 532 individuos en el verano, lo que representó un 34% en este parque, en comparación con un total de 853 individuos (20%) durante el invierno.

Existe una relación significativa entre las variables género de nematodos y época de muestreo, por cuanto el valor de P fue de 0.0001, lo que permitió aceptar la hipótesis alternativa. Los coeficientes de Cramer (0.18) y Pearson (0.24) indicaron que el nivel de asociación entre estas características fue bajo.

Una peculiaridad de este parque es la presencia de numerosos árboles densos y de gran tamaño, lo que genera un ambiente con alta humedad. Esta condición podría explicar por qué este parque fue el único de todos los analizados que presentó la mayor cantidad de nematodos durante el invierno, en contraste con el verano.

Los nematodos fitoparásitos más abundantes en la época lluviosa fueron *Meloidogyne* sp. con 2375 individuos (56%) y *Helicotylenchus* sp. con 557 individuos (13%). Durante la época seca estos mismos géneros estuvieron presentes. En el caso del género *Meloidogyne* sp. se encontraron 526 individuos (34%), mientras que del género *Helicotylenchus* sp. 123 individuos lo que representó un 8% (Tabla 10).

Los nematodos de vida libre (VL) se contabilizaron en la época seca en 532 individuos (34%) y en la época de invierno 853 individuos para un 20%. De acuerdo con estudios llevados a cabo por Neher (2001), indica que la excreción de estos nematodos puede contribuir al hasta el 19% del nitrógeno soluble en el suelo y el cual puede ser utilizados por las plantas, sabiendo que es uno de los principales nutrientes y uno de los más limitantes en nuestros suelos, además que favorece la producción de follaje, el cual es uno de los propósitos de algunas plantas ornamentales presentes en los parques.

Según los conteos realizados de nematodos de vida libre (VL), la mayor abundancia obedece a nematodos bacteriófagos, los cuales cumplen una función importante en el suelo ya que controlan poblaciones de bacterias manteniendo un equilibrio microbiológico saludable. Además, estos nematodos al consumir bacterias liberan nutrientes en formas biodisponibles, que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas (Want et al., 2004).

Entre los nutrientes liberados por los nematodos bacteriófagos se encuentra el nitrógeno, disponible en formas de amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-), que las plantas pueden absorber fácilmente. Aunque menos común, también liberan potasio, que igualmente lo aprovechan las plantas. Además, los nematodos pueden liberar micronutrientes esenciales como zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo) al descomponer bacterias y otros microorganismos del suelo. Estos nutrientes son cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, contribuyendo a su salud y productividad (Jordana, 1996). Por consiguiente, según esta información, en los parques en que hay

mayor cantidad de nematodos de vida libre (VL), habría mayor cantidad de nutrientes esenciales para las plantas ornamentales.

En la asociación entre las variables de género de nematodos y el lugar de muestreo, se aceptó la hipótesis alternativa ya que si existió una relación significativa entre las variables analizadas ($P=0.0001$). El nematodo que predominó fue *Meloidogyne* sp., que, como se ha mencionado anteriormente, presenta hábitos alimenticios de endoparásito y permanece en diversas partes del sistema radicular de la planta donde se encontró en algunas de ellas en altas densidades.

Es importante señalar que el segundo nematodo con mayor frecuencia de ocurrencia fue *Helicotylenchus* sp., que se considera un ectoparásito, ya que permanece en el suelo durante la mayor parte de su ciclo de vida. Este nematodo puede causar trastornos fisiológicos en las plantas, lo que se traduce en una disminución de la conductancia estomática y otros parámetros relacionados con la relación agua-planta. En consecuencia, esto puede resultar en pérdidas tanto en la producción como en la floración (Julca et al., 2001). Por lo tanto, las altas densidades poblacionales de *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. podrían ejercer un efecto negativo en las funciones fisiológicas de las especies de plantas ornamentales del Parque España.

La presencia de ambos nematodos indica una infestación poliespecífica, lo que significa que ambos pueden afectar la salud de las plantas ornamentales, como se ha observado en varias especies durante este estudio. Esta co-ocurrencia puede provocar una serie de efectos adversos, incluyendo la reducción del crecimiento, marchitamiento, clorosis, interferencia en la absorción de nutrientes y alteraciones en la floración de las plantas. Estos impactos destacan la importancia de abordar la gestión y control de estas infestaciones para mantener la salud y vigor de las plantas ornamentales.

A pesar de que no existan datos en nuestro país que permitan conocer a partir de qué densidad de nematodos puede afectar una planta vascular, algunas investigaciones relacionadas con la disponibilidad de agua en el suelo y las cantidades de nematodos muestran una correlación positiva entre las poblaciones de nematodos y la humedad del suelo (Chávez. 2014). Esto destaca la necesidad de realizar estudios adicionales para determinar límites de tolerancia y umbrales económicos de nematodos en especies de plantas ornamentales y su relación con factores abióticos.

Tabla 10

Frecuencia de ocurrencia (FO) acumulada de nematodos en el Parque España según época y lugar de muestreo. 2023

Nematodos	Total	Frec	Época		Lugar de muestreo	
			Verano	Invierno	Suelo	Raíz
<i>Meloidogyne</i> sp.	2901	50	526 (34%)	2375 (56%)	455 (22%)	2446 (65%)
V.L	1385	24	532 (34,%)	853 (20%)	746 (36%)	639 (17%)
<i>Helicotylenchus</i> sp.	680	12	123 (8%)	557 (13%)	562 (27%)	118 (3%)
<i>Tylenchus</i> sp.	441	8				
<i>Ditylenchus</i> sp.	108	2				
<i>Hemicriconemoides</i> sp.	91	2				
<i>Aphelenchus</i> sp.	68	1				
<i>Aphelenchoides</i> sp.	57	1	374 (24%)	474 (11%)	300 (15%)	548 (15%)
<i>Trichodorus</i> sp.	49	1				
<i>Rotylenchulus</i> sp.	26	1				
<i>Scutellonema</i> sp.	4	0,1				
<i>Hemicycliophora</i> sp.	4	0,1				

En la categoría de “Otros” nematodos, se logró la identificación de *Tylenchus* sp. con 441 individuos (8%) y *Ditylenchus* sp. con 108 (2%). El restante número de nematodos de este grupo, *Scutellonema* sp. 4 individuos (0,1%), *Trichodorus* sp. 49 individuos (1%), *Hemicriconemoides* sp. 91 individuos (2%) y *Hemicycliophora* sp. 4 individuos (0,1%), se contabilizaron en densidades poblacionales inferiores a 100 individuos por 100 g de suelo. Esta cantidad podría no representar una amenaza inmediata para las plantas en el momento del muestreo, debido a la baja abundancia de individuos. No obstante, a largo plazo, podría convertirse en un problema, ya que el incremento en las poblaciones de estos nematodos podría comprometer el vigor y la salud de las plantas a medida que se desarrollan y proliferan en el sistema radicular (Tabla 10).

La asociación entre la variable de especie de planta muestreada y el género de nematodos asociados es estadísticamente significativa ($P=0.0001$), por lo cual se aceptó la hipótesis alternativa. Los coeficientes de Cramer (0.39) y de Pearson (0.62) indicaron un nivel de asociación medio-alto entre estas características, la especie más susceptible identificada fue la Costilla de Adán, con 2409 juveniles de *Meloidogyne* sp. (85%). Otras especies como la Millonaria y la Ginger mostraron 343 individuos (25%) y 203 individuos (32%) de *Helicotylenchus* sp., respectivamente. Según la densidad poblacional de nematodos encontrada, estas plantas podrían ser vulnerables a la infección o daño causado por los nematodos (Tabla 11). No obstante, también es importante considerar que estas plantas podrían funcionar como reservorios, al albergar nematodos sin mostrar síntomas evidentes de

daño. Esta capacidad de supervivencia y reproducción les permitiría la propagación posterior de los nematodos a otras plantas en el entorno.

Las fluctuaciones en la ocurrencia y las poblaciones de nematodos podrían deberse entre otros factores, a la variación de la planta hospedera, la interacción biótica con otros organismos y el tipo de suelo dependiendo de sus diferentes características fisicoquímicas (Yeates, 1982; Norton & Niblack, 1991). Adicionalmente, otros elementos que podrían estar relacionados con la composición de las poblaciones de nematodos encontradas en este estudio, podrían ser el pH del suelo, el nitrógeno total, el contenido de humus y las bases intercambiables (Popovici & Ciobanu, 2000). Todos estos factores abióticos ejercen influencia sobre la dinámica poblacional de los nematodos en el suelo principalmente.

La composición de organismos influye de gran manera en las propiedades físicas, incluyendo la textura, estructura y porosidad y la proporción de poros en el suelo (Pinto et al., 2024). Estos factores combinados podrían causar fluctuaciones en las densidades poblaciones halladas. Tal es el caso del Café y del Pincel Blanco, los cuales presentaron una ocurrencia de 2 *Helicotylenchus* sp. (1%) y 26 *Meloidogyne* sp. respectivamente (3%). Estos dos géneros podrían no afectar de manera directa en ese momento estas dos plantas; sin embargo, el monitoreo regular y la incorporación de análisis nematológicos al plan de manejo, son prácticas que permitirían realizar medidas correctivas a corto plazo y mantener bajas las poblaciones de nematodos fitoparásitos (Tabla 11).

Tabla 11

Distribución relativa y porcentajes de nematodos identificados en las especies de plantas ornamentales del Parque España. 2023

Nematodo	<i>Helicotylenchus</i> sp.		<i>Meloidogyne</i> sp.		Otros		V.L		Total
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	
Planta									
Millonaria	343	25	292	22	414	31	308	23	1357
Ginger	203	32	105	16	71	11	259	41	638
Pincel blanco	119	16	26	3	301	40	309	41	755
Costilla de adán	13	0.5	2409	85	53	2	356	13	2831
Café	2	1	69	30	9	3	153	66	233
Total	680	12	2901	49	848	15	1385	24	5814

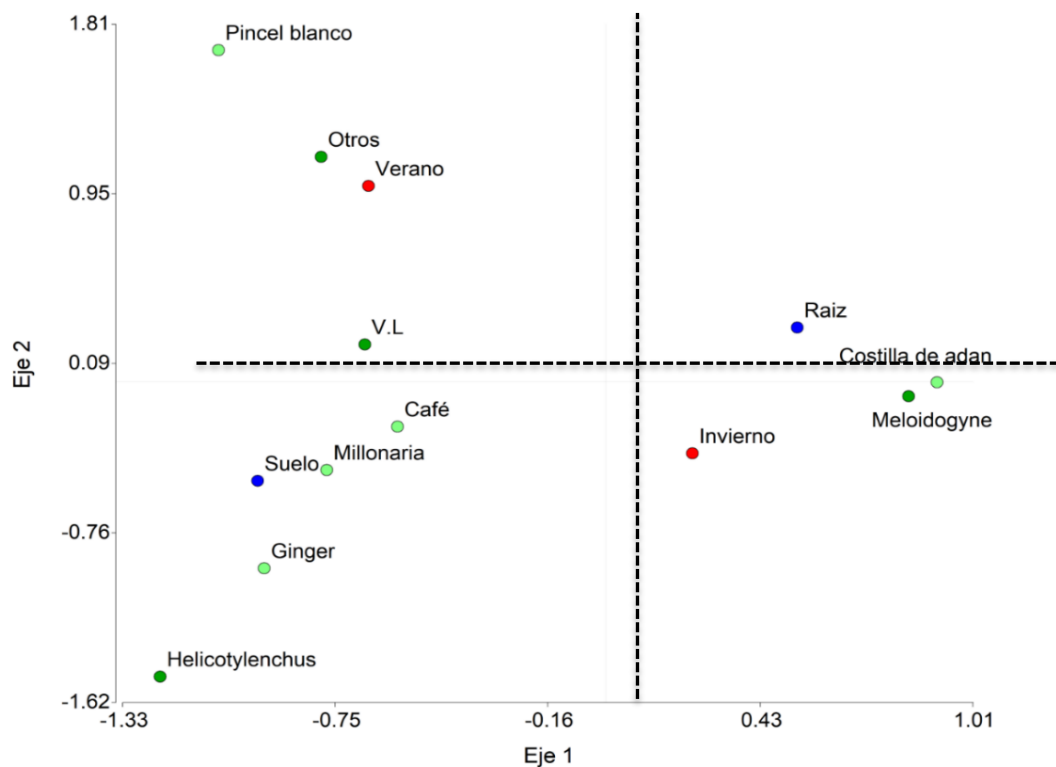
El análisis de correspondencias múltiples (ACM) permitió segmentar e identificar patrones homogéneos en relación con los géneros de nematodos fitoparásitos y la especie de planta ornamental asociada. Se observó que, en el primer cuadrante la especie ornamental Pincel Blanco durante la

época seca no presentó una alta densidad poblacional del grupo “Otros” nematodos, *Aphelenchus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Trichodorus* sp., *Rotylenchulus* sp., *Scutellonema* sp., y *Hemicycliophora* sp. (Figura 10). En el segundo y cuarto cuadrante se determinó que, durante la época lluviosa, las plantas ornamentales más susceptibles a nematodos fueron la Costilla de Adán, con 2409 *Meloidogyne* sp. (85,0%) y la Millonaria, con 343 *Helicotylenchus* sp. (25%) (Figura 10).

En el tercer cuadrante es importante señalar que, en el suelo indistintamente a la época del año, se encontró una relación significativa entre *Helicotylenchus* sp. y las plantas ornamentales Millonaria y Ginger lo que podría indicar que ambas plantas pueden ser susceptibles a este nematodo y ocasionar una afectación a estas especies ornamentales.

Figura 10

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada. Parque España. 2023



Parque Solón Núñez Frutos

En total, se identificaron 3,879 nematodos en 200 g. de suelo y 80 g. de raíces, lo que representó el 14.8% del total de nematodos del estudio, se registraron 10 géneros de nematodos presentes en las plantas de Falsa Roselle y Petunia Mexicana, las únicas dos especies ornamentales establecidas y muestreadas en este parque (Figura 11). De los cuatro parques muestreados, este fue el único que no tenía un sistema de riego.

Figura 11

Especies de plantas ornamentales muestreadas en el Parque Solón Núñez Frutos. A. Falsa Roselle (Hibiscus acetosella), B. Petunia Mexicana (Ruellia simplex). Parque Solón Núñez Frutos, 2023



El grado de asociación entre las especies de nematodos y la época de muestreo es estadísticamente significativa ($P=0.0001$) lo cual significa que, existe una relación significativa entre las variables. El recuento más alto de nematodos se registró durante la época seca. Dado que este parque carecía de un sistema de riego, el terreno se presentó árido y seco en esta estación.

La relación entre las variables de especie ornamental y género de nematodos mostraron un nivel de asociación medio-alto, los coeficientes de Cramer (0.53) y de Pearson (0.60) así lo indicaron,

con un comportamiento muy similar al de los otros parques. El género *Meloidogyne* sp. fue el nematodo que se contabilizó en mayor cantidad. Además, se encontró una cantidad significativa de *Rotylenchulus* sp. asociado principalmente con la planta ornamental Petunia Mexicana, lo que sugiere que esta planta podría actuar como hospedera o ser especialmente atractiva para estos nematodos. A pesar de esto, las plantas en el sitio no mostraron signos visibles de afectación, ya que se observaban vigorosas y en constante floración. De acuerdo con Robinson et al. (1997), existen al menos 314 especies de plantas que podrían actuar como hospedantes de nematodos reniformes, incluyendo algodón, caupí, soya, piña, té, varias hortalizas, malas hierbas y plantas ornamentales.

La relación existente entre las especies de plantas ornamentales y los géneros de nematodos identificados, indica que se debe aceptar la hipótesis alternativa (donde $P = 0.0001$).

Las características de rusticidad presentadas por la planta Petunia Mexicana son importantes a pesar de que alberga una gran cantidad de nematodos *Meloidogyne* sp en sus raíces; no obstante, las plantas en el parque Solón Nuñez se observaron vigorosas y en constante floración, la principal problemática son los daños mecánicos ocasionados por los habitantes de la calle que frecuentan el parque.

Estos nematodos fitoparásitos representan una amenaza significativa en las regiones tropicales y subtropicales debido a su amplia distribución. Por ejemplo, un estudio realizado en la India por Bhat y colaboradores encontraron que, de 50 especies de plantas ornamentales, 15 estaban infectadas con *Rotylenchulus reniformis*, incluyendo plantas de *Hibiscus rosa-sinensis*. Este estudio también reportó una alta infestación de *Meloidogyne* spp., identificada en 29 especies ornamentales, siendo más abundante en *Impatiens balsamina*. Los resultados concluyeron que existe una correlación directa entre el nivel de infestación y el número de hembras presentes en el sistema radical de las plantas (Bhat et al., 2014). La investigación subraya una clara asociación entre los fitonematodos altamente patógenos en la naturaleza y sus plantas hospederas

En cuanto a la ocurrencia de nematodos, se encontraron 2,787 individuos (72%) durante la época seca y 1,092 (28%) en la época lluviosa. Durante la época seca, los nematodos más abundantes fueron *Meloidogyne* sp., con 2,052 juveniles (74%), seguidos de los nematodos de vida libre (VL), con 487 individuos (18%). En la época lluviosa, se identificaron principalmente *Rotylenchulus* sp., con 439 individuos (40%), seguidos de los nematodos de vida libre (VL) con 198 (18.0%) y *Meloidogyne* sp. con 122 individuos (11%). Los géneros en orden de mayor frecuencia de ocurrencia (FO) fueron: *Meloidogyne* sp. (56%), los nematodos de vida libre (VL) (18%) y *Rotylenchulus* (15%).

Con relación al grupo de “Otros” nematodos, se destacaron en orden de ocurrencia *Tylenchus* sp. con 282 individuos (7%), *Aphelenchus* sp. con 77 (2%) y *Helicotylenchus* sp. con 36 (1%) (Tabla 12).

En el suelo se contabilizaron un total de 1619 individuos (42%), mientras que en la raíz 2260 individuos (58%). De acuerdo con el lugar de muestro, en el suelo los nematodos más abundantes fueron los de vida libre (VL) 571 (35%), *Rotylenchulus* sp. 490 (30%) y *Meloidogyne* sp. 182 (11%); mientras que en raíz fueron *Meloidogyne* sp. con 1992 estadios juveniles (88%), los nematodos de vida libre (VL) con 114 (5%) y *Rotylenchulus* sp. 75 (3%) (Tabla 12).

Tabla 12

Frecuencia de ocurrencia (FO) acumulada de nematodos en el Parque Solón Núñez Frutos según época y lugar de muestreo. 2023

Nematodos	Total	Frec	Época		Lugar de muestreo	
			Seca	Lluviosa	Suelo	Raíz
<i>Meloidogyne</i> sp.	2174	56	2052 (74%)	122 (11%)	182 (11%)	1992 (88%)
V.L	685	18	487 (18%)	198 (18%)	571 (35%)	114 (5%)
<i>Rotylenchulus</i> sp.	565	15	126 (5%)	439 (40%)	490 (30%)	75 (3%)
<i>Tylenchus</i> sp.	282	7				
<i>Aphelenchus</i> sp.	77	2				
<i>Helicotylenchus</i> sp.	36	1				
<i>Trichodorus</i> sp.	27	1	122 (4%)	333 (31%)	376 (23%)	79 (4%)
<i>Aphelenchoides</i> sp.	25	1				
<i>Ditylenchus</i> sp.	4	0,1				
<i>Crossonema</i> sp.	3	0,1				
<i>Aphelenchus</i> sp.	1	0,1				

Bhat et al. (2014) determinaron la presencia de *Rotylenchulus* y especies de *Meloidogyne* asociadas a algunas plantas ornamentales en la India. Aunque a nivel de especie fueron muestreadas otras plantas ornamentales, es importante mencionar que algunas pertenecían a familias como Malvaceae, Lamiaceae y Acanthaceae, incluidas en este estudio.

Dentro de la clasificación del grupo de los “Otros” nematodos los más destacados en importancia económica fueron *Helicotylenchus* sp. con 36 nematodos (0,93) y *Trichodorus* sp. 27 (0,70%). El resto de los nematodos se contabilizó en densidades poblacionales inferiores a 100 individuos por 100 g de suelo. Aunque su ocurrencia fue variable y menor a este límite, es importante realizar un monitoreo constante, ya que los datos provienen de muestras de suelo y raíz tomadas en un momento específico y pueden cambiar debido a alguna alteración abiótica.

A diferencia de los otros parques incluidos en este estudio, en este parque se realizaron muestreos exclusivamente en las especies de plantas ornamentales Falsa Roselle y Petunia Mexicana. Esto se debió a la falta de un sistema de riego, a diferencia de los otros tres parques que contaban con riego permanente y al hecho de que estas dos especies han estado plantadas en este parque durante mucho tiempo. Se ha observado que son capaces de tolerar bien la época de sequía en ausencia de un sistema de riego.

Se analizó la distribución relativa según el género de nematodo fitoparásito versus la especie de planta ornamental asociada, lo cual permitió la interpretación de patrones y relaciones entre los géneros de nematodos y las plantas muestreadas, siendo la Falsa Roselle la planta con una densidad poblacional de 1963 juveniles de *Meloidogyne* sp. (87%), lo que se podría interpretar como alta, pero sin una afectación evidente y visual durante los muestreos (Tabla 13).

Tabla 13

Distribución relativa y porcentajes de nematodos identificados en las especies plantas ornamentales del Parque Solón Núñez Frutos. 2023

Nematodo Planta	<i>Meloidogyne</i> sp.		Otros		<i>Rotylenchulus</i> sp.		V.L		Total
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	
Falsa Roselle	1963	87	99	4	2	0.1	191	8	2255
Petunia Mexicana	211	13	356	22	563	35	494	30	1624
Total	2174	56	455	12	565	15	685	18	3879

La planta Falsa Roselle pertenece a la familia de las Malváceas, esta familia de plantas es altamente susceptible al ataque de *Meloidogyne* spp. (Adegbite, 2005). El estudio encontró que varias especies del nematodo son patógenas para *Hibiscus cannabinus* L., mostrando susceptibilidad a *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. incógnita*. Esto concuerda con los altos conteos poblacionales del nematodo identificados a nivel de género en esta planta.

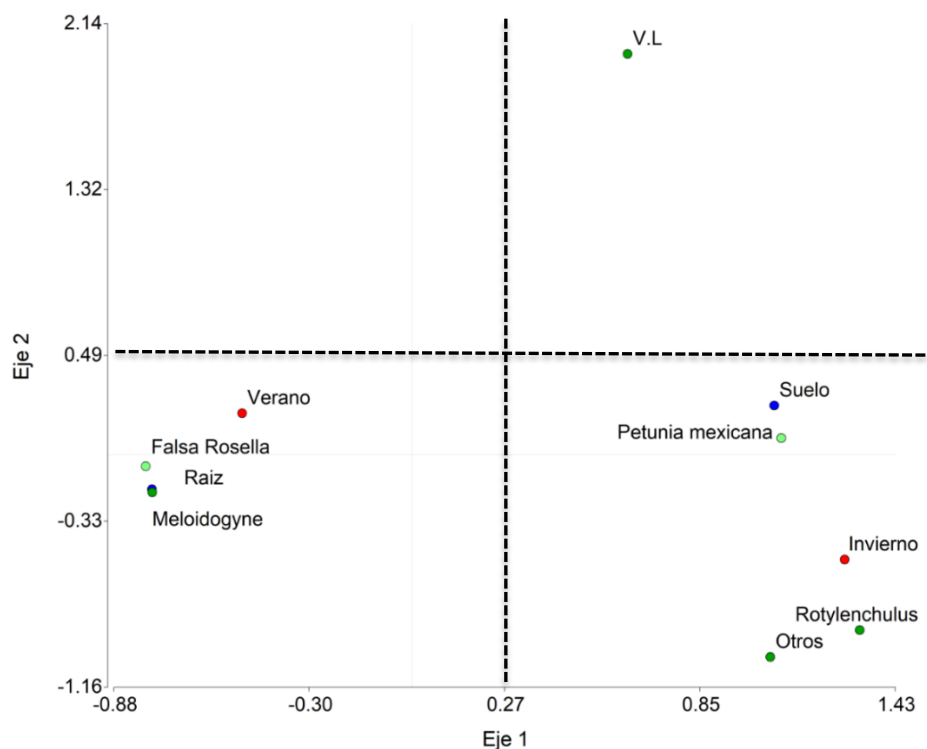
En el caso de Petunia Mexicana se identificaron gran cantidad de nematodos del género *Rotylenchulus* sp. con 563 individuos (35%). De acuerdo con un estudio realizado Bhat y colaboradores en 2014, determinaron que, de 50 plantas ornamentales estudiadas, 29 de ellas resultaron infectadas con *Meloidogyne* spp. y 15 de ellas con el nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformis*, lo que respalda los datos encontrados en este estudio principalmente en esta planta ornamental.

En Petunia Mexicana se contabilizó un total de 494 nematodos de vida libre (30,0%), lo que sugiere una alta densidad de nematodos benéficos. Aunque no hay un umbral definido para considerar un suelo saludable según el laboratorio de Nematología (LabNema), estudios de este laboratorio indican que poblaciones mayores a 200 individuos por 100 g de suelo podrían reflejar buenas prácticas agrícolas, como la incorporación de abonos orgánicos y hojarasca, que son descompuestos por microorganismos, incluidos los nematodos. Esta descomposición facilita el aprovechamiento de nutrientes por las plantas (W. Peraza, comunicación personal, 11 de marzo de 2024).

El estudio identificó dos grupos bien definidos en los cuadrantes III y IV. En el cuadrante III, durante la época seca, se observó una asociación entre *Meloidogyne* sp. y las raíces de la planta de Falsa Roselle, sugiriendo que podría ser una planta hospedera o atractiva para estos nematodos. A pesar de la falta de riego en campo, no se detectaron deterioros ni lesiones foliares que afectaran su desarrollo. La resistencia y capacidad de la Falsa Roselle para soportar condiciones extremas de sequía la hacen un caso de interés para investigar su comportamiento en tales situaciones. (Figura 12).

Figura 12

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) de la distribución de nematodos versus planta ornamental asociada. Parque Solón Núñez Frutos. 2023



Por otro lado, en el cuadrante IV, durante la época lluviosa, se observó una notable asociación del nematodo *Rotylenchulus* sp. con el suelo de la planta *Petunia Mexicana*. Estos nematodos tienen un ciclo de vida único, donde tras eclosionar del huevo en la etapa J₂, se desarrollan en hembras inmaduras en el suelo sin necesidad de alimentarse. Además, suelen reproducirse sin la presencia de machos (Shurtleff y Averre, 2000). Esta peculiaridad los convierte en nematodos muy exitosos en su desarrollo y reproducción, lo que podría explicar su capacidad de sobrevivir en condiciones de lluvias intensas o veranos extremos. En los cuadrantes I y II donde no se observó ninguna asociación (Figura 12).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los géneros *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. y *Hemicycliophora* sp. fueron identificados como problemas potenciales en la mayoría de las plantas ornamentales de los parques en estudio debido a su alta densidad poblacional.

Es importante realizar análisis nematológicos en suelos utilizados para la elaboración de almácigos; de esta manera, se evita que los nematodos fitoparásitos se conviertan en un inóculo y se previene su propagación a otros lugares. Esta práctica es crucial, ya que la presencia de nematodos podría influir directamente en el vigor de las plantas y provocar atrofia en los tejidos de las raíces.

Se sugiere desarrollar paquetes de manejo que incluyan la rotación de especies ornamentales resistentes a nematodos, la incorporación de materia orgánica para mejorar la salud del suelo y suprimir poblaciones de nematodos no benéficos. Además, es fundamental establecer prácticas de saneamiento que incluyan la limpieza de herramientas y equipos de cultivo, para prevenir la diseminación de nematodos del vivero a los parques.

Se recomienda el uso de nematicidas biológicos, como extractos de plantas o microorganismos, en lugar de productos químicos. Esta recomendación se basa en el conocimiento de que los productos químicos pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana y otros organismos no objetivos, además de contribuir a la contaminación ambiental. El uso de métodos biológicos no solo es más seguro para el ecosistema, sino que también promueve prácticas sostenibles en el manejo de plagas.

Se debe implementar un plan de monitoreo de nematodos, para contar con un registro de las densidades poblacionales de los principales nematodos en ornamentales y poder decidir la mejor

alternativa de combate de forma más precisa en aquellos casos específicos en que se determinen altas densidades poblacionales.

Es de suma importancia capacitar al personal técnico a cargo del manejo de estas plantas en prácticas que promuevan un manejo sostenible, prevengan enfermedades y plagas y aseguren el óptimo desarrollo y productividad de estas plantas ornamentales.

Se evidencia la necesidad de llevar a cabo estudios más detallados sobre la relación biológica entre la planta ornamental hospedera y la plaga. Estos estudios permitirán comprender mejor los mecanismos de interacción y desarrollar estrategias más efectivas para controlar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en la producción de plantas ornamentales.

7. LITERATURA CITADA

Abad, P., Favery, B., Rosso, M.N., and Castagnone-Sereno, P. (2003). Root-knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217-224. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00170.x>

Adl, M.S.; Gupta, V.S. (2006). Protists in soil ecology and forest nutrient cycling. *Canadian Journal of Forest Research*, 36:1805-1817. <https://doi.org/10.1139/x06-056>

Abebe W., Aseffa & Beira H. Meressa. (2021). Detection and molecular identification of some plant parasitic nematodes associated with ornamental plants from Jimma, Ethiopia. *Pest Management Journal of Ethiopia*, 24 (2):23-39. Doi: <https://doi.org/10.20372/pmjoe.2021.v24.n2.a2>

Achicanoy, J., Navia, J., Betancourth, C. 2012. Dinámica poblacional de nemátodos de vida libre en diferentes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2): 26-38.

Al-Banna, L., Ploeg, A., Williamson, V., & Kaloshian, I. (2004). Discrimination of six *Pratylenchus* species using PCR and species-specific primers. *Journal of Nematology*, 36:142-146.

Adegbite A., Agbaje G., Akande M., Amusa N., Adetumbi J. & Adeyeye O. (2005). Expression of Resistance to *Meloidogyne incognita* in Kenaf Cultivars (*Hibiscus cannibinus*) under Field Conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 1 (1):14-17.

- Anwar, S.A., & Van Gundy, S.D. (1989). Influence of four nematodes on root and shoot growth parameters in grape. *Journal of Nematology*, 21:276-283
- Ashoub A.H., (2010). Community analysis of plant-parasitic nematodes in North Sinai. Egypt. *J. Agronematology*, 9(2):91-102.
- Bae, Y.S.; Knudsen, G.R. (2001). Influence of a fungus-feeding nematode on growth and biocontrol efficacy of *Trichoderma metharzianum*. *Phytopathology*, 91, 301-306.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.3.301>
- Banco Mundial, (2022) Entendiendo a la pobreza, Tema: desarrollo urbano.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>.
- Barahona, L., Calderón, J., López, K., Tristán, A., & Varga, J.M. (2011). Estadísticas de Comercio Exterior de Costa Rica, 2010. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica), San José, CRC.
- Barker, K.R. (1985). Sampling nematode communities. Pp. 3-17 in K. R. Barker, C. C. Carter, and J. N. Sasser (eds.) *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Volume II: Methodology. Raleigh, NC, USA: North Carolina State University Graphics.
https://www.researchgate.net/publication/233800752_Techniques_for_measuring_nematode_development_and_egg_production
- Bhat, A.R., Khan, T.A. and Farooq, U. (2014) Occurrence of Root-Knot and Reniform Nematodes in Ornamental Plants Grown in Aligarh Muslim University Campus, India. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1885-1888. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513202>
- Bucki, P., Qing, X., Castillo, P., Gamliel, A., Dobrinin, S., Alon, T., & Braun, M.S. (2020). The genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) in Israel: From taxonomy to control practices. *Plants*, 9:1475. <https://doi.org/10.3390/plants9111475>
- Brito, J., J.D. Stanley, R. Kaur, R. Cetintas, M. Di Vito, J.A. Thies, and D.W. Dickson. (2007). Effects of the Mi-1, N and Tabasco genes on infection and reproduction of

Meloidogyne mayaguensis on tomato and pepper genotypes. *Journal of Nematology*, 39:327-332. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2586510/>

Brito, J., R. Kaur, R. Cetintas, J.D. Stanley, J.M. Mendes, T.O. Powers, and D.W. Dickson. (2010). *Meloidogyne* spp. Infecting ornamental plants in Florida. *Nematropica*, 40:87-103. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/64500>

Brito, J., T. Powers, P. Mullin, P. Inserra, and D.W. Dicksons. (2004). Morphological and molecular characterization of *Meloidogyne mayaguensis* isolates from Florida. *Journal of Nematology*, 36:232-240.

Bustamante, V., Carriel, M., (2017). Identificación de nematodos en plantas ornamentales en el área urbana-paisajística de la ciudad de Guayaquil. Vol. 18 Núm. 2. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v18i2.105>

Cabrales Herrera, E., Estrella Cantero, G.F., & Vásquez, E. (2015). Evaluación comparativa de poblaciones de nemátodos de tres pasturas en el Bajo Cauca-Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 65-71. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/19

Castro, N., & Sánchez, S. (2022). Nematodos de vida libre en suelos de relicto de bosque y cultivo de maíz en la Granja Agroecológica Minuto de Dios. [Tesis de Licenciatura]. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Villavicencio, Colombia. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/16206>

Castillo, P.; Vovlas, N. (2017) Plant-parasitic nematode management in coffee: The role of microbiome engineering. *Plant Soil*, 410: 401-418. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061653>

Caveness, F.E., & Jensen, H.J. (1955). Modification of the centrifugal Flotation Technique for the isolation and Concentration of the Nematodes and Their eggs from soil and Plant Tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 22:87-89.

Chavez, G. M. 2014. Densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos y de suelo en sistemas orgánicos y convencionales de café en asocio con banano en el Valle Central y Occidental

de Costa Rica. [Tesis Maestría]. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Repositorio del CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7122/Densidad_y_diversidad_de_nematodos_fitoparasitos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez, C., & Araya, M. (2014). Spatial-temporal distribution of plant-parasitic nematodes in banana (*Musa AAA*) plantations in Ecuador. *Journal of Applied of Biosciences*, 33:2057- 2069. <https://m.elewa.org/JABS/2010/33/7.pdf>

Chitwood, B.G. (1949). Root-knot nematodes – Part 1. A revision of the genus *Meloidogyne Goeldi*, 1887. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 16:90-104.

Daramola, F., Popoola, J., Eni, A., & Sulaiman, O. (2015). Characterization of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) Associated with *Abelmoschus esculentus*, *Celosia argentea* and *Corchorus olitorius*. *Asian Journal of Biological Sciences*, 8(1), 42-50.

Decraemer, W., Hunt, D.J. (2006). Structure and classification. In Plant Nematology; Perry, R.N., Moens, M., Eds.; CABI: Wallingford, UK; pp. 3-32. <https://doi.org/10.1079/9781845930561.000>

Deimi, A. M., Chitambar, J.J. and Maafi, Z.T. (2008). Nematodes associated with flowering ornamental plants in Mahallat, Iran. *Nematologia Mediterranea*, 36:115-123. <https://journals.flvc.org/nemamedi/article/view/86964/0>

Doucet, M. & Cagnolo, S. (1998). Variabilidad intra e inter – específica de caracteres morfo métricos en poblaciones del orden Tylenchida (Nematoda) provenientes de Argentina. *Nematología Mediterránea*, 26:231-236.

Elling, AA. (2013). Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103(11):1092-1102. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-01-13-0019-RVW>

El-Sherbiny, A. A. (2011). Phytoparasitic nematodes associated with ornamental shrubs, trees and palms in Saudi Arabia, including new host records. *Pakistan Journal of Nematology*, 29 (2):147-164. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20113272942>

- Esquivel, A., & Peraza, W. (2010). Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Escuela de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Nematología. Proyecto 23756. Universidad Nacional, Costa Rica. 83 p.
- Engelmann, J., and Hamacher, J. (2008). Plant virus diseases: Ornamental plants. Pp. 207-229 in 12 Plant-Parasitic Nematodes and their Effects on Ornamental Plants: A Review: Howland and Quintanilla B. W. J. Mahy, and M. H. V. Van Regenmortel, eds. Encyclopedia of virology. Cambridge: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00729-9>
- Fernández-Nava, R., Rendón-Correa, A., & Arreguín-Sánchez, M. de la L. (2008). Plantas con potencial uso ornamental del estado de Morelos. CONABIO. México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/ornamental>
- Fernández, O., & Quesada, A. (2013). Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Agronomía de Costa Rica (MAG). Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_027.pdf
- Flores, P. (2003). Diversidad y estructura genética de nemátodos del Género *Meloidogyne* [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España. Repositorio de la Universidad de Autónoma de Madrid. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/666449>
- Girón, E. (2019). Monitoreo de fitonematodos en varios cultivos de seis estados de México y control químico. [Tesis Licenciatura]. Universidad Autónoma de México, México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/105512>
- Grewal, P. (1990). The use of agar as a cover-glas support for mounting nematodos. *Review Nematology*, 13(1):121-122.
- Guzmán-Hernández, T.D.J., Hernández-Villalobos, S., Varela-Benavides, I., Durán-Mora, J., Montero-Carmona, W. (2011). Nematodos fitoparásitos asociados al arroz en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1):21-28. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v22n1/a03v22n1.pdf>

- Hajjegrari, B., Torabi-Giglou, M., & Waeyenberge, L. (2007). Comparative D2/D3 LSU-rDNA Sequence Study of Some Iranian *Pratylenchus loosi* Populations. *African Journal of Biotechnology*, 6(21). <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2389>
- Handoo, Z.A. (1998). Plant-parasitic nematodes. Nematology Laboratory, USDA-ARS, Beltsville, MD. <https://www.biobased.us/pdf/PLANTPARASITIC%20NEMATODES%20Zafar%20A.%20Handoo.pdf>
- Handoo, Z., Kantor, M. & Khan, E. (2020). Description of seven new species and one new record of plant-parasitic nematodes (Nematoda: *Tylenchida*) associated with economically important crops of Kashmir Valley, Jammu and Kashmir (Part-1 of the series). *Pakistan Journal of Nematology*, 38:110-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjn/2021/39.1.24.40>
- Howland, A. D., & Quintanilla, M. (2023). Plant-parasitic nematodes and their effects on ornamental plants: A review. *Journal of Nematology*, 55(1). <https://doi.org/10.2478/jofnem-2023-0007>
- Humphreys, D. A., Williamson, V. M., Salazar, L., Flores-Chaves, L., & Gómez-Alpizar, L. (2012). Presence of *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback (= *M. mayaguensis*) in guava and acerola from Costa Rica. *Nematology*, 14(2), 199-207. <https://doi.org/10.1163/138855411X584151>
- Hubin, O. I. (2013). Nematode diseases of flower and ornamental plants in the greenhouses and botanical gardens of Ukraine. Manuscript of the Candidate of Biological Sciences *Dissertation*, 1-190.
- Hussey, R. S., and Janssen, G. J. W. (2002). Root-knot nematodes. Pp. 43-70 In J. L. Starr, R. Cook, and J. Bridge, eds. *Plant resistance to parasitic nematodes*. New York: CABI Publishing.
- Hutton, D. G. (1978). Influence of rainfall on some plantain nematodes in Jamaica. *Nematropica*, 8:34-39.
- Ibrahim, I. K. A. (2011). *Nematode parasites of field crops: Pathology and Control*. Manshaat El-Maaref. Press, Alexandria (In Arabic). 250 pp.

- Informe gobierno de Costa Rica. (2021). Comunicados Julio 2021. <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2021/07/exportacion-de-plantas-ornamentales-crece-en-un-31-este-ano/>
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J E., Wesemael, W.M.L., & Perry, R N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9):946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Jordana, R. B. (1996). Ecología y aspectos funcionales de la biodiversidad en el suelo. Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Pamplona-Iruña, 1996.
- Julca, A. Gallego, E. Sánchez, J. Cordovilla, P. (2001). Agua y nematodos parásitos de las plantas. *Revista Horticultura*, Vol. 154. https://www.researchgate.net/publication/28275146_Agua_y_nematodos_parasitos_de_las_plantas/citation/download
- Kinloch RA, & Sprenkel RK. (1994). Nematodos fitoparásitos asociados con el algodón en Florida. *Journal of Nematology* 26: 749-752.
- Korayem, A.M., M.M.M. Bondok. (2013). Damage threshold of root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria* on peanut in relation to date of planting and irrigation system. *Canadian Journal of Plant Protection*, 1(3):115-122.
- Lamberti, F., & Tarjan, A.C. (1974). *Xiphinema costaricense* n. sp. (Longidoridae, Nematoda) a new species of dagger nematode from Costa Rica. *Nematología Mediterranea*, 2:1-11.
- Leszczyńska-Borys, H. (1990). Introducción a la horticultura ornamental. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Escuela de Fitotecnia. Puebla, México. 100 p.
- Mai, W.F. & Lyon, H.H. (1975). Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Ed. Comstock publishing associates a division of Cornell University Press, Ithaca, USA. 87-191 pp.

<https://www.worldcat.org/title/plant-parasitic-nematodes-a-pictorial-key-to-genera/oclc/32922073>.

- Malavassi-Aguilar, R. E., Chaverri-Flores, L., Mojica-Mendieta, F. J., & Acosta-Vargas, L. G. (2023). Historia, valores y significados del Parque Nacional, San José, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 36(9):67–81. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i9.6959>
- McSorley, R. & Parrado, J. L. (1986). Nematological reviews - *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: An international problem. *Nematropica*, 16:73-91. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/63876>
- Meyer, S.L., Chauhan, F.K.R., & MacDonald, M.H. (2016). Evaluation of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) leaf and pomegranate (*Punica granatum*) fruit rind for activity against *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 46:85-96. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/88210>
- Millan, E., Castilla E., & Millan, C. (2016). Artículo de investigación. Comunidades de nematodos de vida libre en el suelo y su correspondencia con la calidad. Universidad Surcolombiana. Colombia. Vol. 16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.25054/22161325.1282>
- Mitiku, M. (2018). Plant-parasitic nematodes and their management: A review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 8:34-42. <https://core.ac.uk/download/pdf/234662496.pdf>
- Mora, R.S., & Quirós, B.Y. (2018). Boletín Estadístico Agropecuario N°28 Serie Cronológica 2014-2017. SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria).
- Moens, M., Perry, R.N., & Starr, J.L. (2009). *Meloidogyne* species - A diverse group of novel and important plant parasites. *Root-Knot Nematodes*, 1:483.
- Morales, C. (2020). Origen, historia natural y usos de las plantas introducidas en Costa Rica. UNED. Artículo especial. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-42662020000200274&script=sci_arttext&tlng=es
- Nath, R. C., Mukherjee, B., & Dasgupta, M. K. (1998). Population behaviour of *Helicotylenchus multicinctus* in soil and roots of banana in Tripura, India. *Fundamental and Applied*

Nematology, 21(4):353-358. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/fan/010017607.pdf

Norton, D.C., & Niblack, T.L. (1991). Biology and ecology of nematodes. In: Nickle WR, editor. Manual of agricultural nematology. New York: Marcel Dekker; p. 47-72.

Ortuño, N., & Marbán, N. (1994b). Patogenicidad e histopatología de *Helicotylenchus californicus* en la ornamental *Aglaonema commutatum*. *Nematropica*, 24(2):85. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000094943/Description#holdings>

Ortuño, N., & Oros, R. (2002). Nematodos que atacan cultivos ornamentales. Manejo integrado de plagas y Agroecología. CR. No. 66. p. 76-81. <http://www.sidalc.net/repdoc/a2017e/a2017e.pdf>

Ornat, C., Sorribas, F.J. (2008). Integrated Management of root-knot Nematodes in Mediterranean Horticultural Crops (pp 295-319) En: Ciancia, A. y Mukerji, K.G. Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes. Primera edición. Springer. 389 p.

Ortuño, N. (1993). Patogenicidad e interacción de *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus californicus* y *Fusarium solani* en la planta ornamental *Aglaonema commutatum* var. María y alternativas de combate de nematodos. [Tesis de Maestría]. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 132 p. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6606/A2017e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orui, Y. (1999). Species identification of *Meloidogyne* spp. (Nematoda: Meloidogynidae) in Japan by Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD-PCR). *Japanese Journal of Nematology*, 29:7-15.

Palomares Rius, J., & Castillo, P. (2017). Root-lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) from Costa Rica with molecular identification of *P. gutierrezii* and *P. panamaensis* topotypes. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 973-998. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0884-z>

- Peraza, P. W., Orozco, O. M., Esquivel, H. A. (2014). Evaluación in vitro de hongos nematófagos en zonas arroceras de Costa Rica contra el nematodo agallador *Meloidogyne javanica*. *Agronomía costarricense*, 38(2):19-32. <https://doi.org/10.15517/rac.v38i2.17271>
- Peraza Padilla, W., Artavia Carmona R., Arboleda Julio, E., Rodriguez R., & Orozco- Cayasso S. (2020). Plant-parasitic nematodes associated with plantain (*Musa paradisiaca*) in Talamanca, Limón, Costa Rica. *Nematropica*, 50:151-159. <https://journals.flvc.org/nematropica/issue/view/5850/209>
- Peraza, P. W., Zamora, A. T., A.Y. Archidona, C. N. Cantalapiedra, G. Liébanas & Juan E. Palomares-Rius & Pablo Castillo. (2016). Root-lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) from Costa Rica with molecular identification of *P. gutierrezii* and *P. panamaensis* topotypes. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 973-998. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0884-z>
- Peraza-Padilla, W., Aráuz-Badilla, J., Cantalapiedra-Navarrete, C., Palomares-Rius, JE., Archidona-Yuste, A and Castillo, P. (2024). A new ring nematode, *Xenocriconemella costaricense* sp. nov., (Nematoda: Criconematidae) from Costa Rica. *Journal of Helminthology*, 98, e39, 1-11. <https://doi.org/10.1017/S0022149X24000294>
- Phani, V., Khan, M. R., & Dutta, T. K. (2021). Plant-parasitic nematodes as a potential threat to protected agriculture: Current status and management options. *Crop Protection*, 144:105573.
- Pinto, A.G.; Kos, T.; Puškarić, J.; Vrandečić, K.; Benković-Lačić, T.; Brmež, M. 2024. Soil Ecosystem Functioning through Interactions of Nematodes and Fungi *Trichoderma* sp. *Sustainability*, 16, 2885. <https://doi.org/10.3390/su16072885>
- Poveda, J.; Abril-Urias, P.; Escobar, C. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance. *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00992>
- Powers, T., Todd, T., Harris, T., Higgins, R. Macguidwin, A., Mullin, P., Ozbayrak, M., Powers, K. & Sakai, K. (2021). *Pratylenchus smoliki*, a new nematode species (Pratylenchidae: Tylenchomorpha) from the Great Plains region of North America. *Journal of Nematology*, 53: 1-23. DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-100>

- PROCOMER. (2021). Caracterización del mercado de plantas ornamentales en Canadá. Dirección de inteligencia comercial. Por Joseph Godínez Hidalgo. Agosto 2021. <http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/D64DB80C-C24A-4467-85E0-E19B9BAAA5B4.pdf>
- Popovici, I., & Ciobanu, M. (2000). Diversity and distribution of nematode communities in grasslands from Romania in relation to vegetation and soil characteristics. *Applied Soil Ecology*, 14:27-36.
- Qing, X., Bert, W., Gamliel, A., Bucki, P., Duvrinin, S., Alon, T. & Braun Miyara, S. (2019). Phylogeography and molecular species delimitation of *Pratylenchus capsici* n. sp., a new root lesion nematode in Israel on pepper (*Capsicum annuum*). *Phytopathology*, 109: 847-858. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-18-0324-R>
- Quénéhervé, P. (2009). Integrated management of banana nematodes. En Ciancio, A., Mukerji, K.G. Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes (pp. 1-61). Springer Science+Business Media
- Rivera, G. (1999). Enfermedades más comunes en los cultivos de Costa Rica. Preparación de textos sobre enfermedades de los cultivos de Costa Rica. EUNED. P.: 37-38. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000171427>
- Richardson, P.N., & Grewal, P.S. (1993). Nematode pest of glasshouse crops and mushrooms. In: K. Evans, D.L. Trudgill et al., editors, Plant parasitic nematodes temperate agriculture. CAB International, Cambridge, GBR. p. 501-544.
- Robinson, A.F., Inserra, R.N., Caswell-Chen, E.P., Vovlas, N., Troccoli, A. (1997). Especies de *Rotylenchulus* : identificación, distribución, rangos de hospedantes y resistencia de las plantas cultivadas. *Nematropica*, 27: 127-180.
- Román, J. (1984). *Fitonematología tropical*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Estación Experimental Agrícola. 256 p.

- Rodríguez, M. (2020). Identificación morfológica, morfométrica y molecular de especies de *Helicotylenchus* (Tylenchida: Hoplolaimidae) asociadas a seis cultivos en Costa Rica. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica. 8-15 p.
- Sandoval, R. (2015). Determinación molecular de especies de *Pratylenchus* asociadas a cultivos agrícolas de Costa Rica. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Costa Rica. San Pedro, Costa Rica.
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3891/39007.pdf?sequence=1>
- Sasser, J.N. and Freckman, D.W. (1987). A world prospective in Nematology: The role of Society. In: *Vistae on Nematology* Eds. Veech, J.A. and Dickson, D.W. Society of Nematologists Inc. Hyattsville, M.O. pp. 7-14. <https://doi.org/10.12691/wjar-2-1-1>
- Siddiqi, M., y Pinochet, J. (1979). *Helicotylenchus stylocercus* n. sp. and *Rotylenchus phaliurus* n. sp. (Nematoda: Hoplolaimidae) from Costa Rica. *Journal of Nematology*, 11(4): 333-338.
- Sigariova, D.D., & Karplyk V.G. (2015). Parasitic nematodes in flowering and ornamental plants: effect of the parasites on the plants and response of the plants to the presence of nematodes. D. D. *Vestnik zoologii*, 49(2):427-432. DOI: [10.1515/vzoo-2015-0049](https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0049)
- Shurtleff, M., & Averre, C. (2000). Diagnosing plant diseases caused by nematodes. The American Phytopathological Society. 187 p. [doi:10.1017/S0021859602252429](https://doi.org/10.1017/S0021859602252429)
- Sol de Occidente. (2023). PROCOMER impulsa las exportaciones de plantas ornamentales de la región Occidente. Periódico digital. Recuperado de:
<https://elsoldeoccidente.com/cantonales/grecia/procomer-impulsa-las-exportaciones-de-plantas-ornamentales-de-la-region-occidente>
- Solano, S., Esquivel, A., Molina, R. Morera, B. (2015). Identificación de especies de *Meloidogyne* sp. asociadas a plantas ornamentales de altura en Costa Rica.
<https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19280>.

- Southey, J.F. (1993). Nematode pest of ornamental and bulb crops. In. Evans, K.; Trudgill, D.L.; Webster, J.M. Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. Cambridge, Inglaterra, CAB Internacional. 648 p.
- Subbotin, S. A., Vovlas, N., Yeates, G. W., Hallmann, J., Kiewnick, S., Chizhov, V. N., & Castillo, P. (2015). Morphological and molecular characterization of *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner, 1914) Golden, 1956 and related species (Tylenchida: Hoplolaimidae) with a phylogeny of the genus. *Nematology*, 17:27-52.
- Talavera, R.M. (2003). Manual de nematología Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Instituto de formación agraria y pesquera. Brasil. 23 p.
- Tiedje, J.M. (1995). Approaches to the comprehensive evaluation of prokaryote diversity of a habitat. Microbial diversity and ecosystem function. Allsopp D., Colwell R. R., and Hawksworth D. L. 1995 73 -87 CAB International Oxon, United Kingdom.
- Uzma, I., Nasira, K., Firoza, K., & Shahina, F. (2015). Review of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Nematoda: Hoplolaimidae) with updated diagnostic compendium. *Pakistan Journal of Nematology*, 33(2):115-160. <https://doi.org/10.18681/2015.v33.i02.p0120>
- Varela-Benavides, I., Peraza-Padilla, W., Cantalapiedra-Navarrete, C., Palomares-Rius, J., Castillo, P., & Archidona-Yuste, A. (2018). A new dagger nematode, *Xiphinema poasense* n. sp. (Nematoda: Longidoridae), from Costa Rica. *Nematology*, 20(3):235-252. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003137>
- Zamora, T. (2016). Identificación morfológica, morfométrica y molecular de cuatro especies de *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) de Costa Rica. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 99 p. Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/20595?show=full>
- Winoto, R.S. (1987). *Pratylenchus penetrans* and *Rotylenchus robustus* on thirty herbaceous ornamental species. Manuscript. Plant Research Institute. *Australasian Plant Pathology*, 17(4). <https://doi.org/10.1071/APP9880097>

Yeates, G.W. (1982). Variation of pasture nematode populations over thirty-six months in a summer dry silt loam. *Pedobiologia*, 24:329-346.[https://doi.org/10.1016/S0031-4056\(24\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0031-4056(24)00113-6)

Zameleh FM, Karegar A, Ghaderi R, Hesar AM. (2020). Morphological and molecular characterisation of *Helicotylenchus ciceri* n. sp. and *H. scoticus* Boag & Jairajpuri, 1985 (Nematoda: Hoplolaimidae) from Iran. *Nematology*. 2020;22(6):611-26. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003326>.

Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., & Juárez-Maldonado, A. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 854-868. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101>