

**IDENTIFICACIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL
CULTIVO DE PLÁTANO DOMINICO HARTON (*Musa paradisiaca* L.) EN TRES
FINCAS DE TAURAMENA, CASANARE, COLOMBIA**

**DAIRON ANIBAL DAZA GONZÁLEZ
HAROLD ANDRÉS MANTILLA ESPITIA**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO, META
2021**

**IDENTIFICACIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO
DE PLÁTANO DOMINICO HARTON (*Musa paradisiaca* L.) EN TRES FINCAS DE
TAURAMENA, CASANARE, COLOMBIA**

Presentado por:

DAIRON ANIBAL DAZA GONZÁLEZ Cód. 111003142
HAROLD ANDRÉS MANTILLA ESPITIA Cód. 111003315

Proyecto de tesis presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

Director (a):

MARTHA LUCIA ORTIZ MORENO
Bióloga, Msc., Dr.Sci en Ecología y Recursos Naturales
Universidad de los Llanos

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO, META
2021

Nota de aceptación

MARTHA LUCIA ORTIZ MORENO
Bióloga, MSc. Dr.Sci en ecología y recursos naturales
Universidad de los Llanos
Director (a)

DALILA FRANCO GONZÁLEZ
Ingeniero Agrónomo
Jurado 1

CARLOS ALBERTO HERRERA BAQUERO
Ingeniero Agrónomo
Jurado 2

PERSONAL DIRECTIVO

PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS
RECTOR

MARIA LUISA PINZÓN ROCHA
Vicerrector (a) académico

DEIVER GIOVANNY QUINTERO REYES
Secretario general

CRISTOBAL LUGO LÓPEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

SERGIO DAVID PARRA
Director de Escuela de Ciencias Agrícolas

ÁLVARO ÁLVAREZ SOCHA
Director del programa de Ingeniería
Agronómica

Villavicencio, ____ / ____ / ____

Los directores y jurados examinadores de este trabajo de pregrado, no serán responsables de las ideas emitidas por los autores del mismo.

Artículo 24, resolución N° 04 de 1994

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios todo poderoso, al esfuerzo arduo y apoyo constante de mi madre Ángela González Cifuentes y mi padre Wilson Daza Monroy, familiares, al constante apoyo y sin reservas de mi pareja Daniela Romo C, a todos los amigos y docentes que motivaron y ayudaron a superar cada obstáculo para lograr el objetivo de ser profesional, a la Universidad de los Llanos, por proveer el escenario para propiciar el ejercicio académico.

DAIRON ANIBAL DAZA GONZÁLEZ

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, a mis padres y a toda mi familia que hizo parte de mi formación académica.

HAROLD ANDRÉS MANTILLA ESPITIA

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, que sin duda sin él no hubiese sido posible esto.

A las personas que en su rol de maestro, porque ellas ayudaron directa o indirectamente en la construcción de este proyecto.

A la directora Martha Lucia Ortiz Moreno, quien siempre estuvo dispuesta para ayudarnos a resolver las dificultades que se presentaban en el desarrollo de nuestro proyecto.

A los jurados Carlos Herrera Baquero y Dalila Franco González que establecieron unas directrices para hacer posible el desarrollo del proyecto.

A mi familia, pareja y amigos por ser un pilar fundamental, que no permitieron desistir en momentos de incertidumbre y que me han apoyado de manera económica, ética y moral.

A las personas que amablemente concedieron el permiso para el muestreo y cuyos datos se mantienen en el anonimato a petición suya.

Y por último a todas las personas que formaron parte del proceso, pidiendo bendiciones y salud para cada uno de ellos.

DAIRON ANIBAL DAZA GONZÁLEZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracias a Dios por permitirme tener la oportunidad de formarme en una universidad. A todas las personas que me brindaron su apoyo durante el tiempo que permanecí en la universidad y a la profesora Martha Lucia Ortiz Morena, directora de tesis, que nos brindó todo el apoyo para poder presentar el trabajo de grado. De igual forma a Dalila Franco que muy amablemente nos brindo su ayuda en el laboratorio de Microbiología.

HAROLD ANDRÉS MANTILLA ESPITIA

CONTENIDO

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
OBJETIVOS	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
INTRODUCCIÓN	15
EL PLÁTANO: ORIGEN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	17
Origen	17
Descripción Botánica del Plátano.....	17
BIOLOGÍA GENERAL DE LOS NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS	20
NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS EN PLÁTANO	21
El nemátodo Barrenador (<i>Radopholus similis</i> Cobb.)	22
El nemátodo Lesionador (<i>Pratylenchus spp.</i>).....	23
El nemátodo Espiral (<i>Helicotylenchus spp.</i>)	24
MATERIALES Y MÉTODOS	27
Ubicación de la zona de estudio	27
Muestreo	29
Extracción, identificación de nemátodos del suelo y de las raíces.....	29
La extracción de nemátodos de la raíz.....	30
La extracción de nemátodos del suelo	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES.....	40
AGRADECIMIENTOS	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del plátano.	18
Tabla 2. Datos geográficos de los sitios de colecta.	29
Tabla 3. Número de especies totales por fincas (N° Individuos/10gr de raíz)	32
Tabla 4. Número de nemátodos fitopatógenos encontrados por muestra.....	32
Tabla 5. Parámetros ecológicos de nematodos patógenos asociados al cultivo de plátano..	33

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema general de la planta de plátano. Fuente: (Hoyos-Leyva et al., 2012)..... 19
- Figura 2.** Morfología general. A. Región esofágica. B. Hembra total. C. Cola de la hembra. D. Cola del macho. 1. Estilete. 2. DEGO. 3. Esófago. 4. Bulbo medio. 5. Anillo nervioso. 6. Poro excretor. 7. Fina I del esófago. 8. Glándula esofágica ventral. 9. Núcleos de la glándula esofágica ventral. 10. Intestino. 11. Vulva. 12. Vagina. 13. Útero. 14. Oviducto. 15. Espermateca. 16. Ovario. 17. Ano. 18. Fasmidio. 19. Campo lateral. 20. Línea el campo lateral. 21. Ala caudal. 22. Espículas. 23. Gubernáculo. **Fuente:** Guerrero (2017). 20
- Figura 3.** *Radopholus similis*. (A) Macho. (B) Hembra. (C, D) Cabeza femenina. (E, F) Cabeza masculina. Fuente: A, B: Siddiqi, 1985; C – F: Hunt et al., 1990. 23
- Figura 4** *Pratylenchus*. Fotomicrografías de *P. coffeae* en plátano. A. Hembra. B. Macho. C, D y E. Región anterior de la hembra, mostrando: Glándula Dorsal Esofágica (GDE), estructura del Bulbo Medio (MB), poro excretor (PE) y estilete (E). F, G, H, I, J y K. Región posterior de la hembra. L, M, N. Vista de la cola del macho con su espícula (E), bursa (B) y gobernáculo (G). O. Región posterior de la hembra, vulva (V). Escalas: A: 50 µm, B: 30 µm, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O: 20 µm). Fuente: (Gamboa 2019) 24
- Figura 5. *Helicotylenchus* spp.** A: cuerpo completo de una hembra, B y C: Región anterior del cuerpo femenino, D y E: Región posterior del cuerpo femenino, F: Región media del cuerpo femenino, G: Región posterior del cuerpo masculino. vu = vulva, dgo = orificio de la glándula esofágica dorsal, an = ano, lf = campo lateral, sptc = espermateca, spc = espícula. **Fuente:** Ortiz (2020)..... 25
- Figura 6.** Finca P1, vereda Iquia. Tomado de Google Earth 27
- Figura 7.** Finca P2, vereda Iquia. Tomado de Google Earth 28
- Figura 8.** Finca P3, vereda Jagüito. Tomado de Bing Maps..... 28
- Figura 9. (A)** Cuerpo de un adulto hembra del género *Helicotylenchus* sp. **(B)** Parte anterior del nemátodo en donde se observa el tamaño del estilete. S= estilete (lanza boca) para alimentarse **(C)** región vulvar de la hembra del género *Helicotylenchus* sp. V=vulva **(D)** Parte posterior del nemátodo en donde se observa la cola de la hembra del género *Helicotylenchus* sp. Observada en microscopio óptico a 40X. **Foto:** Autores..... 34
- Figura 10. (A)** Cuerpo de un adulto macho del género *Helicotylenchus* sp. **(B)** Parte anterior del nemátodo en donde se observa el tamaño del estilete. S= estilete (lanza boca) para alimentarse **(C)** Parte posterior del nemátodo en donde se observa la espícula, E=Estipula y la forma de la cola del macho del género *Helicotylenchus* sp. Observada en microscopio óptico a 40X. Foto: Autores. 35
- Figura 11. (A)** Cuerpo de un adulto macho *Radopholus* sp **(B)** Parte anterior del nemátodo **(C)** Parte posterior del nemátodo en donde se observa la espícula, E=Estipula y la forma de la cola del macho del género *Radopholus* sp. Observada en microscopio óptico a 40X. **Foto:** Autores. 36

Figura 12. (A) Macho adulto de <i>Tylenchus</i> sp y sus partes morfológicas más importantes.	
(B) Espícula.....	37
Figura 13. <i>Meloidogyne</i> sp. Estado Juvenil. Foto: Autores	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. (A) Cultivo de plátano, (B) Síntomas de afectación por <i>Helicotylenchus</i> sp en las raíces de plátano (C) corte de raíz para ver las lesiones causadas por <i>Helicotylenchus</i> sp en el interior de la raíz.	45
Anexo 2. <i>Helicotylenchus</i> sp.....	45
Anexo 3. Extracción de nemátodos del suelo y de las raíces, mediante el método de licuado, centrifugación y flotación en azúcar.	46

GLOSARIO

Epidemiología: Es el estudio de la distribución y los determinantes de estados o eventos (en particular de enfermedades) relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades y otros problemas de salud.

Helicotylenchus: Es un género de nemátodo, de las especies de nemátodo fitopatógeno perteneciente a la familia Hoplolaimidae.

Meloidogyne: Es una especie de nematodos que constituyen una importante y abundante plaga en la mayoría de los cultivos. Estos atacan las raíces de las plantas, produciendo características agallas o nódulos; por lo que son considerados como parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola.

Nemátodo: Los nemátodos son gusanos nematelmintos del superfilo Ecdysozoa. estos animales disponen de aparato digestivo con forma de conducto recto, que ocupa toda la extensión del cuerpo.

Radopholus: Es un parásito que afecta a varios cultivos importantes, en especial la banana. Es un endoparásito migratorio que se aloja en las raíces, causándoles lesiones que disminuyen la capacidad de absorción de nutrientes de la planta.

RESUMEN

La infección por nemátodos es una importante amenaza a la productividad de los cultivos, especialmente en el plátano, siendo fundamental su monitoreo epidemiológico y manejo agronómico apropiado. Este estudio se realizó en tres unidades de producción pequeñas (5 a 18 ha), en cultivos de plátano de la variedad Dominico Hartón, ubicadas en las veredas Iquia y Jagüito en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Se recolectaron 20 sub-muestras de suelo y raíces, colectadas en la rizosfera de las plantas de plátano, a una profundidad de 15 a 20 cm y a una distancia de 20 cm alrededor del pseudotallo de las plantas seleccionadas. Cada muestra se colocó en una bolsa de polietileno, se rotuló con el código de muestra en su respectiva etiqueta y las coordenadas geográficas. La extracción de nemátodos del suelo y de las raíces se realizó en el Laboratorio de Microbiología Agrícola del programa de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, mediante el método de licuado, centrifugación y flotación en azúcar. Los géneros de nemátodos fitoparasíticos identificados, según sus características morfológicas correspondieron a: *Helicotylenchus*, *Radopholus*, *Meloidogyne* y *Tylenchus* en el sitio de muestreo P1. En el género *Helicotylenchus* se detectó una alta población de nemátodos en las muestras del suelo. Para los sitios de muestreo P2 y P3, se identificaron dos géneros: *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*. El principal daño que ocasionan los nemátodos, por su forma de alimentación, es la destrucción del sistema radicular, la planta no puede nutrirse en forma normal y disminuye la absorción y transporte de nutriente y agua, razón por la cual produce racimos pequeños, dando como resultado producciones bajas.

Palabras clave: cultivos, daños, fitonemátodos, hojas, raíces,

ABSTRACT

Nematode infection is an important threat to crop productivity, especially in plantain, its epidemiological monitoring and appropriate agronomic management being essential. This study was carried out in three small production units (5 to 18 ha), in plantain crops of the Dominico Hartón variety, located in the villages of Iquía and Jagüito in the municipality of Tauramena, department of Casanare. Twenty sub-samples of soil and roots were collected, collected in the rhizosphere of the banana plants, at a depth of 15 to 20 cm and at a distance of 20 cm around the pseudostem of the selected plants. Each sample was placed in a polyethylene bag, labeled with the sample code on its respective label and the geographic coordinates. The extraction of nematodes from the soil and roots was carried out in the Agricultural Microbiology Laboratory of the Agronomic Engineering program, of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the University of Los Llanos, by means of the method of liquefaction, centrifugation and flotation in sugar. The genus of phytoparasitic nematodes identified, according to their morphological characteristics, corresponded to: *Helicotylenchus*, *Radopholus*, *Meloidogyne* and *Tylenchus* at the P1 sampling site. In the genus *Helicotylenchus*, a high population of nematodes was detected in the soil samples. For sampling sites P2 and P3, two genera were identified: *Helicotylenchus* and *Meloidogyne*. The main damage caused by nematodes, due to their way of feeding, is the destruction of the root system, the plant cannot be nourished in a normal way and reduces the absorption and transport of nutrient and water, which is why it produces small clusters, giving as low productions result.

Keywords: crops, damage, leaves, phytonematodes, roots.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano dominico hartón (*Musa paradisiaca*) en tres fincas de Tauramena, Casanare, Colombia.

Objetivos Específicos

- Identificar la población dominante de nemátodos patógenos en cada una de las fincas.
- Conocer el número de nemátodos patógenos por especie encontrada en cada una de las fincas.
- Presentar un diagnostico a las fincas donde se tomaron las muestras.

INTRODUCCIÓN

América Latina y el Caribe abastecieron el 63.68% del comercio internacional de plátano en el 2010, que incluye principalmente la producción de Ecuador (33.25%), Colombia (10.17%), Costa Rica (10.01%) y Guatemala (8.63%). Los cinco países líderes en exportación (Ecuador, Colombia, Filipinas, Costa Rica y Guatemala) proporcionan el 73.56% del comercio mundial; el resto de países productores del mundo aportan el 26.44% de la producción exportable (Fundación Produce de Guerrero, A.C., 2012).

En Colombia para el año 2014 había sembradas 393.475 ha con el cultivo del plátano, con una producción de 3.344.882 t y un rendimiento promedio de 7.59 t/ha (Agronet, 2014). Siendo así un cultivo de gran importancia socioeconómica desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y la generación de 0,75 empleos por ha/año, que corresponden a 263.250 empleos permanentes anualmente, es decir, unas 57.000 familias se dedican al cultivo en todo el país (Espinel et al., 2006; Martínez & Peña, 2006; Agronet, 2011)

Los problemas fitosanitarios más importantes en el cultivo de plátano son generados por las sigatokas (*Mycosphaerella spp*), que afectan el follaje, el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) que afecta el cormo, y los nematodos fitoparásitos que son los principales patógenos que afectan su crecimiento, desarrollo y producción debido al daño que ocasionan en raíces y cormos (Montiel et al., 1997), generando volcamiento y afectando la absorción y transporte de nutrientes. Estos últimos pueden generar pérdidas en la producción desde un 20% (Sasser & Freckman, 1987) hasta un 100%, las cuales, dependen también del cultivar, el tipo de suelo y las condiciones agroecológicas (Araya, 2004).

En el estudio realizado por Guzmán y Castaño (2004), reportaron la presencia de los nematodos fitoparásitos *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *H. dihysseria*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus coffeae*, *P. goodeyi* en cultivos de plátano y banano.

Como consecuencia de la alimentación de este grupo de nematodos, los principales síntomas causados son la formación de abultamientos y agallas en las raíces, obstruyendo la absorción de los nutrientes del suelo por parte de la planta, daños en el cormo que conllevan a un crecimiento deficiente de las plantas, hojas más pequeñas y en menor número, los frutos tienen un peso reducido y las plantas se vuelcan debido a la pudrición del sistema radical (Montiel et al., 1997). En algunos casos, sin embargo, los síntomas son ocasionados por las interacciones bioquímicas de las plantas con los nematodos afectando la fisiología

general de estas, así como el papel que desempeñan los nematodos en realizar heridas para la penetración de otros patógenos como hongos y bacterias saprófitos en sinergismo que son los principales responsables del daño a las plantas (Agrios, 2005a).

Para disminuir la población de nematodos fitoparásitos se emplean métodos de prevención, las prácticas de cultivo, el uso de variedades resistentes, el manejo biológico y el manejo químico; éste último, es el más utilizado, quizás porque permite un control rápido y eficaz (Araya, 2003b). Sin embargo, lo ideal es enfocarse hacia una agricultura sostenible, minimizando el uso de productos químicos que afecten la salud y el medio ambiente, integrando procesos biológicos y ecológicos, tales como microorganismos antagonistas, enemigos naturales, fijación de nitrógeno, regeneración del suelo, alelopatía, competencia además de la optimización de los recursos, omitiendo aquellos no renovables (Stirling, 2014).

El manejo biológico ha sido empleado como una alternativa compatible con el agroecosistema, que puede reducir los nematodos fitoparásitos, a través de un amplio rango de organismos antagonistas que incluyen hongos, plantas, bacterias, protozoarios, ácaros y nematodos depredadores (Dávila et al., 1999). Entre los insumos biológicos más utilizados se encuentran las Micorrizas Arbusculares (MA) implicadas en la absorción de nutrientes (Fósforo, Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio y otros elementos) y en la resistencia al ataque de patógenos. Las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV), que estimulan el crecimiento de las plantas a través de varios mecanismos como síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrimentos, producción de sideróforos y control de fitopatógenos del suelo (Guzmán & Rivillas, 2007; Sánchez, 2007).

EL PLÁTANO: ORIGEN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Origen

El plátano de la variedad Dominico Hartón (*Musa paradisiaca* L.), tiene su origen probablemente en las regiones tropicales del sur de Asia donde ha sido cultivado desde hace miles de años, siendo uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical (Pérez et al., 2002; Blasco López & Gómez Montaña, 2014). En cuanto a la distribución geográfica actual, el plátano se distribuye por más de cien países tropicales y subtropicales (Montoya López, 2020). Es una planta monocotiledónea, herbácea perteneciente a la clase Liliopsida, orden Zingiberales, familia Musaceae, al género *Musa* y especie *Musa paradisiaca* (Martínez, 2012)(Tabla 1). El plátano se designa como *Musa paradisiaca* variedad Hartón, y existen los plátanos congo, guayabo, cuarenton y dominico (Hernández & Vit, 2009).

Descripción Botánica del Plátano

Hoyos (citado por Hernández & Vit, 2009) afirma que el pseudotallo del plátano mide 2- 5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas, es una planta estolonífera, con hojas erguidas, oblongas de 1 a 2 m de largo por 30- 55 cm de ancho, redondeadas en el ápice y en la base, cara superior verde claro y con envés más tenue. Su inflorescencia colgante mide de 1 a 1,5 m, con brácteas violáceas de 15 a 30 cm de largo, de flores blancas o cremosas de 3 a 5 cm de largo. Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilíndricos distribuidos en manos de racimos con 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro (Navarrettem & Stalin, 2018; Bonilla et al., 2020) (Figura 1).

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del plátano.

Clasificación Taxonómica
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Zingiberales
Familia: Musaceae
Género: <i>Musa</i>
Especie: <i>Paradisiaca</i>
Nombre binominal: <i>Musa paradisiaca</i>
(Linnaeus, 2013)

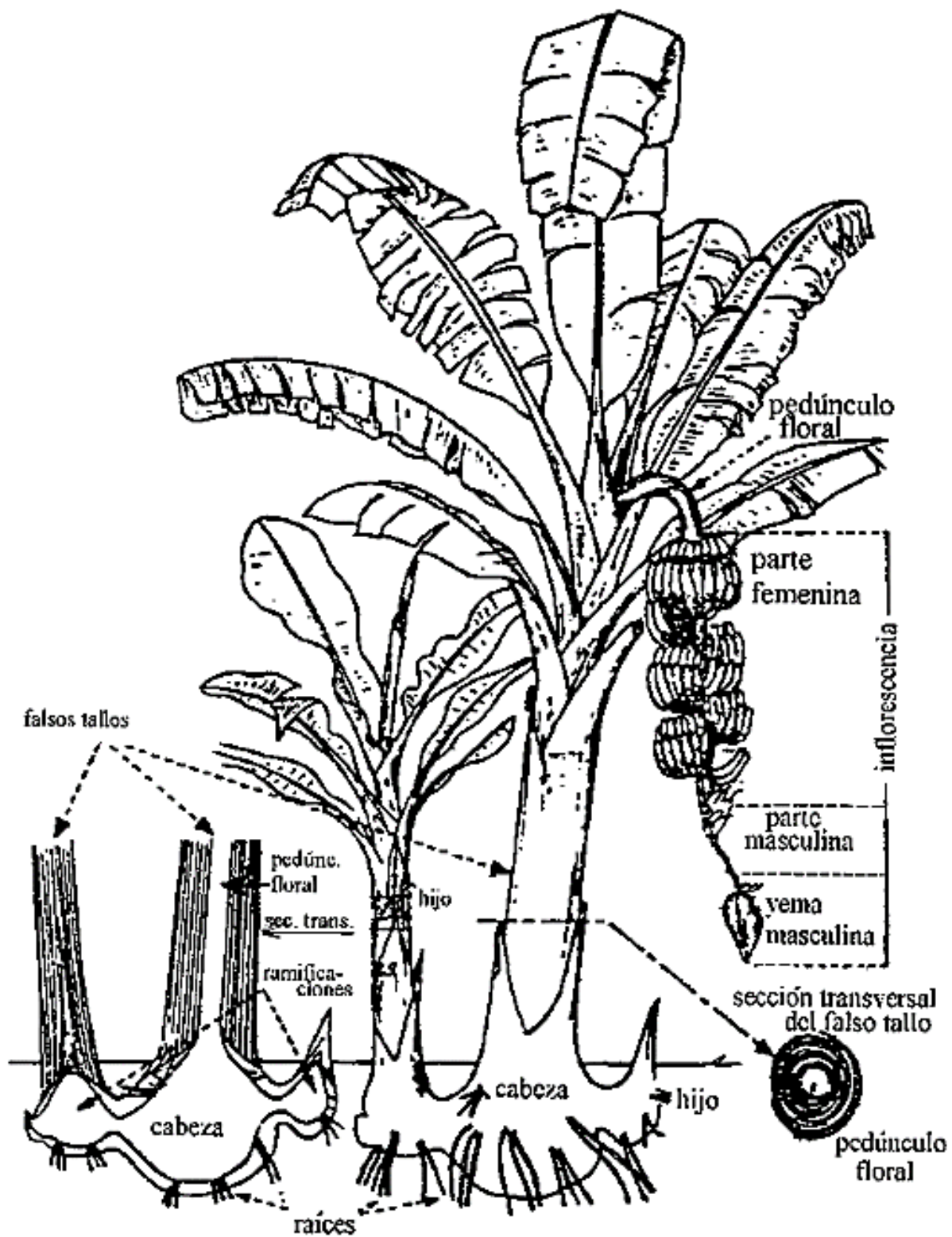


Figura 1. Esquema general de la planta de plátano. Fuente: (Hoyos-Leyva et al., 2012).

BIOLOGÍA GENERAL DE LOS NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS

Los nemátodos, también conocidos como “gusanos redondos” y como lo indica esta denominación presentan un cuerpo alargado (vermiforme), cilíndrico y más o menos atenuado hacia los extremos, sin embargo, en algunos grupos y motivado por las características de su ciclo de vida, las hembras pueden presentar el cuerpo ensanchado y llegando a ser redondeadas o hasta esféricas. Algunos nemátodos de planas tienen forma de pera, ejemplo: *Meloidogyne*, *Heterodera* y *Rotylenchus* (Vázquez-Pineda et al., 2012). (Figura 2).

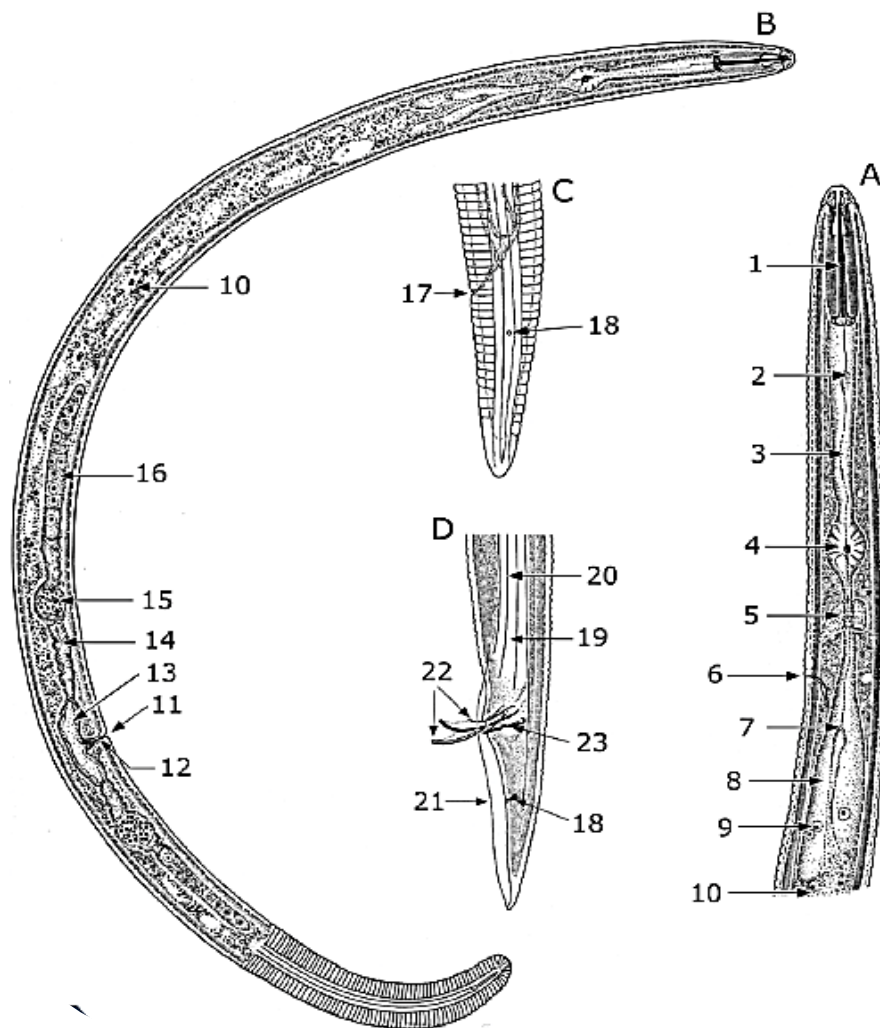


Figura 2. Morfología general. A. Región esofágica. B. Hembra total. C. Cola de la hembra. D. Cola del macho. 1. Estilete. 2. DEGO. 3. Esofago. 4. Bulbo medio. 5. Anillo nervioso. 6. Poro excretor. 7. Finall del esofago. 8. Glándula esofágica ventral. 9. Núcleos de la glándula esofágica ventral. 10. Intestino. 11. Vulva. 12. Vagina. 13. Útero. 14. Oviducto. 15. Espermateca. 16. Ovario. 17. Ano. 18. Fasmidio. 19. Campo lateral. 20. Línea el campo lateral. 21. Ala caudal. 22. Espículas. 23. Gubernáculo.
Fuente: Guerrero (2017).

Hembras (Figuras 2B y C): En los nemátodos fitoparásitos la vulva generalmente se encuentra en la mitad posterior del cuerpo, de manera que el sistema reproductor es doble y simétrico, En general cada ramal del sistema reproductor consta, además de la vulva que casi siempre se presenta como una abertura transversal, hay una vagina más o menos muscular seguida de un útero más o menos desarrollado al que le puede seguir una espermateca con o sin espermatozoides aunque ésta puede faltar, después hay un oviducto al que le sigue el ovario con una o más filas de oocitos (Figura 2B). (Guerrero, 2017). Machos (Figura 2D): El sistema reproductor del macho es más sencillo, consta de un solo testículo con un vaso deferente que termina en la cloaca y lo más resaltante son dos espículas más o menos desarrolladas, bien esclerotizadas y de forma variable, pero siempre simétricas que se apoyan en un Gubernáculo que es una pieza guía para la cópula, generalmente de forma muy sencilla (Guerrero, 2017).

NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS EN PLÁTANO

Las musáceas son muy susceptibles a problemas fitosanitarios, entre los que se destacan los nemátodos fitopatógenos característicos por poseer estilete, los cuales causan daños severos en las raíces y cormo de la planta (Agrios, 2005; García et al., 2021), afectando el desarrollo fisiológico y llegando a causar la muerte de la planta (Guzmán-Piedrahita & Cataño-Zapata, 2004; Arias-García & Aristizábal-Loaiza, 2021). Las pérdidas ocasionadas por estos fitopatógenos dependen de la población existente, de la susceptibilidad del material, del tipo de suelo y las condiciones ambientales que favorezcan la infección, alimentación y reproducción de estos (Belalcázar, 1991; Arias-García & Aristizábal-Loaiza, 2021).

Las enfermedades causadas por el nemátodo Barrenador (*Radopholus similis* Cobb.), el nemátodo Lesionador (*Pratylenchus* spp.), el nemátodo Espiral (*Helicotylenchus* spp.), el nemátodo Nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp.) y el nematodo *Tylenchus* spp, se encuentran entre las nueve más importantes que afectan la producción de plátano en Colombia (Martínez et al., 2006).

El nemátodo Barrenador (*Radopholus similis* Cobb.)

Radopholus similis es un nemátodo fitoparásito que se alimenta de raíces y cormos de banano y plátano en todo el mundo, afectando el crecimiento y desarrollo de este cultivo, con pérdidas en producción entre el 20 y 100% (Piedrahita, 2015). *R. similis* ocasiona los daños más severos en plantaciones de banano y plátano. Existen registros que indican que este nemátodo probablemente causa más daños a la producción bananera en el mundo que cualquier otro patógeno. Actualmente se encuentra diseminado en América Central, Suramérica y el Caribe (Belalcázar et al., 1991). *R. similis* es un endoparásito migratorio, alargado en forma de lombriz y mide aproximadamente 0.68 a 1.0 mm de longitud y 0.02 a 0.03 mm de ancho (Trivino & Farias, 2004). **Hembras:** Vermiformes, de 530 a 772 μm de largo y 15 a 31 μm de ancho en la parte media. Cutícula ligeramente anillada. Región labial redondeada de 3 a 4 anulaciones. Estilete de 12 a 14 μm de largo con nódulos basales bien desarrollados. Bulbo medio bien desarrollado, ovalado de 10 a 12 μm de diámetro. Aparato valvular bien desarrollado. Glándulas esofágicas traslapadas dorsalmente sobre el intestino. Vulva prominente, ligeramente debajo de la mitad del cuerpo. **Macho:** Vermiformes ligeramente arqueado ventralmente, de 515 a 632 μm de largo y 16 a 23 μm de ancho. Región labial bien definida del resto del cuerpo con 4 o 5 anulaciones y elevada de 4 a 6 μm . Esófago y estilete degenerado sin nódulos basales visibles, Espícula fuerte de 18 a 20 μm de largo (Lara Posadas et al., 2016). Todos los estados de reproducción, huevo, j1, j2, j3, j4 y adulto, entran a la raíz destruyendo células e induciendo extensas cavidades entre los tejidos. Esta especie sobrevive menos de seis meses en ausencia del hospedante (Carriel, 2012).

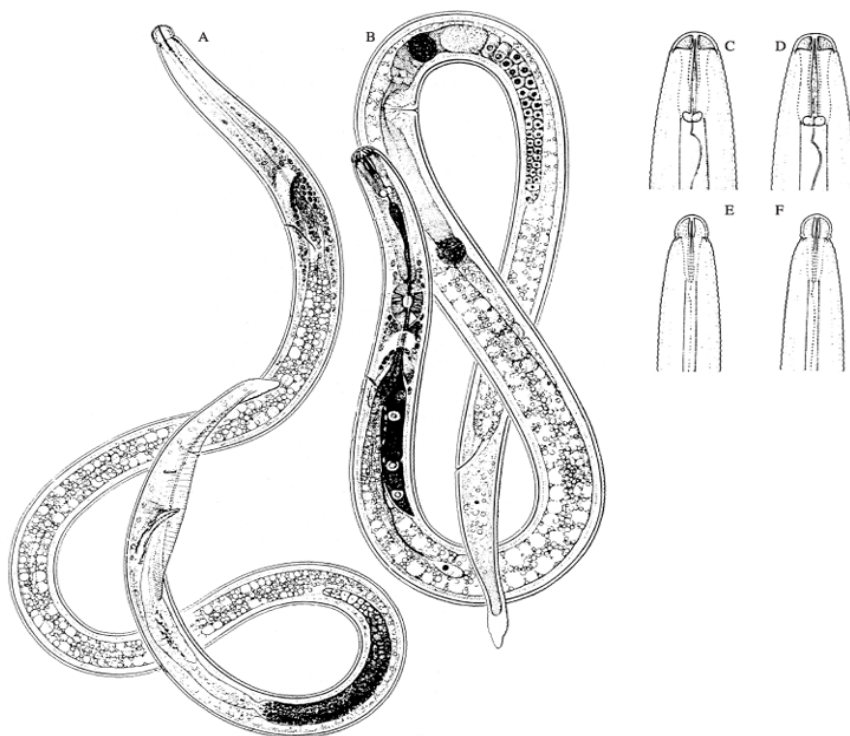


Figura 3. *Radopholus similis*. (A) Macho. (B) Hembra. (C, D) Cabeza femenina. (E, F) Cabeza masculina. Fuente: A, B: Siddiqi, 1985; C – F: Hunt et al., 1990.

El nemátodo Lesionador (*Pratylenchus spp.*)

Han sido reportadas ocho especies del género que atacan Musáceas en el mundo, aunque solamente dos están ampliamente distribuidas y reconocidas como dañinas; estas son: *Pratylenchus coffeae* y *P. goodeyi*. (Thorne G. 1961). *P. coffeae* (nemátodo lesionador), fue reportado en raíces de plátano en Granada y descrito como *Tylenchus musicola* por Cobb en 1919. Fue reportado por primera vez en raíces de plantas de banano en las islas Canarias por De Guiran y Vilardevó en 1962 junto con *P. thomei*. *P. coffeae* parece estar ampliamente distribuido a través del mundo (Gowen y Queneherve 1990). El síntoma en raíces es una necrosis extensiva de color negro o púrpura en los tejidos epidermal y cortical, con frecuencia acompañada por una pudrición secundaria y ruptura de la raíz. Necrosis similares pueden ser observadas en la parte externa del cormo (Gowen y Queneherve 1990).

Hembra: Región cefálica baja, conformada por tres anillos con borde suave; esclerotización fuerte. Estilete robusto, corto y con protuberancias basales redondas. Campos laterales marcados por seis líneas longitudinales que se reducen a 4 en la parte final de la cola. Ovario extendido, no se observa espermateca, largo del saco

post uterino igual al diámetro del nemátodo a nivel de la vulva. Cola conoide, con terminación ancha, lisa y redondeada.

Macho. Similar a la hembra. Fasmidios ubicados después de la mitad de la cola.

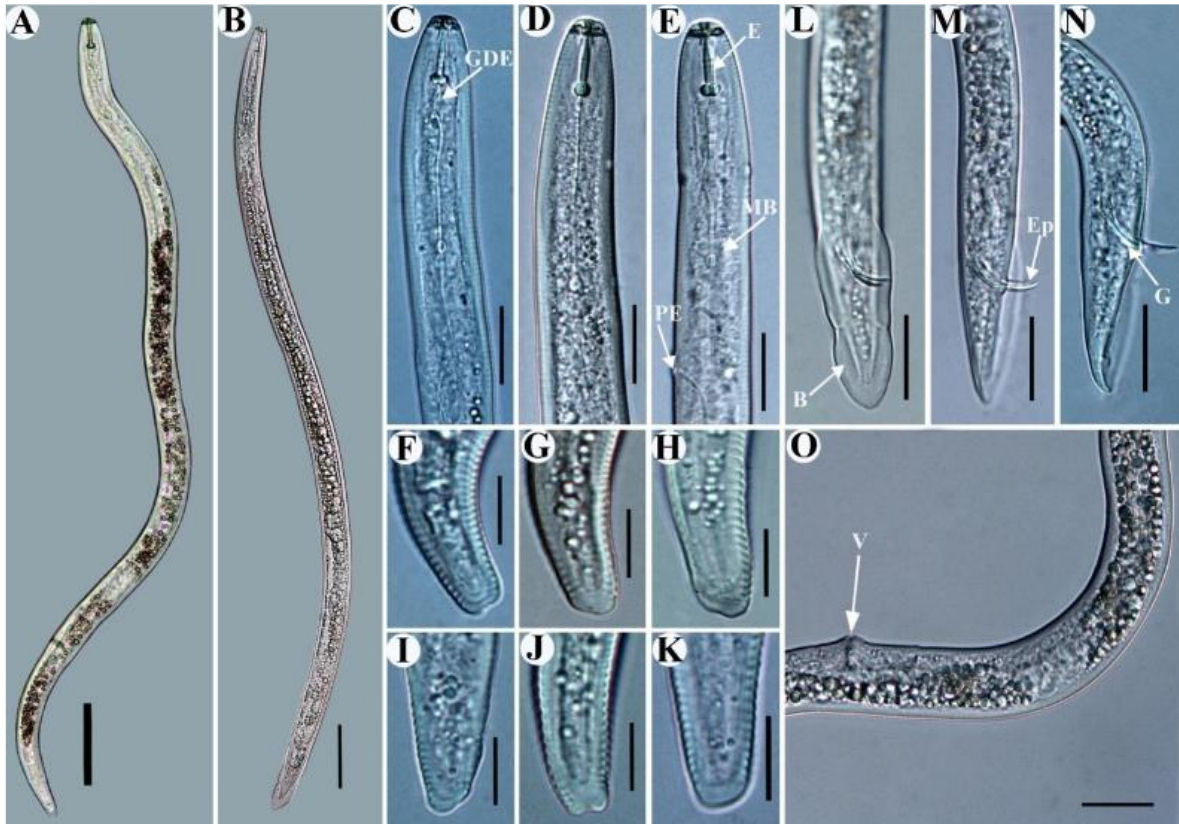


Figura 4 *Pratylenchus*. Fotomicrografías de *P. coffeae* en plátano. A. Hembra. B. Macho. C, D y E. Región anterior de la hembra, mostrando: Glándula Dorsal Esofágica (GDE), estructura del Bulbo Medio (MB), poro excretor (PE) y estilete (E). F, G, H, I, J y K. Región posterior de la hembra. L, M, N. Vista de la cola del macho con su espícula (E), bursa (B) y gobernáculo (G). O. Región posterior de la hembra, vulva (V). Escalas: A: 50 μ m, B: 30 μ m, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O: 20 μ m). Fuente: (Gamboa 2019)

El nemátodo Espiral (*Helicotylenchus spp.*)

Helicotylenchus spp., es una especie ectoparásita, pero puede comportarse como endoparásito migratorio, el cual completa su ciclo en la raíz. Infecta cormos o tejido remanente del cultivo previo. Los síntomas son parecidos a los causados por otros nemátodos fitoparásitos. Se alimentan de las capas más externas de la corteza, causando lesiones necróticas pequeñas que son características. Penetra de 4-6 capas de células del parénquima cortical. Su daño está confinado al parénquima más

cercano a la epidermis. Los daños celulares son a menudo decoloraciones que posteriormente constituyen áreas necróticas. Su disseminación es principalmente por tejido infectado (Suárez y Rosales 2004).

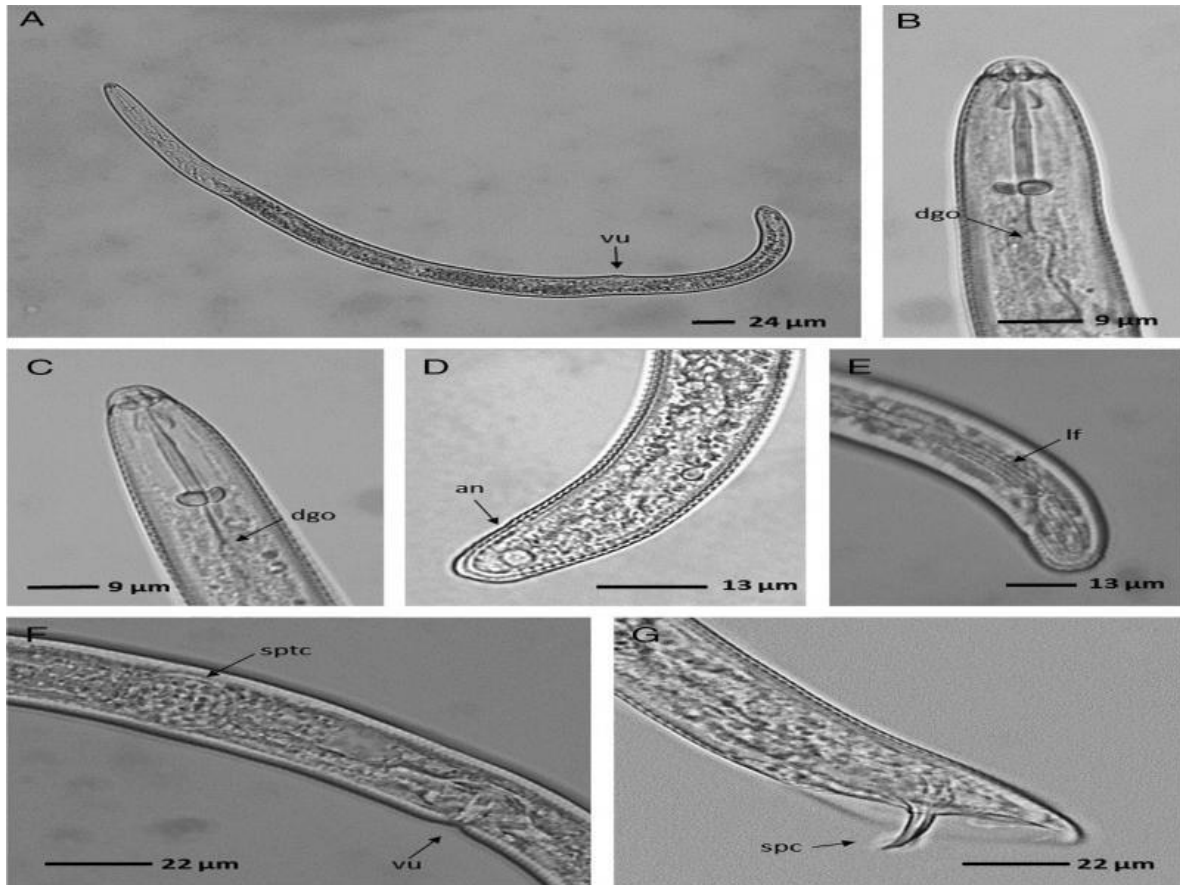


Figura 5. *Helicotylenchus* spp. A: cuerpo completo de una hembra, B y C: Región anterior del cuerpo femenino, D y E: Región posterior del cuerpo femenino, F: Región media del cuerpo femenino, G: Región posterior del cuerpo masculino. vu = vulva, dgo = orificio de la glándula esofágica dorsal, an = ano, lf = campo lateral, sptc = espermateca, spc = espícula. **Fuente:** Ortiz (2020)

El nemátodo Tylenchus spp.

El cuerpo de estos nematodos es curvado ventralmente, con una longitud que varía entre 0.78 y 0.92 mm tanto en hembras como en machos, sin superposición del esófago e intestino. La cola se adelgaza gradualmente, puntiaguda, curvada ventralmente y termina en un gancho (Figura 6). Estas características coinciden con las descritas por Andrassy (1972).

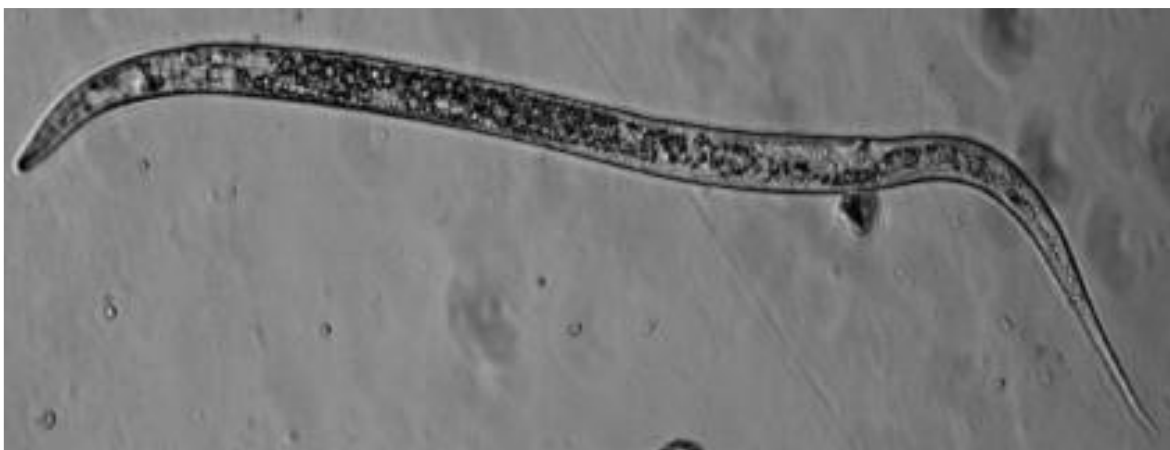


Figura 6. Morfología del cuerpo completo de *Tylenchus spp.*, **fuentes:** Holguín (2018)

MANEJO SANITARIO

Para manejar los nematodos fitoparásitos se pueden utilizar la rotación de cultivos y los nematicidas químicos como el Carbofuran, entre otros. pero en áreas donde el plátano se cultiva de manera continua, la rotación de cultivos no puede ser practicada; al mismo tiempo, el precio de los nematicidas a menudo es demasiado alto para los agricultores con áreas de cultivo menores a 5 ha y la mayoría de estos productos son altamente tóxicos (Aristizábal, 2007).

La reducción de las poblaciones de nematodos en el suelo antes de la siembra y el uso de material vegetal libre de nematodos, son factores de gran importancia para el manejo de los nematodos endoparásitos, especialmente *R. similis*. Cormos o hijuelos ligeramente infestados pueden ser tratados para eliminar los nematodos (Sarah et al., 1996); es por ello que la limpieza de los colinos mediante la técnica de “pelado”, seguido por inmersión en agua caliente (52- 55°C por 15-20 min) ha sido una práctica muy efectiva. Sin embargo, los tratamientos con agua caliente requieren mano de obra abundante y control cuidadoso siendo la temperatura y el tiempo de exposición críticos para que sean efectivos y no causen daño a los cormos.

También se puede desinfectar el material de siembra sumergiéndolo en una solución nematicida (2500 ppm) por 30 min (Sarah et al., 1996; Hauser, 2003; Guzmán & Castaño, 2004). La selección de la fuente de cormos-semilla, el nuevo campo y el uso de insumos biológicos son esenciales para el manejo adecuado de los nematodos fitoparásitos. Estos últimos tienen varias ventajas tanto en el ámbito económico como en el ámbito ecológico, puesto que al utilizarlos se disminuyen los

costos de producción y se reduce la contaminación del medio ambiente. Entre los insumos biológicos más utilizados se encuentran las Micorrizas Arbusculares (MA), y las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV), las cuales contribuyen positivamente en la nutrición y crecimiento de las plantas, y al mismo tiempo, en el manejo de patógenos radicales y aéreos (Sánchez, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en 3 cultivos de plátano de la variedad Dominico Hartón, ubicadas en las veredas Iquia ((finca r→P1) -(finca v→P2)) y Jagüito (finca z→P3) en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare (Tabla 2). Se seleccionaron tres unidades de producción pequeñas (5 a 18 ha), manejadas agronómicamente con niveles medios a bajos de tecnología.



Figura 7. Finca P1, vereda Iquia. Tomado de Google Earth

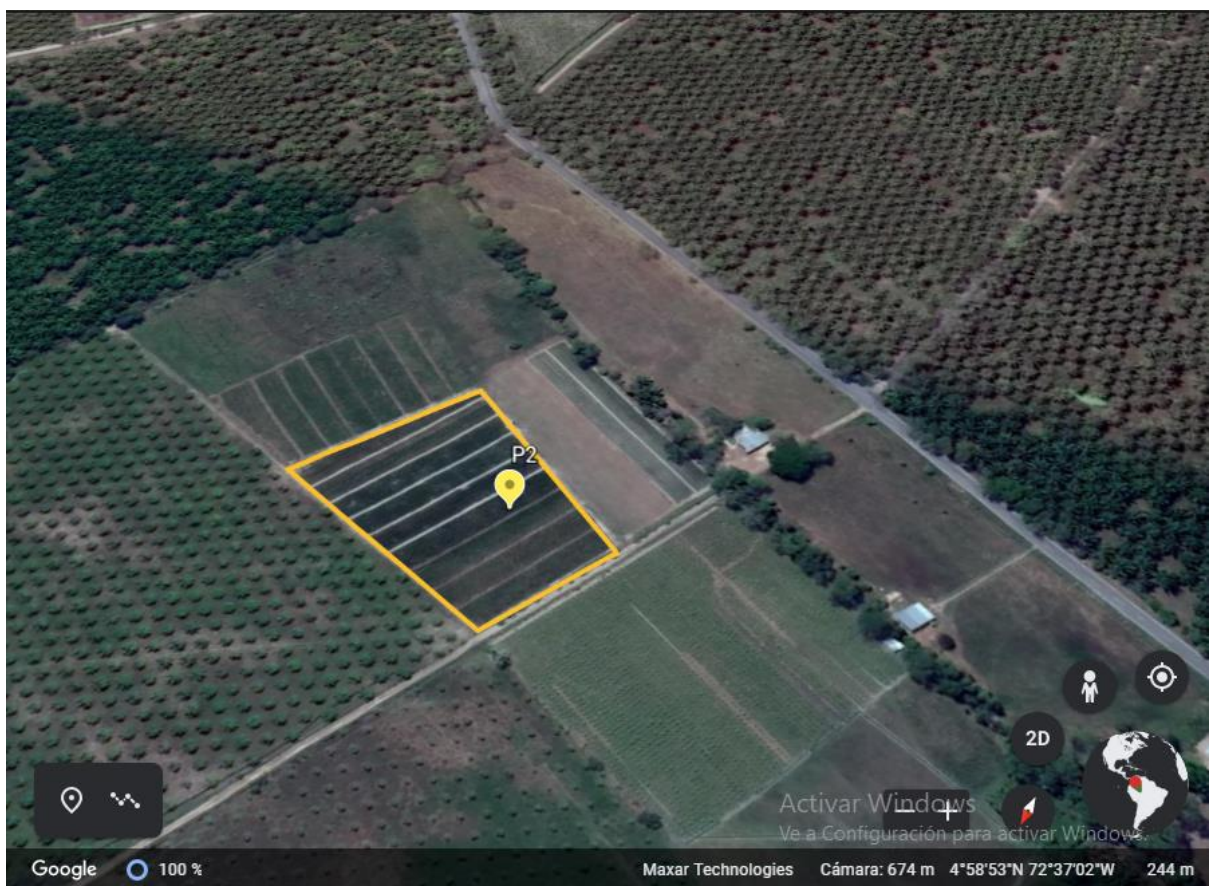


Figura 8. Finca P2, vereda Iquía. Tomado de Google Earth



Figura 9. Finca P3, vereda Jagüito. Tomado de Bing Maps

Tabla 2. Datos geográficos de los sitios de colecta.

Código finca	Municipio	Vereda	Datos geográficos	Cultivo
P1	Tauramena	Iquia	4°58'54.6"N 72°37'37.4"W	Plátano
P2	Tauramena	Iquia	4°58'53"N 72°37'37.02"W	Plátano
P3	Tauramena	Jagüito	5°05'07.8"N 72°44'41.0"W	Plátano

Fuente: autores

Muestreo

Se realizó un muestreo completamente al azar en cada unidad de producción, donde se recolectaron 20 sub-muestras de suelo y raíces, colectadas en la rizosfera de las plantas de plátano, a una profundidad de 15 a 20 cm y a una distancia de 20 cm alrededor del pseudotallo de las plantas seleccionadas, éstas se homogenizaron conformando una muestra de aproximadamente 1 kg de suelo y 500 g de raíz por cada campo evaluado. Cada muestra se colocó en una bolsa de polietileno, se registró el código de muestra con su respectiva etiqueta, así mismo, se registraron las coordenadas geográficas con la ayuda del aplicativo móvil Handy GPS, y se tomó la información de campo respectiva. En los tres sitios de muestreo, las plantas de plátano presentaron síntomas característicos de falta de nutrientes como raquitismo (tallos delgados), amarillamiento, estrés hídrico y poca producción o racimos con plátanos de menor tamaño.

Extracción, identificación de nemátodos del suelo y de las raíces

La extracción de nemátodos del suelo y de las raíces se realizó en el Laboratorio de Microbiología y fitopatología vegetal del programa de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, mediante el método de licuado, centrifugación y flotación en azúcar, mencionado por Araya (1995) (Anexo3).

La extracción de nemátodos de la raíz

Para la extracción de nemátodos de las muestras de raíces, se siguió el siguiente procedimiento:

- 1)** Se pesaron 10 g de raíces lavadas de la muestra homogenizada,
- 2)** Se agregaron 100 ml de agua destilada,
- 3)** Se licuaron empleando la revolución baja de la licuadora por 120 segundos,
- 4)** Se filtró en una columna de tamices N°. 14, 270 y 325 ubicados de forma descendiente,
- 5)** Se recolectó la muestra del ultimo tamiz en tubos de centrifuga Falcon™ de 15 ml con ayuda de un embudo,
- 6)** Se centrifugo a 3000 rpm durante tres minutos, pasado este periodo se retiraron los tubos de la centrifugadora y se eliminó el sobrenadante de cada tubo,
- 7)** Los tubos fueron completados con solución azucarada al 50% (500 g de azúcar en 1L de agua) y se centrifugó a 3500 rpm durante tres minutos, como recomendación Araya (1995),
- 8)** Una vez cumplido este proceso se recuperó el sobrenadante donde quedaran flotando los nemátodos,
- 9)** Se vertió el sobrenadante en el tamiz de 38 µm para realizar el lavado con agua corriente para eliminar el exceso de azúcar y así evitar el deterioro de los nemátodos y hacer más fácil el proceso de identificación,
- 10)** Finalmente se recogieron 15 ml de agua con nemátodos y se colocaron en una caja de Petri para la cuantificación.
- 11)** Se identificaron los nemátodos tomando alícuotas de 20 µL a partir de diferentes puntos de la caja Petri, se colocaron sobre un portaobjetos y se observaron con la ayuda de un microscopio.

La extracción de nemátodos del suelo

Para la extracción de nemátodos de las muestras del suelo, se siguió el siguiente procedimiento:

- 1)** Se pesaron 100 g de suelo de la muestra homogenizada,
- 2)** Se agregaron 1000 ml de agua destilada,
- 3)** Se agitó con una barra agitadora de vidrio por un minuto (1), dejando reposar por 30 segundos.
- 4)** Se filtró en una columna de tamices N°. 14, 270 y 325 ubicados de forma descendiente,

- 5) Se recolectó la muestra del ultimo tamiz en tubos de centrifuga Falcon™ de 15 ml con ayuda de un embudo,
- 6) Se centrifugo a 3000 rpm durante cinco minutos, pasado este periodo se retiraron los tubos de la centrifugadora y se eliminó el sobrenadante de cada tubo,
- 7 Los tubos fueron completados con solución azucarada al 50% (500 g de azúcar en 1L de agua) y se centrifugó a 3500 rpm durante tres minutos, como recomienda Araya (1995),
- 8) Una vez cumplido este proceso se recuperó el sobrenadante donde quedaran flotando los nemátodos,
- 9) Se vertió el sobrenadante en el tamiz de 38 µm para realizar el lavado con agua corriente para eliminar el exceso de azúcar y así evitar el deterioro de los nemátodos y hacer más fácil el proceso de identificación,
- 10) Finalmente se recogieron 15 ml de agua con nemátodos y se colocaron en una caja de Petri para la cuantificación.
- 11) Se identificaron los nemátodos tomando alícuotas de 20 µL a partir de diferentes puntos de la caja Petri, se colocaron sobre un portaobjetos y se observaron con la ayuda de un microscopio.

Para la identificación de los diferentes géneros presentes en el suelo y raíces en el cultivo de plátano Dominico Hartón, se tomaron muestras de 10 ml y se evaluaron en el estereoscopio en una caja de Petri, los nemátodos encontrados fueron extraídos con tubos capilares y se colocaron en una lámina portaobjetos, se cubrieron para ser identificados con el microscopio, con ayuda de claves taxonómicas de Mai y Lyon (1975) y Manuales de identificación de géneros de nemátodos Guerrero (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación de especies de nematodos se realizó de forma descriptiva. Se cuantificarán los niveles promedios poblacionales de los nematodos. Los géneros de nemátodos fitoparasíticos identificados, según sus características morfológicas correspondieron a: *Helicotylenchus*, *Radopholus*, *Meloidogyne* y *Tylenchus* en el sitio de muestreo P3. En el género *Helicotylenchus* se detectó una alta población de nemátodos en las muestras de suelo. Para los sitios de muestreo P2 y P1, se identificaron dos géneros: *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* (Tabla 3).

Tabla 3. Número de especies totales por fincas (N° Individuos/10g de raíz)

Finca	Zona de muestreo	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Radopholus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Saprophytos</i>	<i>Macroposthonia</i>	Total
P1	Raíz	1	8	0	0	0	0	9
P2	Raíz	9	2	0	0	0	1	12
P3	Raíz	11	2	1	1	2	0	17

(N°Individuos/100g de suelo)								
Finca	Zona de muestreo	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Radopholus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Saprophytos</i>	<i>Macroposthonia</i>	Total
P1	Suelo	19	3	0	0	4	0	26
P2	Suelo	7	1	0	0	0	0	8
P3	Suelo	25	4	0	0	0	0	29
total		72	20	1	1	6	1	101

En la tabla 4 se observa que el número total de individuos (72) de *Helicotylenchus sp.*, superan a los demás nematodos fitoparásitos (*Meloidogyne* (20), *Tylenchus* (1), *Radopholus* (1)), incluyendo a los saprófitos (*Macroposthia* (1) y otros (6)). La cuantificación de nematodos no parásitos de plantas en el suelo es de gran importancia, ya que estos realizan un aporte importante a los procesos del ecosistema (ayudando a la descomposición de la materia orgánica, otros se alimentan de insectos y de sus larvas), (Bongers, 1993).

Tabla 4. Número de nemátodos fitopatógenos encontrados por muestra

Finca	Zona De Muestreo	Muestra	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Radopholus</i>	<i>Saprofito</i>	<i>Macroposthia</i>	Total
P1	RAIZ	M1	0	0	0	0	0	0	0
P1	RAIZ	M2	0	0	0	0	0	0	0
P1	RAIZ	M3	0	0	0	0	0	0	0
P1	RAIZ	M4	1	5	0	0	0	0	6
P1	RAIZ	M5	0	3	0	0	0	0	3
P1	SUELO	M1	6	0	0	0	1	0	7
P1	SUELO	M2	1	0	0	0	2	0	3
P1	SUELO	M3	2	0	0	0	1	0	3
P1	SUELO	M4	5	2	0	0	0	0	7
P1	SUELO	M5	5	1	0	0	0	0	6
P2	RAIZ	M1	4	0	0	0	0	0	4
P2	RAIZ	M2	5	0	0	0	0	1	6
P2	RAIZ	M3	0	0	0	0	0	0	0
P2	RAIZ	M4	0	0	0	0	0	0	0
P2	RAIZ	M5	0	2	0	0	0	0	2

P2	SUELO	M1	0	0	0	0	0	0	0
P2	SUELO	M2	0	0	0	0	0	0	0
P2	SUELO	M3	0	0	0	0	0	0	0
P2	SUELO	M4	2	0	0	0	0	0	2
P2	SUELO	M5	5	1	0	0	0	0	6
P3	RAIZ	M1	5	0	0	0	0	0	5
P3	RAIZ	M2	2	0	0	1	0	0	3
P3	RAIZ	M3	1	2	1	0	0	0	4
P3	RAIZ	M4	1	0	0	0	0	0	1
P3	RAIZ	M5	2	0	0	0	0	0	2
P3	SUELO	M1	13	1	0	0	1	0	15
P3	SUELO	M2	6	0	0	0	0	0	6
P3	SUELO	M3	2	3	0	0	1	0	6
P3	SUELO	M4	2	0	0	0	0	0	2
P3	SUELO	M5	2	0	0	0	0	0	2
TOTAL			72	20	1	1	6	1	101

Tabla 5. Parámetros ecológicos de nematodos patógenos asociados al cultivo de plátano.

PARÁMETRO	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Radopholus</i>	<i>Saprofito</i>	<i>Macroposthia</i>	Total
FRECUENCIA ABSOLUTA (FA)	20	9	1	1	5	1	37
FRECUENCIA RELATIVA (FR)	54%	24%	3%	3%	14%	3%	100%

En la tabla 5 se ilustra los niveles de infestación de las especies respecto a las muestras tomadas, en todas las fincas productoras se presentó la especie *Helicotylenchus* con un mayor número de individuos (FA 20) y con una FR del 54%. En la especie *Meloidogyne* ocupando el puesto de segundo lugar con una FR del 24% y una FA 9. *Tylenchus* se observó en menor proporción la población con una FA 1 y una FR 3% al igual que la especie *Radopholus*.

Los tejidos de las raíces en plátano son atacados por estos nemátodos fitoparásitos, Dentro de estos géneros se encuentra el *Helicotylenchus sp*, género en el que es complicado realizar la determinación hasta especie debido a la falta de información estándar, a diferencia de otras especies del género. El nemátodo espiral del plátano invade las capas externas del tejido cortical del huésped produciendo pequeñas lesiones necróticas características que son inicialmente amarillas y luego se tornan de color rojizo a negro (Gowen & Quénéhervé, 1990). Sin embargo, por su incidencia, distribución e importancia económica en cultivos de plátano (*Musa paradisiaca*) la especie más común de fitoparásitos encontrada es *Helicotylenchus multicinctus* (Siddiqi, 1973).

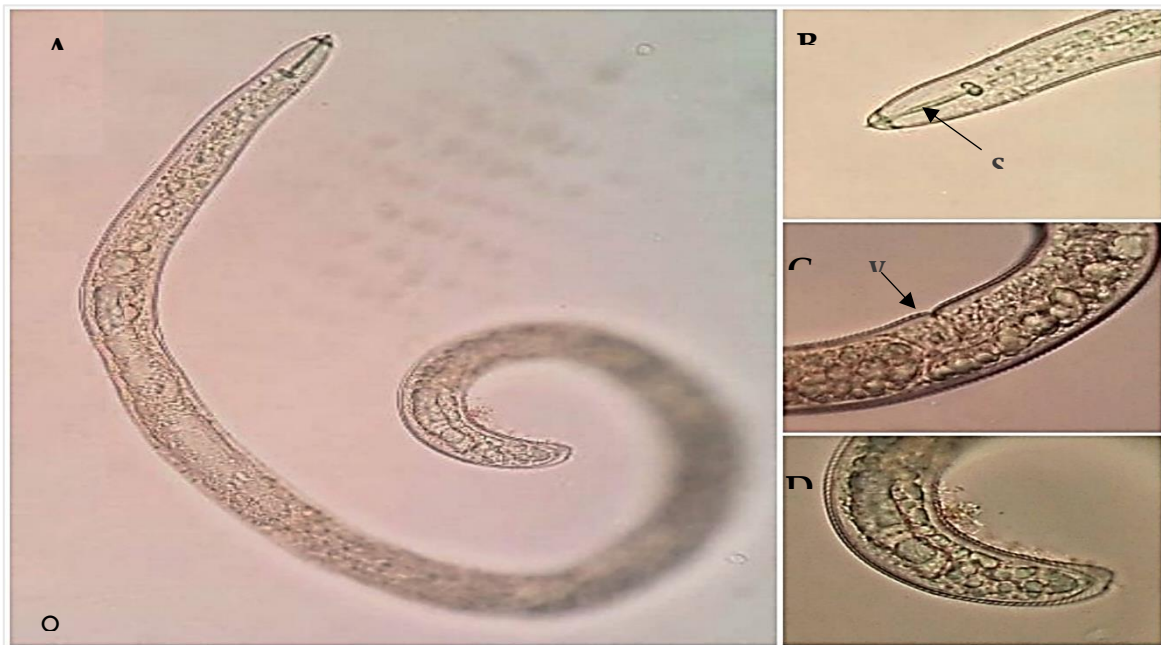


Figura 10. (A) Cuerpo de un adulto hembra del género *Helicotylenchus* sp. **(B)** Parte anterior del nemátodo en donde se observa el tamaño del estilete. S= estilete (lanza boca) para alimentarse **(C)** región vulvar de la hembra del género *Helicotylenchus* sp. V=vulva **(D)** Parte posterior del nemátodo en donde se observa la cola de la hembra del género *Helicotylenchus* sp. Observada en microscopio óptico a 40X. **Foto:** Autores.

Se observó a través del microscopio óptico a 40x, un nemátodo hembra adulto (Figura 10), que presentaba unas características morfológicas importantes que situaban el ejemplar en el género *Helicotylenchus* sp. Su cuerpo presentaba una forma de espiral, casi que formaba una media luna, su cabeza era redondeada como formando un cono figura 10(A); se pudo observar claramente el estilete (S) en la parte anterior del nemátodo, estructura que emplea para perforar las raíces y alimentarse de ellas y unos nódulos que se encontraban cerca de estos figura 10(B); la región vulvar fue la parte que determinó el sexo, esta estaba ubicada al 60% de la parte anterior del cuerpo figura 10(C); la cola presentaba una terminación en forma redondeada y curva figura 10(D). Según Crow (2012) los nemátodos del género *Helicotylenchus* sp presentan un cuerpo en forma de espiral completa cuando el nemátodo está muerto o en estado de reposo; la vulva (V) del adulto hembra se encuentra 59% a 62% de la longitud del cuerpo desde el extremo anterior del nematodo; su cola es asimétrica, siendo dorsalmente curvada con una proyección redondeada.

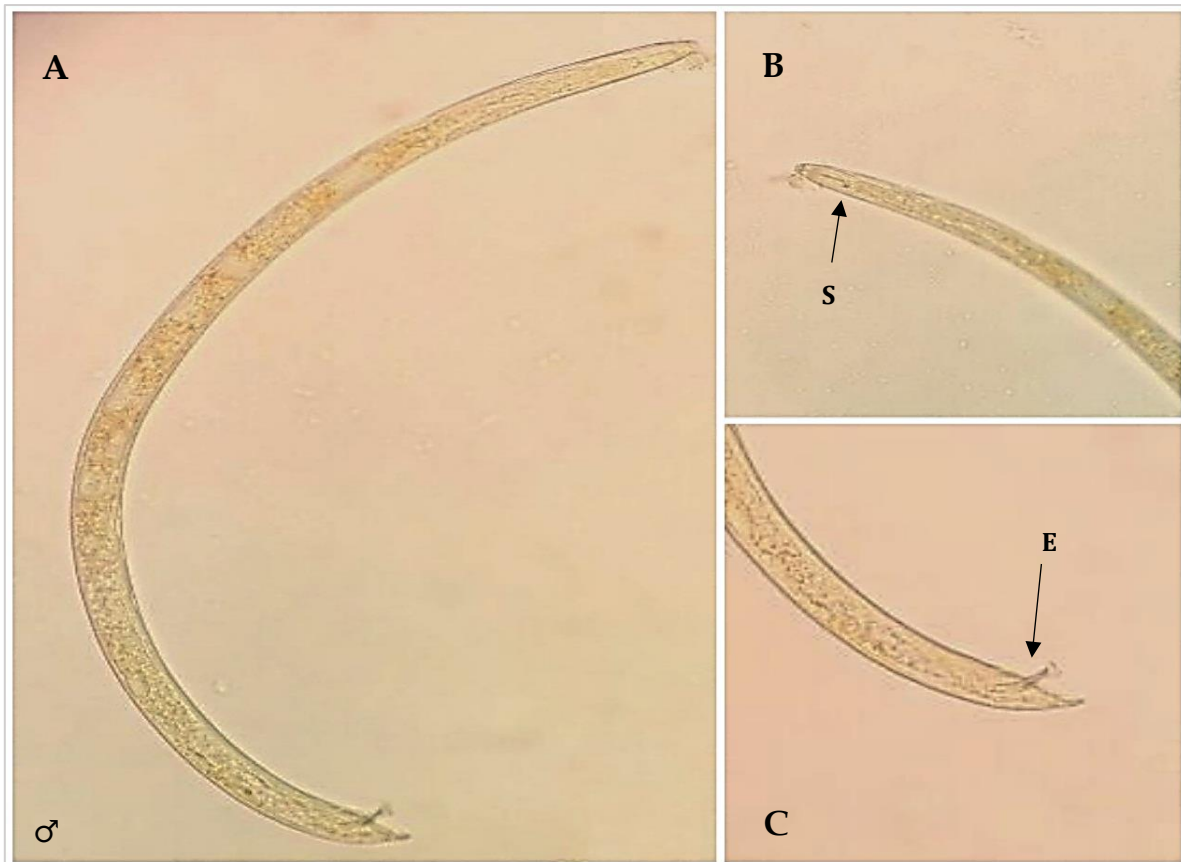


Figura 11. (A) Cuerpo de un adulto macho del género *Helicotylenchus* sp. (B) Parte anterior del nemátodo en donde se observa el tamaño del estilete. S= estilete (lanza boca) para alimentarse (C) Parte posterior del nemátodo en donde se observa la espícula, E=Estipula y la forma de la cola del macho del género *Helicotylenchus* sp. Observada en microscopio óptico a 40X. Foto: Autores.

En su revisión, Coyne *et al.* (2007), mencionan a *Helicotylenchus* sp como un nemátodo espiral, donde éste, se encuentra generalmente enrollado en una forma de espiral amplia o en forma de C; la hembra presenta dos ovarios, con la cola dorsalmente curvada y su región labial es alta, cónica y redondeada.

En la figura 11, se muestra un macho adulto del género *Helicotylenchus* sp, que presentaba las mismas características morfológicas generales de la hembra mencionadas anteriormente por Coyne *et al.* (2007), como son: cuerpo en forma espiral, estilete para alimentarse y perforar las raíces mas jóvenes; así como la forma de la cola dorsalmente curvada. De otro lado, presentaba sus gónadas visibles y bien desarrolladas con una estructura conocida como espícula figura 11 (C), con función reproductiva; Maggenti (1981) recalca, que la espícula en los machos esta bien desarrollada. Según Lara *et al.* (2016) se evidencia, en la región posterior (cola), una terminación cónica con una proyección ventral hialina.

Los resultados obtenidos por Coyne *et al.* (2007), Maggenti (1981) y Lara *et al.* (2016) coinciden para el género estudiado *Helicotylenchus* spp., evidenciando las características morfológicas más importantes para éstos nemátodos fitoparasitos.

Por otra parte, el nemátodo *Radopholus* spp, más conocido como el nemátodo barrenador, se caracteriza por un marcado dimorfismo sexual. En el macho adulto encontrado (figura 12) se encontró que la parte anterior de la cabeza es elevada sobresaliente, presentó un estilete poco desarrollado, su cabeza de forma ovalada y presentaba un cuello marcado figura 12 (B); poseía una bolsa que recubre dos tercios de la cola, cuya punta era aguda y redondeada y presentaba una espícula poco desarrollada cubierta por una membrana hialina llamada bursa, figura 12 (C).



Figura 12. (A) Cuerpo de un adulto macho *Radopholus* spp (B) Parte anterior del nemátodo (C) Parte posterior del nemátodo en donde se observa la espícula, E=Estipula y la forma de la cola del macho del género *Radopholus* spp. Observada en microscopio óptico a 40X. **Foto:** Autores.

El dimorfismo sexual con respecto a la forma de la región de la cabeza solo está presente en *Radopholus* sp; en especímenes machos, la región de la cabeza es alta, a menudo en forma de una protuberancia, más sobresalida con una débil esclerotización y un estilete degenerado, con una bolsa (bursa) que se extiende por más de 2/3 de largo de la cola (Carlier et al., 2003). *Radopholus* sp, es un nemátodo endoparásito migratorio; esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado y se consideran no-parasíticos (Pinochet & Stanton, 1996). Los resultados alcanzados bajo este estudio son similares a los autores descritos anteriormente, quienes realizaron estudios en plantas de plátano (*Musa paradisiaca*), indicando una respuesta similar en las características morfológicas para los géneros (*Helicotylenchus* sp, *Radopholus* sp).

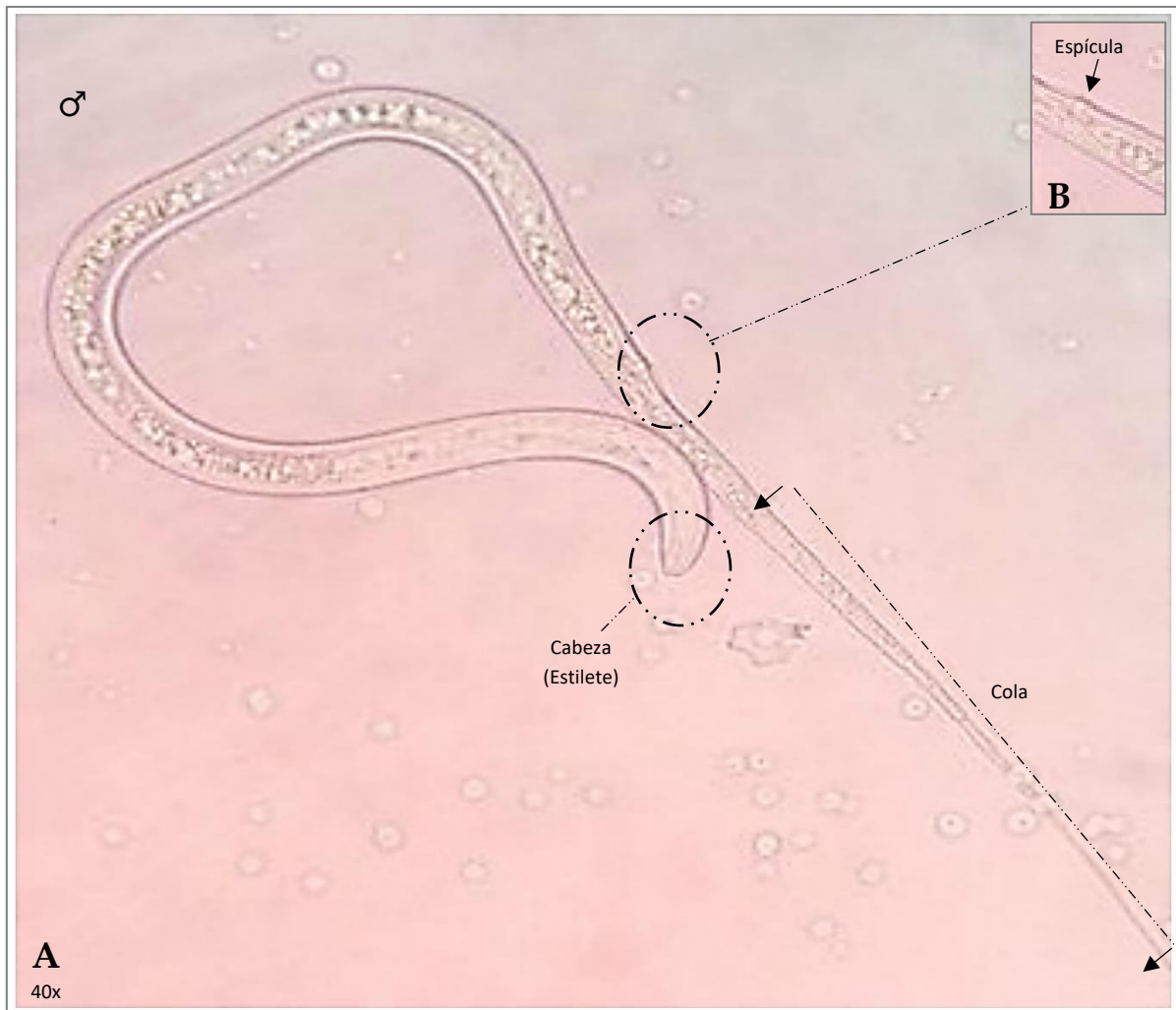


Figura 13. (A) Macho adulto de *Tylenchus* sp y sus partes morfológicas más importantes. **(B)** Espícula
Foto: Autores

Por otro lado, tenemos un adulto macho del género *Tylenchus* sp, es un nemátodo grande que presentó una cola menos filiforme y su hábito es en forma de C, se observó una coloración traslúcida e incolora, se le encontró una espícula bien desarrollada pero poco diferenciada. No se observó la bursa (Figura 13). Domingo et al (2007) describe que los nemátodos del género *Tylenchus* sp, son de tamaño pequeño a mediano. Según Ramírez (1997), *Tylenchus* sp presentan cuerpo delgado, estilete débil, sin superposición; de cola filiforme, con estilete débil poco notorio. Okada et al., (2003) menciona que los nemátodos del género *Tylenchus* sp, poseen un estilete generalmente pequeño, delicado. Por lo general, de cuerpo esbelto y alargado.



Figura 14. *Meloidogyne* sp. Estado Juvenil. **Foto:** Autores

Los individuos del género *Meloidogyne*, se encontraron en estado Juvenil y no tenían sus estructuras bien desarrolladas (Figura 13). Las características vistas en el laboratorio de los géneros mencionados y descritos anteriormente, coinciden con las enunciadas por los autores en sus estudios, sin embargo, se deben emplear muchas más técnicas taxonómicas si se desea realizar un estudio más profundo.

RECOMENDACIONES

Algunas de las recomendaciones que se les sugiere a los agricultores de la zona son las siguientes:

Barbecho: Consiste en dejar el suelo sin cultivar durante un cierto tiempo, principalmente durante los meses más calurosos, y removerlo de forma periódica

Rotación de cultivos: La rotación de cultivos consiste en la plantación de cultivos sucesivos que no tienen posibilidad de ser infectados por nematodos, con pocas posibilidades o cultivos trampa. Este método es el más usado para reducir esta plaga. Su efectividad depende de la selección adecuada de la secuencia de cultivos a emplear, a partir de la identificación de especies y razas de nematodos presentes, así como sus niveles poblacionales.

Cultivos trampa: Es una técnica muy útil para eliminar una parte de la población de nematodos sedentarios. Consiste en sembrar un cultivo susceptible de ser infectado por nematodos, dejarlo crecer por un período de tiempo y eliminarlo antes de la formación de huevos previa a la siembra del siguiente cultivo.

Cultivos de cobertura: Consiste en la siembra de un cultivo no comercial, que a un nivel dado de madurez se incorpora al suelo como residuos verdes secos. Además, los cultivos de cobertura controlan la erosión e incrementan la calidad del suelo.

Enmiendas del suelo: Las enmiendas orgánicas como el compost, estiércol y residuos de cultivos pueden controlar los patógenos del suelo, además de ser fácilmente aplicados. Con ellos, aumentan considerablemente los enemigos naturales de los nematodos, lo cual reduce los niveles de esta plaga. (Inesta, 2019). (Estas recomendaciones son más económicas que la aplicación de nematicidas y aun así siguen siendo efectivas).

CONCLUSIONES

- Se identificaron los nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano *dominico hartón* en el área geográfica estudiada, que afectan el crecimiento radicular, los cuales fueron: *Tylenchus*, *Radopholus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*, estos últimos se encontraban en estado juvenil.
- La población de nematodos patógenos encontrada en estas tres fincas se sitúa de esta manera: *Helicotylenchus* 72 nematodos/100gr de suelo, *Meloidogyne* 20 nematodos/100gr de suelo, *Radopholus* 1 nematodo/100gr de suelo, *Tylenchus* 1 nematodos/100gr de suelo
- *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* presentaron una FR del 54% y 24%, respectivamente, ambos ocasionando daños visibles sobre las raíces. *Tylenchus* spp, presenta especies parásitas, pero no causan daños económicos significativos
- Se identificó uno de los nematodos saprofitos encontrados como *Macroposthia*.
- Se presentó un diagnostico a las fincas y a su vez recomendando la implementación de prácticas culturales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de Los Llanos, por facilitar las instalaciones del laboratorio de Microbiología Agrícola para los análisis de raíces y suelo y a los agricultores que amablemente concedieron el permiso para el muestreo y cuyos datos se mantienen en el anonimato a petición suya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araya, A. (1995). Densidad poblacional y frecuencia de los nemátodos parásitos de banano (*Musa paradisiaca*) en nueve cantones de Costa Rica. Corbana Costa Rica. 20(43):6-11.

Arias-García, J. S., & Aristizábal-Loaiza, M. (2021). Effects of paclobutrazol and mepiquat chloride on the growth and development of plantain Dominico Hartón (Musa AAB). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 15(1).

Belalcázar, S., J. Toro y R. Jaramillo. (1991). El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica No. 50. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; CIID; Comité de Cafetaleros de Colombia; Inibap, Cali, Colombia.

Blasco López, G., & Gómez Montaña, F. J. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). Rev Med UV.

Bongers, R. et al. 1993. Feeding habits in nematode families and genera- an outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25:315-331.

Bonilla, A. E. B., Masabanda, J. G. C., & Reyes, M. F. J. (2020). Manejo Fitosanitario de las Principales plagas del Plátano del clon Dominico–Hartón. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 5(9), 204-222.

Carlier, J., Waele, D. D., & Escalant, J.-V. (2003). Apendice VII. Identificación y preparación de los nemátodos endoparasitos. En Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nemátodos (págs. 44-45). Bioversity International.

Chaves, M. E. (2014). Densidad y diversidad de nemátodos fitoparásitos y de suelo en sistemas orgánicos y convencionales de café en asocio con banano en el Valle Central y Occidental de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Agricultura Ecológica.

Coyne, D., Nicol, J., & Claudius-Cole, B. (2007). Apendice 2. Identificación Básica de los nemátodos. En Practical plant nematology: a field and laboratory guide (pág. 72). Cotonou, Benin: SP-IPM Secretariat, international Institute of Tropical Agriculture (IITA).

Crow, W. (2012). nombre común: Espiral nemátodo nombre científico: *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner, 1941) de oro, 1956 (Nematoda: Tylenchida: Hoplolaimidae). Florida: Universidad de Florida.

Domingo, J., Peralta, P., & Reyes, S. (2007). Nematoda: Mononchida. España: Editorial CSIC - CSIC.

Gamboa E., (2019). Identificación taxonómica y molecular de especies del nemátodo lesionador de la raíz *Pratylenchus* (Nematoda: *Pratylenchidae*) asociado a cuatro cultivos de Costa Rica,

García, H. G., Pedraza, A. F. G., Pineda, M., Casanova, M., Yzquierdo, G. A. R., & Bracho, A. S. (2021). Poblaciones de fitonemátodos asociados al vigor de plantas de plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 163-177.

Gowen S. & P. Queneherve 1990. Nematodes of Bananas, Plantains and Abaca. in plant Parasitic Nematodeis in Subtropical and Tropical agricultura. International Londres. 431-460.

Guerrero, R. (2017). Manual de nemátodos fitoparásitos, identificación de especies cuarentenarias. Ecuador, Quito: Agrocalidad.

Guzmán-Piedrahita, Ó., & Cataño-Zapata, J. (2004). Reconocimiento de nemátodos fitopatógenos en plátanos dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*), África, Fhia-20 y Fhia-21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 28, 295-301.

Hernández, L., & Vit, P. (2009). El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional. p. (29-35). *Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida*.

Holguín A. (2018). Nematodos Parásitos Asociados Al Cultivo De Banano (*Musa Spp.*) En El Distrito De La Matanza, Valle Del Alto Piura, Piura- Perú. Universidad Nacional De Piura.

Hoyos-Leyva, J. D., Jaramillo-Jiménez, P. A., Giraldo-Toro, A., Dufour, D., Sánchez, T., & Lucas-Aguirre, J. C. (2012). Physical, morphological characterization and evaluation of pasting curves of *Musa spp.* *Acta Agronómica*, 61(3), 214-229.

Lara Posadas, S., Núñez Sánchez, Á., López-Lima, D., & Carrión, G. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa*

acuminata AA) en el centro de Veracruz, México. Mexico : Revista mexicana de fitopatología, 34(1), 116-130.

Lara Posadas, S.V., Núñez Sánchez, Á.E., López-Lima, D., & Carrión, G. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. Revista mexicana de fitopatología, 34(1), 116-130.

Maggenti, A. (1981). General Nematology. Springer-Verlang. New York, p.159-200.

Martínez, H., Y. Peña y C. Espinal. 2006. La cadena de plátano en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. En: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de trabajo No. 102. Bogotá, Colombia.

Montoya López, J. (2020). Formulación de una matriz alimentaria a base de harina de plátano Dominico Hartón (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de alimentos funcionales libres de gluten. Repositorio Institucional UNAL: Biblioteca Digital. Universidad Nacional de Colombia: UNAL, URI: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78569>

Navarrete, F., & Stalin, D. (2018). Obtención de harina de plátano verde tipo Hartón (*Musa AAB*) precocida y fortificada (*Bachelor's thesis*, Quito:UCE).

Ortiz D., Mosquera A., & Varón D., Journal of Nematology. Volume 52, Pages 1-19, DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-054>

Pérez, L. A. B., Ramos, S. M. C., Manilla, R. R., Feria, J. S., & Aparicio, A. J. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (var. Macho). Agrociencia, 36(2), 169-180.

Piedrahita, Ó. A. G. (2015). El nemátodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. Revista Luna Azul (On Line), (33), 137-153.

Pinochet, I., & Stanton, J. (1996). El Nemátodo Barrenador Del Banano *Radopholus Similis* COBB-Plagas de Musa - Hoja Divulgativa No. 1. FRANCIA: Parc Scientifique Agropolis II.

Ramírez, O. C. (1997). Distribucion Y Frecuencia De Ocurrencia De Nemátodos De Ca.Fe (*Coffea Arábica* L.) En La Provincia De Leoncio Prado. Tingo Maria-Peru.

Seinhorst, J. W. (1962). On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. Nematologica, 8(1), 29-32.

Siddiqi, M.R (1985). CIH Descripciones de nemátodos parásitos de plantas. Juego 8, Nos. 106–120.

Thorne G. 1961. Principles of Nematology USA McGraw-Hill-book Company. 547p.

Trivino, C., & Farias, E. (2004). Antagonistas nativos para manejo de *Radopholus similis* en banano. INIAP Archivo Histórico.

Vázquez-Pineda, A., Bravo-de-la-Parra, A., Mendoza-de-Gives, P., Liébano-Hernández, E., Hernández-Linares, I., Yáñez-Pérez, N., ... & López-Arellano, M. (2012). Uso de productos derivados de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control en nemátodos de importancia veterinaria: Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 3(1), 77-88.

Zuckerman, B., Mai, W., & Harrison, M. (2010). Fitonematología. Turrialba, Costa Rica: Orton IICA / CATIE.

ANEXOS



Anexo 1. (A) Cultivo de plátano, (B) Síntomas de afectación por *Helicotylenchus* sp en las raíces de plátano (C) corte de raíz para ver las lesiones causadas por *Helicotylenchus* sp en el interior de la raíz.



Anexo 2. *Helicotylenchus* sp.



Anexo 3. Extracción de nemátodos del suelo y de las raíces, mediante el método de licuado, centrifugación y flotación en azúcar.