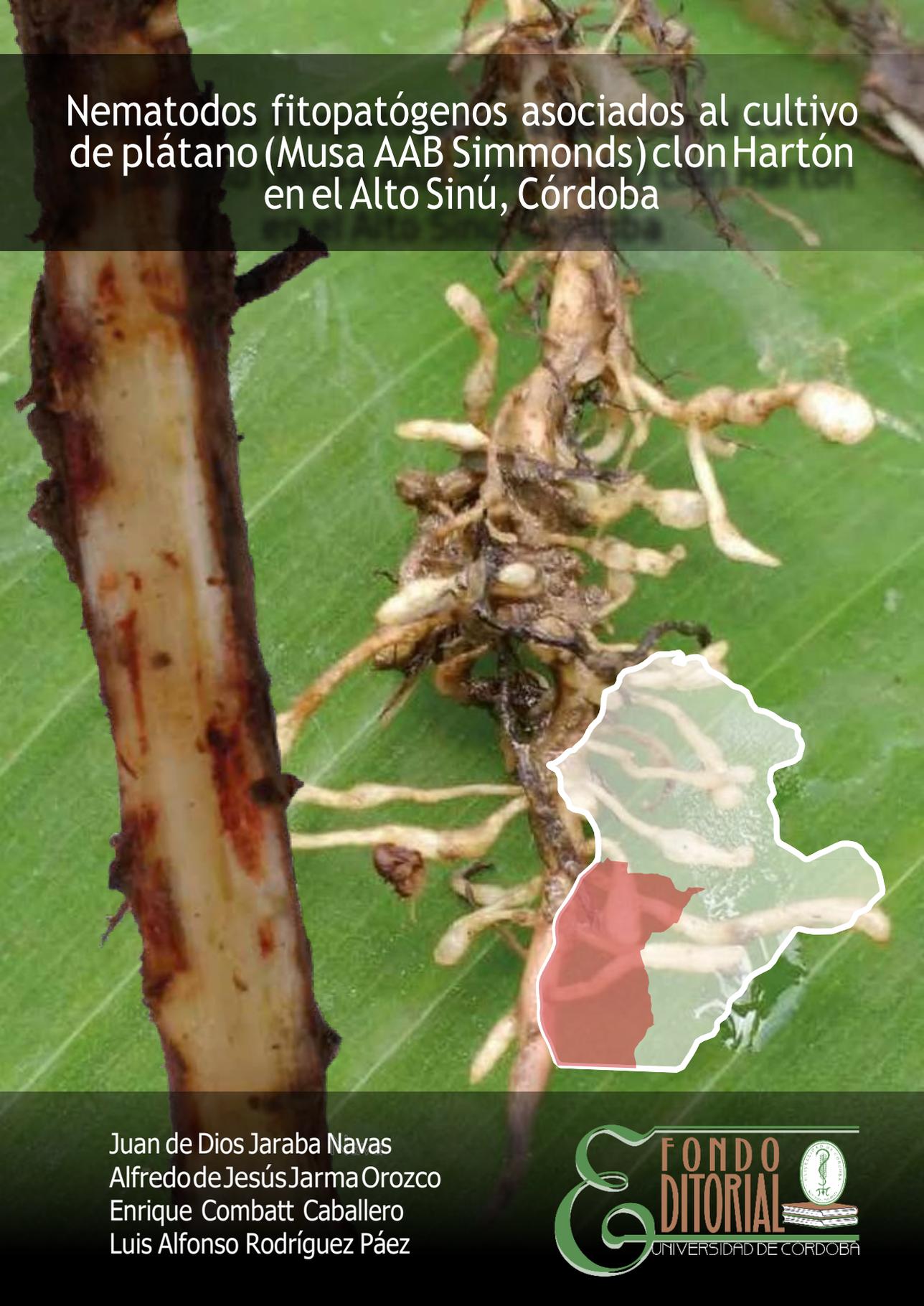


# Nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) clon Hartón en el Alto Sinú, Córdoba



Juan de Dios Jaraba Navas  
Alfredo de Jesús Jarma Orozco  
Enrique Combatt Caballero  
Luis Alfonso Rodríguez Páez

**NEMATODOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS AL  
CULTIVO DE PLÁTANO (Musa AAB Simmonds)  
CLON HARTÓN EN EL ALTO SINÚ, CÓRDOBA**

**JUAN DE DIOS JARABA NAVAS** Ph.D. Fitopatología

**ENRIQUE COMBATT CABALLERO** Ph.D. Suelos y Nutrición Mineral

**ALFREDO JARMA OROZCO** Ph.D. Fisiología de Cultivos

**LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ PÁEZ** M.Sc, Biotecnología

# **NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE PLÁTANO (Musa AAB Simmonds) CLON HARTÓN EN EL ALTO SINÚ, CÓRDOBA**

JUAN DE DIOS JARABA NAVAS Ph.D. Fitopatología  
jjaraba@correo.unicordoba.edu.co

ENRIQUE COMBATT CABALLERO Ph.D. Suelos y Nutrición Mineral  
emcombatt@correo.unicordoba.edu.co

ALFREDO JARMA OROZCO Ph.D. Fisiología de Cultivos  
ajarma@correo.unicordoba.edu.co

LUIS ALFONSO RODRÍGUEZ PÁEZ M.Sc, Biotecnología  
larguez@correo.unicordoba.edu.co

Derechos reservados © 2020,  
Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas,  
Grupo regional de investigación participativa de los pequeños productores de  
la costa atlántica - INVEPAR  
Carrera 6 No. 77- 305 Montería - Córdoba, Colombia | Código Postal: 230002  
Nit: 891080031-3 | repositorio@correo.unicordoba.edu.co

Primera edición Impreso en Colombia  
ISBN : 978-958-49-0777-6  
ISBNe: 978-958-5104-52-5

Tipo de Contenido: Libros universitarios, noviembre del 2020, Universidad de Córdoba.

Tipo de soporte: libro digital descargable Formato: PDF, Tamaño: 2.3 Mb  
Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/>



Esta obra es una publicación de acceso abierto con los principios de Creative Commons Attribution 4.0 International License, que permite la descarga de la obras y compartir siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarse de forma comercial.

---

## **NOTA**

Este trabajo fue realizado como parte del proyecto de investigación “Nematodos Asociados al Cultivo de Plátano (*Musa Aab*) C.V Hartón en Zonas Productoras del Sur de Córdoba y El Urabá Antioqueño”, registrado ante la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad de Córdoba.



## **RECONOCIMIENTOS**

Queremos reconocer a la UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA por el apoyo dado en la realización de este trabajo.

También queremos reconocer el apoyo del personal de los laboratorios de Fitopatología y Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, así como el de los productores de plátano de la zona productora de los municipios de Tierralta y Valencia.



## **DEDICATORIA**

A nuestras familias, por su apoyo y por haber tolerado que sacrificáramos tiempo con ellos, para dedicarlo a la elaboración de este libro.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>CAPÍTULO I</b>	17
	<b>Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (<i>Musa AAB</i>) C.V. Hartón, en Tierralta y Valencia, Córdoba</b>	17
1.1.	INTRODUCCIÓN	17
1.2.	GENERALIDADES	21
1.2.1.	Cultivo de plátano	21
1.2.2.	Origen y distribución geográfica	21
1.2.3.	Morfología del cultivo	22
1.2.4.	Principales materiales de plátanos cultivados en Colombia	23
1.2.5.	Características del cultivo de plátano	24
1.2.6.	Ecofisiología del cultivo	25
1.2.7.	Producción nacional y departamental	25
1.2.8.	Problemas sanitarios del plátano	28
1.2.9.	Características de los nematodos	29
1.2.10.	Nematodos fitoparásitos de importancia económica en el cultivo de plátano.	30
1.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
<b>2.</b>	<b>CAPÍTULO II</b>	41
	<b>Identificación de géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba</b>	41
2.1.	INTRODUCCIÓN	41
2.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
2.2.1.	Localización	43
2.2.2.	Fase de campo	43
2.2.3.	Fase de laboratorio	45
2.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
2.3.1.	Características de los géneros encontrados	47
2.3.2.	Abundancia relativa de géneros de nematodos	65
2.4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III</b>	75
	<b>Descriptores ecológicos de los géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba</b>	
		75
3.1.	INTRODUCCIÓN	75
3.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	79
3.2.1.	Fase de laboratorio	79
3.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
3.3.1.	Curva de acumulación de especies	83
3.3.2.	Índices de diversidad biológica	84
3.4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV</b>	95
	<b>Características físicas y químicas del suelo y su relación con las poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano</b>	
		95
4.1.	INTRODUCCIÓN	95
4.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	97
4.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
4.3.1.	Factores edáficos del suelo	99
4.3.2.	Análisis de distribución espacial y de similitud ecológica	101
4.4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Producción de plátano en Colombia (Agronet, 2019).	26
<b>Tabla 2.</b>	Producción de plátano en el departamento de Córdoba (Agronet, 2019).	27
<b>Tabla 3.</b>	Lotes muestreados en las zonas productoras de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba.	44
<b>Tabla 4.</b>	Géneros de nematodos y número de individuos por género encontrados en la zona productora de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, de Córdoba.	46
<b>Tabla 5.</b>	Parámetros morfométricos de los diferentes aislamientos de <i>Meloidogyne</i> spp. obtenidos del cultivo de plátano de las zonas agrícolas del departamento de Córdoba.	58
<b>Tabla 6.</b>	Géneros de nematodos encontrados por finca en la zona productora de plátano del municipio de Tierralta.	81
<b>Tabla 7.</b>	Géneros de nematodos encontrados por finca en la zona productora de plátano del municipio de Valencia.	82
<b>Tabla 8.</b>	Valores de las variables físico-químicas de los suelos en las Fincas productoras de plátano en el municipio de Tierralta – Córdoba.	99
<b>Tabla 9.</b>	Valores de las variables físico-químicas de los suelos de las fincas productoras de plátano en el municipio de Valencia – Córdoba.	100
<b>Tabla 10.</b>	Eigenvalores de la matriz de covarianza de variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Tierralta-Córdoba.	103
<b>Tabla 11.</b>	Eigenvectores de las variables asociadas a los componentes principales calculados de la matriz de covarianza de las variables físico-químicas y los descriptores biológicos en Tierralta – Córdoba.	103

<b>Tabla 12.</b>	Índices ecológicos de las poblaciones de nematodos en la zona productora de plátano de Tierralta y Valencia, Córdoba.	106
<b>Tabla 13.</b>	Eigenvalores de la matriz de covarianza de variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Valencia-Córdoba.	108
<b>Tabla 14.</b>	Eigenvectores de la matriz de covarianza de las variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Valencia-Córdoba.	108

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1.** Georeferenciación de los lotes muestreados en las zonas productoras de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba 43
- Figura 2.2.** Región anterior y posterior de género *Aphelenchoides*. **A:** Región cefálica esclerotizada, continua. Estilete poco desarrollado, delgado. Metacorpúsculo bien desarrollado, ocupando la mayor parte del ancho del cuerpo. **B:** Cola redondeada, terminada en un mucrón. Fotografía: Juan Jaraba. 48
- Figura 2.3.** Región anterior de género *Aphelenchus*. Región cefálica esclerotizada, continua. Estilete, delgado, nódulos poco desarrollados. Metacorpúsculo, bien desarrollado, ocupando la mayor parte del ancho del cuerpo. Fotografía: Juan Jaraba 49
- Figura 2.4.** *Criconema* spp. **A.** Cuerpo de una hembra, con cutícula fuertemente anillada. **B.** Región anterior con estilete fuertemente prominente. Fotografía: Juan Jaraba. 50
- Figura 2.5.** Región anterior de *Dorylaimus* sp. Este género tiene cutícula lisa, odontoestilete bien desarrollado y la región labial diferenciada del contorno del cuerpo. Fotografía: Juan Jaraba. 51
- Figura 2.6.** Región anterior y posterior de género *Haplolaimus*. **A:** Región cefálica esclerotizada, separada del cuerpo, estilete bien desarrollado y con nódulos basales proyectados hacia la parte anterior. **B:** Cola redondeada. Fotografía: Juan Jaraba. 52
- Figura 2.7.** *Helicotylenchus* spp. **A:** Hembra en reposo en forma de espiral. Vulva posecuatorial. **B.** Región cefálica fuertemente esclerotizada, estilete robusto. Fotografía: Juan Jaraba. 53
- Figura 2.8.** Microfotografía del patrón perineal de *Meloidogyne incognita*. Arco dorsal alto y cuadrado (**A**); arco dorsal alto y ligeramente cuadrado o redondeado (**B**). Arco dorsal ligeramente bajo, redondeado o cuadrado (**C**) aislado del cultivo de plátano en la zona productora del Alto Sinú, Córdoba. Fotografía: Juan Jaraba. 56

- Figura 2.9.** Microfotografía de la región anterior de *Meloidogyne incognita*. Nódulos de estiletes redondos en el mismo plano. Juan Jaraba. 57
- Figura 2.10.** Microfotografías de *Meloidogyne arenaria*. **A.** Patrón perineal de arco dorsal redondeado, estrías curvadas ligeramente hacia las líneas laterales, formando una ondulación “hombreira”. **B.** Región anterior, estilete con nódulos proyectados hacia la región posterior del cuerpo aislado del cultivo de plátano en el departamento de Córdoba. Fotografía: Juan Jaraba. 57
- Figura 2.11.** Región anterior y posterior de un macho de *Paratylenchus* spp. **A.** Región cefálica continua, estilete delgado, con nódulos basales poco desarrollado. **B.** Espículas ligeramente curvadas, cola cónica. Fotografía: Juan Jaraba. 59
- Figura 2.12.** *Pratylenchus* spp. A. Juvenil B. Región cefálica con cabeza esclerotizada, separada del cuerpo. Estilete corto, robusto con nódulos basales redondos. Fotografía: Juan Jaraba. 60
- Figura 2.13.** *Psilenchus* sp. (A, B). **A.** Cuerpo filiforme. **B.** Región posterior con espículas prominentes, curvadas ventralmente y cola filiforme terminada en una dilatación redondeada. Fotografía: Juan Jaraba. 61
- Figura 2.14.** Nematodo barrenador del plátano y banano (*Radophulus región similis* (Cobb) Thorne). **A:** Hembra con región cefálica bien esclerotizada, labios continuos y estilete masivo (Foto cortesía de Ángela María Chavez Velásquez, Universidad de Caldas). **B:** Región anterior redondeada y el estilete pequeño en el macho. **C:** Región posterior con ala caudal pronunciada, cubriendo las espículas curvadas ventralmente. Fotografías B y C: Juan Jaraba. 62
- Figura 2.15.** *Rotylenchulus reniformis*, nematodo arriñonado del plátano y banano. **A:** Región anterior fuertemente esclerotizada y estilete conspicuo. **B:** Región posterior de forma arriñonada, con vulva postecuatorial. Fotografía: Juan Jaraba. 63
- Figura 2.16.** *Trophorus*. **A:** Región anterior y posterior del género *Trophorus*. Región labial cónica con estilete delgado y nódulos basales poco desarrollados. **B:** Cola redondeada con región hialina sin anulaciones. Fotografía: Juan Jaraba. 64
- Figura 2.17.** *Tylenchus*. Región anterior y posterior del genero *Tylenchus*. **A:** Región cefálica continua, estilete débil y esófago no sobrepuesto. **B:** Cola cónica, filiforme. Fotografía: Juan Jaraba. 64

<b>Figura 2.18.</b>	Abundancia relativa de los géneros de nematodos encontrados en el municipio de Tierralta.	65
<b>Figura 2.19.</b>	Abundancia relativa de los géneros de nematodos encontrados en el municipio de Valencia.	66
<b>Figura 2.20.</b>	Abundancia relativa de la población de nematodos en las fincas del municipio de Valencia.	67
<b>Figura 2.21.</b>	Abundancia relativa de la población de nematodos en las fincas del municipio de Tierralta.	67
<b>Figura 3.1.</b>	Curva de Acumulación de especies de nematodos asociados al cultivo del plátano en el municipio de Tierralta (Córdoba).	83
<b>Figura 3.2.</b>	Curva de Acumulación de especies de nematodos asociados al cultivo del plátano en el municipio de Valencia (Córdoba).	84
<b>Figura 3.3.</b>	Índice de Dominancia y Diversidad de Shannon H, de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Tierralta.	85
<b>Figura 3.4.</b>	Índice de Riqueza Especifica e índice de Equitatividad de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Tierralta (Córdoba).	86
<b>Figura 3.5.</b>	Índice de Dominancia y Diversidad de Shannon H, de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Valencia.	87
<b>Figura 3.6.</b>	Índice de Riqueza Especifica e índice de Equitatividad de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Valencia (Córdoba).	88
<b>Figura 4.1.</b>	Ubicación de lotes muestreados en cada municipio y número de nematodos por finca en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.	102
<b>Figura 4.2.</b>	Diagrama de dispersión de los componentes 1 y 2 del municipio de Tierralta- Córdoba. Los puntos representan las fincas muestreadas.	104
<b>Figura 4.3.</b>	Contenidos de arena en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.	105

<b>Figura 4.4.</b>	Diagrama de dispersión de los componentes 1 y 2 del municipio de Valencia - Córdoba. Los puntos representan las fincas muestreadas.	110
<b>Figura 4.5.</b>	Porcentajes de limo en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.	111
<b>Figura 4.6.</b>	Porcentajes de arcilla en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.	112

# CAPÍTULO 1

---

## ***Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (Musa AAB) C.V. Hartón, en Tierralta y Valencia, Córdoba.***

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

#### **El cultivo de plátano en Córdoba**

En Colombia durante el primer trimestre del 2019, los cultivos agrícolas aportaron 9,123 billones de pesos al producto interno bruto nacional. Dentro de estos cultivos, el plátano es de gran importancia debido a su aporte en la seguridad alimentaria y a su alto valor nutricional y económico. El plátano es fuente importante de energía, fibra, vitaminas A, B y C y minerales P, K, Ca, Mg y S, no tiene colesterol, es altamente digestivo y gran parte de su peso esta constituido por agua (IICA, 2007; Robinson & Galán, 2012).

En el país se siembran 431.556 hectáreas de plátano, con rendimiento promedio de 9 ton.ha<sup>-1</sup>. El consumo nacional es de 4,1 millones de toneladas y este cultivo genera alrededor de 308.000 empleos directos y 792.000 empleos indirectos (MADR, 2018). Dentro de las zonas productoras, el departamento de Córdoba es el sexto productor con 257.634 ha sembradas, que representan el 13% del área cultivada del

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, departamento y el 5,6% del área de plátano a nivel nacional, las cuales produjeron 291.098 ton (Agronet, 2019).

Dentro de las zonas productoras de este cultivo en Córdoba, la región del Alto Sinú, constituida por los municipios de Tierralta y Valencia, es una de las zonas de mayor importancia y tradición en la producción de plátano, con un área sembrada de 6.967 ha, que producen 98.862 ton.ha<sup>-1</sup> y un promedio de producción de 13 ton., lo que la ubica en la segunda posición de importancia productiva (25% del área) después de la zona costanera del departamento, constituida por los municipios de Moñitos, Los Córdoba, Puerto Escondido y San Bernardo del Viento (44% del área) (Agronet, 2019).

### **Algunos aspectos fitosanitarios del cultivo**

El plátano en las zonas productoras de Colombia, es afectado por una serie de insectos fitófagos y enfermedades que causan serios detrimentos en la producción. Entre los insectos se encuentran los picudos negro, rayado y amarillo (*Cosmopolites sordidus* Germar, *Metamasius hemipterus* Linnaeus y *Metamasius hebetatus* Gyllenhal, respectivamente). Dentro de las enfermedades que afectan este cultivo se encuentran las bacterias como el moko (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith. Raza 2) y la pudrición acuosa del pseudotallo (*Dickeya chrysanthemi* Burkholder); enfermedades virales tales como el mosaico del pepino (*Cucumber mosaic cucumovirus*, CMV) y el rayado del banano (*Banana streak Obino L'Ewai badnavirus*, BSOLV); enfermedades fungosas como la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach) y el mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) (ICA, 2014), y los nematodos, entre los cuales se encuentran: *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, *Pratylenchus* spp., *P. araucencis*, *Helicotylenchus* spp. Cobb, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood y *M. arenaria* Neal (Belarcazar y Merchan, 1991; Guzmán & Castaño, 2004; Jaraba *et al.*, 2008; Múnera, 2008; Múnera *et al.*, 2009).

## Los nematodos y el plátano

Los nematodos reducen el crecimiento de plantas afectadas, disminuyen el tamaño, número de hojas y frutos, lo que hace que las plantas enfermas sean susceptibles al volcamiento. (Guzman y Castaño, 2004). Dentro de los nematodos patógenos de plantas, son de gran importancia económica en el cultivo de plátano por su amplia distribución y rango de plantas hospederas los géneros: *Meloidogyne* (nematodos agalladores), *Radopholus* (nematodo barrenador), *Pratylenchus* (nematodo lesionador) y *Helicotylenchus* (nematodo espiral) (Haddad *et al.*, 1975, Eisenback *et al.*, 1981 McSorley y Parrado, 1986). Estos nematodos causan daño en raíces y cormo, afectando el crecimiento de las plantas, disminuyendo número y tamaño de hojas y raíces e induciendo el volcamiento de plantas afectadas (Eisenback *et al.*, 1981; Belarcazar y Merchán, 1991; McSorley y Parrado, 1986; Múnera *et al.*, 2008). Sin embargo, en la región del Alto Sinú, se desconoce la existencia, frecuencia y tamaño de poblaciones de otros géneros de nematodos de importancia económica. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva plátano, también son desconocidas y por lo tanto, el impacto que estas puedan tener en la distribución de nematodos y el daño que estos causan en la producción del cultivo. El desconocimiento de estos factores, hace que el problema fitosanitario causados por nematodos también sea desconocido, lo que conlleva a que el manejo de este problema fitosanitario se haga mediante el uso de nematicidas sin ningún criterio técnico, incrementando los riesgos a humanos y animales, así como a la estabilidad de los agroecosistemas donde se efectúan.

## Los nematodos y el suelo

Los nematodos no solo afectan negativamente la calidad de los cultivos, también sirven de indicadores de la sostenibilidad y madurez del suelo, porque ayudan a identificar el estado de los procesos y de madurez a través del tiempo, ya que están relacionados con los procesos de descomposición de la materia orgánica (Azpilicueta, 2015). Sin embargo, entender las interacciones de los nematodos como comunidad, con el entorno que los rodea, no es posible a simple

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, vista, y la mera identificación no aporta información significativa sobre su relación con el medio. Para entender la relación de las comunidades biológicas con el medio, los índices biológicos representan una herramienta de gran utilidad.

### **Los nematodos y la biodiversidad**

La medida de la biodiversidad está basada en los índices ecológicos de riqueza específica (Margalef, 1958), diversidad (Shannon y Weaver, 1949), Equidad (Pielou, 1969) y dominancia, los cuales permiten explicar los aspectos más relevantes de una comunidad biológica. Pero no basta con explicar las características intrínsecas de una comunidad, también se deben establecer los factores ambientales que influyen sobre dicha comunidad (Vázquez y Mantienzo, 2010).

En el caso de los nematodos asociados a cultivos, las características del suelo juegan un papel fundamental en la disponibilidad de nutrientes, los suelos agrícolas pueden presentar características específicas por su uso y manejo, deficiencia de nutrientes y procesos de degradación (Noval *et al.*, 2014). Dentro del suelo encontramos material particulado que determina la composición mecánica (textura), de acuerdo con el tamaño y la transformación de las partículas menor actividad en el suelo y vendrán hacer parte tendrán mayor a de las fracciones arena, limo y arcilla (Blaya y Garcia, 2003).

Otros factores importantes en la composición del suelo son la materia orgánica (MO) y la composición química del suelo (salinidad y pH, entre otros) que, junto a la textura pueden influir sobre la composición biológica del mismo. Se ha demostrado que la deficiencia o presencia excesiva de algunos elementos químicos (P, K y Na) puede influir en la patogenicidad de los ataques de nematodos a cultivos de *Musa* spp. Aunque el factor edáfico relacionado con la presencia de nematodos más importante es la textura (Jaraba *et al.*, 2001; Guzmán-Plazola *et al.*, 2006; Chávez y Araya, 2009; Castilla *et al.*, 2017).

Como se mencionó, el desconocimiento del efecto de los nematodos sobre el cultivo de plátano por parte de los agricultores de la región del Alto Sinú, que hace que la problemática sea más compleja y difícil de tratar, toda vez que existe movimiento de semilla de esta zona a las otras zonas productoras del departamento y hacia la región productora del Urabá antioqueño, lo cual puede traer graves consecuencias en el cultivo (propagación de material vegetal contaminado), debido a que ello puede generar un serio problema fitosanitario que comprometa la producción de plátano en los próximos años.

Por lo anteriormente expuesto, en este libro se establecen los géneros de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de plátano, la frecuencia de los mismo y el tamaño de las poblaciones, así como los factores edáficos que afectan su presencia en el cultivo de plátano en la zona productora de los municipios de Tierralta y Valencia. Se pretende además contribuir al conocimiento de las poblaciones de nematodos que afectan al cultivo de plátano y la relación que existe entre estas y las características físicas y químicas de los suelos en esta importante región productora, de tal manera que los mismos se puedan generar planes de manejo eficientes y adaptados a los requerimientos regionales.

## **1.2. GENERALIDADES**

### **1.2.1. Cultivo de plátano.**

### **1.2.2. Origen y distribución geográfica.**

El plátano cultivado es originario del del Sudeste Asiático e Islas del Pacífico (Stover & Simmonds, 1987), producto de cruces inter e intraespecíficos de las especies diploides, con frutos con semillas y bajo contenido de almidones: *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B) (Simmonds & Shepherd, 1955; Harrison & Schwarzacher, 2007). La hibridación y mutaciones a lo largo del tiempo dieron lugar a plantas con características agronómicas deseables para el consumo humano. La mayoría de los plátanos cultivados son

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, triploides AAA (bananos), AAB o ABB (plátanos), pero también existen diploides AA y AB y tetraploides AAAA, AAAB AABB y ABBB (Harrison & Schwarzacher, 2007).

Entre el siglo V y XV, los plátanos domesticados fueron distribuidos por el hombre a lo largo de las costas del Océano Índico, desde Indonesia - Malasia a través de Madagascar y desde ahí al oeste de África (Marin, 1997). Sin embargo, se infiere que fueron los portugueses quienes introdujeron los plátanos a las Islas Canarias (España) desde Guinea a finales del siglo XV, donde fueron movilizados hasta República Dominicana y posteriormente fueron llevados a Cuba, México, Costa Rica y Panamá (Marin *et al.*, 1998).

### 1.2.3. Morfología del cultivo.

Los principales órganos de una planta de plátano y sus características:

- **Cormo.** Es un órgano subterráneo que constituye el tallo de la planta. El diámetro del órgano depende del material y la edad; un cormo bien desarrollado puede tener de 25 a 40 cm de diámetro y pesar entre 6,9 y 11,5 kg. El cormo tiene muchos entrenudos cortos e internamente se diferencia un cilindro central el cual está rodeado por una capa gruesa de córtex. En la parte apical se encuentra el meristemo o punto de crecimiento el cual sufre cambios profundos en la transición de etapa vegetativa a floral (CORPOICA, 2002).
- **Raíces.** El sistema radical es adventicio. Las raíces primarias emergen del rizoma en grupos de tres o cuatro de un primordio en común; pueden alcanzar un diámetro de 5-10 cm, son de color blanco cuando están sanas y jóvenes, pero con el tiempo se van tornando marrones hasta que finalmente mueren. De las raíces primarias emergen numerosas raíces laterales de menor diámetro de donde se desprenden raicillas las cuales son las principales responsables de la absorción de agua y nutrientes (Karamura *et al.* 2011).
- **Pseudotallo.** Está formado por calcetas que se envuelven fuertemente unas sobre otras para formar una estructura cilíndrica que proporciona conexión vascular entre las hojas, raíces y frutos.

El color del pseudotallo varía entre verde y rojo dependiendo del material (CORPOICA, 2002).

- **Hojas.** Se distribuyen en forma de espiral en el pseudotallo y aparecen con intervalos de tiempo variables, que dependen de factores como, altitud sobre el nivel del mar, variedad y distribución de las lluvias. (CORPOICA, 2002).
- **Inflorescencia y racimo.** Está compuesto por el raquis que sostiene la bellota o flor. Las flores del racimo salen envueltas en una hoja de color morado o púrpura, que se llaman brácteas y que se caen al dejar ver grupos de flores que originan a los frutos. Cada grupo individual de frutos se conoce como mano y los frutos individuales se denominan dedos. La parte terminal del racimo está constituida por un conjunto de flores y brácteas que no se desarrollan. Desde la aparición de la bellota hasta el llenado del racimo transcurren entre tres y cinco meses, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales (CORPOICA, 2002; Nelson *et al.*, 2006).

#### 1.2.4. Principales materiales de plátanos cultivados en Colombia.

**Grupo AAB:** Híbridos triploides, originario de la. Dentro de este grupo se encuentran los siguientes materiales (Robinson & Galán, 2012):

- **Dominico.** Se puede cultivar hasta los 2000 msnm. La duración del ciclo vegetativo y el tamaño y peso del racimo es directamente proporcional a la altitud. Su potencial de rendimiento está en relación inversa con la altitud, (CORPOICA, 2002).
- **Dominico Hartón.** Cultivado desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm. La duración del ciclo vegetativo se incrementa con la altitud de forma directa, la cual puede llegar a 16 o 18 meses a 1350 msnm., pero el rendimiento no varía con la altitud (CORPOICA, 2002).
- **Hartón.** El máximo potencial de rendimiento se da al nivel del mar, pero se puede sembrar sin mayores problemas hasta los 1000 msnm. La duración del ciclo vegetativo es de 14 a 15 meses a 1000 msnm (CORPOICA, 2002).
- **África.** Es uno de los materiales con mejor adaptación en la zona cafetera colombiana, aunque su rendimiento es inferior cultivares

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, como el Dominico Hartón (Arcila, 2002).

### **Grupo ABB**

Se caracteriza por su rusticidad, como resistencia al ataque de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y a condiciones adversas de clima (Belarcazar, 1991). Es conocido como Cachaco, Popocho, Papocho, Tapacho, Mafufo, Cuatrofilos y Pacífico (Arrieta *et al.*, 2006; Robinson & Galán, 2012).

### **Grupo AA Aea**

En este grupo se encuentra el plátano Guineo, usado como fruta fresca para consumo humano y animal, también es usado para sopas en verde (Gibert *et al.*, 2009).

#### **1.2.5. Características del cultivo de plátano.**

El plátano (*Musa balbisiana* AAB) es un cultivo tropical de gran importancia por su valor económico y aporte a la seguridad alimentaria. Es considerado, además, una importante fuente de empleo e ingresos para quienes los cultivan y producen sus frutos en numerosos países del mundo (Belarcazar, 1991).

Es una planta monocotiledónea y pertenece al orden Escitaminales, a la familia Musaceae, subfamilia Musoideae y al género *Musa*. El género *Musa* contiene entre 30 y 40 especies diploides ( $2n=14, 18, 20, 22$ ). En la actualidad, solo dos especies tienen importancia comercial: *Musa paradisiaca* y *Musa balbisiana*. Las denominaciones de los cultivos de musácea como banano o guineo se aplican a aquellos frutos que se consumen frescos. Se denominan plátanos aquellos que se consumen cocidos (CORPOICA, 2006).

El plátano se considera una planta herbácea de tallo, cilíndrico y suculento. Este proviene de Asia, pero se ha extendido por muchas regiones del mundo como América central, América del sur y África. El plátano constituye la base de la alimentación de muchos países tropicales y es una de las frutas más consumidas en todo el mundo

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, dada su versatilidad y adaptación para diferentes preparaciones, este se encuentra en el 4 puesto de productos más consumidos en la canasta familiar (Díaz, 2011).

### **1.2.6. Ecofisiología del cultivo.**

Esta especie es una planta con mecanismo fotosintético tipo C3, que puede ser cultivada en zonas tropicales y subtropicales desde los 0 msnm a 2000 msnm. El plátano requiere ciertas condiciones para su normal desarrollo, tales como suelos preferiblemente ondulados a planos, profundos, bien drenados (nivel freático  $\geq 1,5\text{m}$ ), fértiles, con buena cantidad de materia orgánica, texturas, franco arenoso a franco-arcillo-arenosos y pH cercanos a la neutralidad. Además, requiere radiación solar de 184 hasta 1500  $\mu\text{mol}$  de fotones  $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; temperatura de 18 a 38°C; precipitaciones de 1500 mm/año y vientos con velocidad inferior a los 20 km/h (Belarcazar, 1991).

### **1.2.7. Producción nacional y departamental.**

Colombia produce 3.539.252 ton (FAOSTAT, 2016). En el país, los departamentos con mayor producción son Arauca, Antioquia y Valle del Cauca con 542.074, 345.613 y 323.297 ton, respectivamente. Córdoba ocupa el sexto lugar con 257.634 ton (Tabla 1). En Córdoba, la zona costanera, constituida por los municipios de Moñitos, Los Córdoba, Puerto Escondido y San Bernardo del Viento, es la región de mayor importancia productiva de este cultivo, con 44% del área cultivada; le sigue la zona del Alto Sinú, constituida por los municipios de Tierralta y Valencia, con un área sembrada de 6,967 ha, que producen 98.862  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  y un promedio de producción de 13 ton (Agronet, 2019), lo que la ubica en la segunda posición de importancia productiva (25% del área departamental) (Tabla 2).

**Tabla 1.** Producción de plátano en Colombia (Agronet, 2019)

<b>Departamento</b>	<b>Area Cosechada (ha)</b>	<b>Producción (Ton)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
Amazonas	343,00	1.715	5,00
Antioquia	42.232	345.613	8,18
Arauca	28.008	542.074	19,35
Atlántico	275,00	3.797	13,81
Bolívar	7.018	52.032	7,41
Boyacá	3.473	28.547	8,22
Caldas	18.916	231.204	12,22
Caquetá	13.304	82.203	6,18
Casanare	2.090	26.205	12,54
Cauca	20.639	92.185	4,47
Cesar	3.660	28.250	7,72
Chocó	20.592	164.504	7,99
Córdoba	26.760	257.634	9,63
Cundinamarca	11.033	95.759	8,68
Guainía	242,60	1.698	7,00
Guaviare	2.892	34.704	12,00
Huila	24.799	76.672	3,09
La Guajira	1.330	7.050	5,30
Magdalena	2.823	18.197	6,45
Meta	15.059	274.197	18,21
Nariño	21.698	126.408	5,83
Norte de Santander	11.331	73.576	6,49
Otros Departamentos	385,00	2.023	5,25
Putumayo	6.454	37.981	5,88
Quindío	25.280	266.739	10,55
Risaralda	16.837	161.190	9,57
San Andrés y Providencia	2,01	21,83	10,86
Santander	14.262	143.229,53	10,04
Sucre	1.378	6.786	4,92
Tolima	22.459	176.483	7,86
Valle del Cauca	28.054	323.297	11,52
Vaupés	51,50	339,50	6,59
Vichada	385,00	2.023	5,25

**Tabla 2.** Producción de plátano en el departamento de Córdoba (Agronet, 2019).

<b>Municipio</b>	<b>Área Sembrada (ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
Ayapel	145,0	1.667,5	11,5
Buenavista	15,0	60,0	4,0
Canalete	1.810,0	13.920,0	8,0
Cereté	102,0	816,0	8,0
Chimá	10,0	40,0	4,0
Ciénaga de oro	280,0	1.960,0	7,0
Cotorra	80,0	1.440,0	18,0
La apartada	10,0	80,0	8,0
Lorica	3.084,0	34.200,0	12,0
Los Córdoba	3.188,0	21.602,0	7,0
Momil	55,0	175,0	3,5
Montelíbano	508,0	2.988,0	6,0
Montería	1.077,0	7.539,0	7,0
Moñitos	6.240,0	35.585,0	5,8
Planeta Rica	400,0	2.000,0	5,0
Pueblo Nuevo	233,4	2.072,6	9,6
Puerto Escondido	1.948,0	27.176,0	14,0
Puerto libertador	290,0	2.600,0	10,0
Purísima	34,0	60,0	2,5
San Antero	30,0	132,0	6,0
San Bernardo del Viento	1.074,0	5.441,6	5,7
San Carlos	240,0	1.200,0	5,0
San José de Uré	115,0	690,0	6,0
San Pelayo	176,0	1.328,0	8,0
Tierralta	4.400,0	78.000,0	20,0
Valencia	2.567,0	14.862,0	6,0

### 1.2.8. Problemas sanitarios del plátano.

El cultivo de plátano es afectado por una serie de enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos que causan pérdidas severas en la producción y la calidad del fruto. Algunos de los problemas más importantes son:

La pudrición acuosa del pseudotallo (*Dickeya* sp.). Esta bacteria se caracteriza por degradar los órganos suculentos de sus hospederos y por sobrevivir en suelo y en desechos vegetales, lo cual genera infecciones latentes (Franco y Stefanova, 2008; Snehalatharani y Khan, 2010). Los síntomas iniciales consisten en manchas acuosas, translúcidas, de color amarillento inicialmente, y rojizo a castaño cuando el síntoma se encuentra bien desarrollado, lo que ocasiona colapso del pseudotallo de la planta (Ramírez *et al.*, 2014).

La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Es una enfermedad foliar que representa la mayor limitante en la producción de plátano. Afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas. Adicionalmente, infecciones severas de la Sigatoka negra causan la madurez prematura del fruto (Rodríguez, 2016).

El Moko (*Ralstonia solanacearum* E.F.). Después de la Sigatoka Negra, es la enfermedad de mayor importancia económica para el cultivo de plátano y banano, destruyendo hasta el 100% en algunas plantaciones donde se presenta. El Moko induce un marchitamiento que inicia con el amarillamiento y el colapso de las hojas más jóvenes, así como necrosis de la hoja candela (conocida también como hoja tabaco o cigarro). Estos síntomas progresan hacia las hojas más viejas e internamente los tejidos vasculares se tornan necróticos, especialmente aquellos localizados en la zona central del pseudotallo. Las frutas inmaduras de las plantas infectadas muestran color amarillo y pudrición seca de la pulpa. Cuando se presentan infecciones tempranas, o antes de la floración, se produce un desarrollo anormal del racimo o no hay producción del mismo en las plantas afectadas (De Oliveira e Silva *et*

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, *al.*, 2000; Castañeda y Espinosa, 2005; Alvarez *et al.*, 2013).

El mal de panamá (*Fusarium oxysporum* schlecht f. sp. cubense (e.f. smith) snyd. & hans) raza 4. Ocasiona marchitez vascular y pudrición en semillas, raíz, tallo, cormos. Esta enfermedad es una de las más nocivas que afectan las musáceas (Batlle y Pérez, 2009). Se desarrolla favorablemente en las regiones tropicales (Moore *et al.*, 1995) y más del 80% de los bananos y plátanos producidos en el mundo son susceptibles a esta raza (OIRSA, 2009). El hongo causa amarillamiento uniforme de las hojas más adultas a lo largo del margen foliar, hasta que las hojas quedan completamente marchitas y de color café; puede o no manifestarse un agrietamiento en la base del pseudotallo (Moore *et al.*, 1995).

#### **1.2.9. Características de los nematodos.**

Los nematodos son microorganismos que pertenecen al reino animal, de tamaño pequeño (longitud de 300-1,000  $\mu\text{m}$ ) y forma vermiforme. La mayoría de los nematodos viven libremente en agua dulce, agua salada o en el suelo, donde se alimentan de microorganismos, plantas y animales. Los nematodos fitoparásitos tienen estiletes, que le sirven para penetrar las células de las plantas y alimentarse de éstas (Agrios, 2005).

En la mayoría de los nematodos el huevo contiene el primer estadio juvenil (J1), el cual muda su cutícula y pasa al segundo estadio juvenil (J2). El J2 eclosiona del huevo, se moviliza en el suelo y penetra la raíz de la planta hospedera o sufre varias mudas para alcanzar el estado juvenil y luego se convierte en adulto. Los nematodos ingresan a las plantas por penetración directa, generalmente a través de las células de raíces, usando su estilete. Estos pueden moverse inter o intracelularmente o fijarse en algunas células de la raíz, las cuales transforma en células especializadas para su alimentación (Guzmán, 2011).

Los nematodos parásitos de plantas son los microorganismos más importantes que atacan al sistema radical del cultivo de plátano en los trópicos y subtropicos (Cañizares, 2003). Estos pueden ser ectoparásitos, los cuales no se introducen en los tejidos que parasitan y sólo introducen su estilete para alimentarse; endoparásitos, quienes se introducen en los tejidos que parasitan y los semiendoparásitos, que se introducen solamente un tercio de su cuerpo dentro del tejido que parasitan. Los nematodos endoparásitos pueden ser sésiles o migratorios, dependiendo si establecen un sitio de alimentación dentro del tejido que parasitan y allí culminan su ciclo de vida o continúan moviéndose dentro del tejido mientras se alimentan (Agrios, 2005).

#### **1.2.10. Nematodos fitoparásitos de importancia económica en el cultivo de plátano.**

Los nematodos que afectan el cultivo de plátano, reducen la altura, disminuyen el tamaño, número de hojas y frutos, lo que hace que las plantas afectadas sean susceptibles al volcamiento (Guzmán y Castaño, 2004). Dentro de los nematodos patógenos de plantas, se consideran de gran importancia económica en el cultivo de plátano, por su amplia distribución y rango de plantas hospederas, los géneros *Meloidogyne* (nematodos agalladores), *Radopholus* (nematodo barrenador), *Pratylenchus* (nematodo lesionador) y *Helicotylenchus* (nemátodo espiral) (Haddad *et al.*, 1975; Eisenback *et al.*, 1981; Sarah, 1989). Estos nematodos causan daño en raíces y cormo, afectando el crecimiento, disminuyendo número y tamaño de hojas, raíces e induciendo el volcamiento de plantas afectadas (Eisenback *et al.*, 1981; Belarcazar y Merchán, 1991; McSorley y Parrado, 1986; Múnera *et al.*, 2008). Los daños causadas por el nematodo Barrenador (*Radopholus similis* (Cobb) Thorne), el nemátodo Lesionador (*Pratylenchus* spp.), el nemátodo Espiral (*Helicotylenchus* spp.) y el nemátodo Nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp.), se encuentran entre los nueve más importantes que afectan la producción de plátano en todos los países productores de plátano, incluyendo a Colombia (Guzmán y Castaño, 2004; Guzmán, 2011).

***Radopholus similis***. Ocasiona los daños más severos en plantaciones de banano y plátano, los registros indican que este nemátodo probablemente causa más daños a la producción bananera en el mundo que cualquier otro patógeno. Este nematodo fue observado por primera vez por Cobb en el tejido necrótico de las raíces de *Musa* sp. en 1891. Desde este primer registro, se ha encontrado ampliamente distribuido en todas las regiones tropicales y subtropicales de banano y plátano del mundo, excepto Israel, las Islas Canarias y las islas de Cabo Verde, Chipre, Creta, Mauricio y Taiwán. Actualmente se encuentra diseminado en América Central, Suramérica y el Caribe (Araya y Moens, 2003; Guzmán, 2004; Luc *et al.*, 2005).

El nematodo penetra cerca de la zona crecimiento de la raíz, pero puede invadir toda la longitud de la raíz. Las hembras y todos los estados juveniles son infecciosos, aunque los machos son morfológicamente degenerados (sin estilete), luego de ingresar a las raíces ocupan una posición intercelular en el parénquima cortical donde se alimentan del citoplasma de las células cercanas. La supervivencia de *R. similis* en el suelo depende de la efectividad de la destrucción y eliminación de raíces y cormos de plátanos infectados y de huéspedes de malezas. Se ha reportado que sobrevive en cormos y raíces de un cultivo anterior por un largo tiempo, y dentro del material de siembra, el cual es el principal medio de reinfestación (Agris, 2005; Luc *et al.*, 2005).

Este nematodo (*R. similis*) es el más abundante y la principal especie fitoparásita en los cultivos de plátano y banano, que puede constituir entre el 82 y 97% de la población de nematodos en raíces y cormos (Araya y Moens, 2003); cuando no se maneja adecuadamente, puede ocasionar disminución en el peso de los racimos y el volcamiento de las plantas afectadas, llegando a reducir la producción en 60% y 52% en la primera y segunda cosecha, respectivamente (Fogain, 2000), pero la reducción en el rendimiento puede llegar hasta un 80% (Moens *et al.*, 2004).

***Pratylenchus spp.*** Los nematodos lesionadores de la raíz, son otro tipo de nematodos endoparásitos migratorios que afectan los cultivos de plátano y banano en todo el mundo; sin embargo, son más numerosos en las partes cálidas de las zonas templadas que en los trópicos y subtropicos (Sarah, 1989; Wang y Hooks, 2009). Ocho especies del género *Pratylenchus* han sido registradas afectando raíces de *Musa* spp. Sin embargo, sólo *P. coffeae* (Zimmerman) Filipjev & Schuurmans Stetekhoven y *P. goodeyi* (Sher and Allen, 1953), son las de mayor distribución en las diferentes regiones cultivadas de plátano y banano (Sarah, 1989; Luc *et al.*, 2005).

El ciclo de vida de este género dura alrededor de 5 semanas que depende de la temperatura y el hospedero. Los huevos son depositados en los tejidos de las raíces, donde eclosionan y el segundo estadio juvenil ataca la corteza de la raíz. Los síntomas que causan estos nematodos son similares a los causados por *R. similis*, causando una disminución del sistema radicular y lesiones en las raíces afectadas, donde los tejidos corticales invadidos colapsan y se desintegran, lo que afecta el anclaje de la planta causando volcamiento. Los nematodos lesionadores reducen el tamaño del racimo y prolongan la fase vegetativa de la planta. (Sarah, 1989; Morales, 2001).

***Meloidogyne spp.*** Las especies del género *Meloidogyne* constituyen los nematodos patógenos de plantas de mayor importancia económica por su amplia distribución mundial y por el gran número de plantas hospederas (Eisenback *et al.*, 1981). El síntoma típico que causan estos nematodos endoparásitos sedentarios, es la formación de agallas en las raíces de plantas afectadas (Eisenback, 1985). El segundo estadio larval (J2) es el estado infestivo de esta clase de nematodos, el cual penetra a la raíz, se movilizan inter e intracelularmente y finalmente establecen un sitio definitivo de alimentación en el cilindro vascular, donde causan hipertrofia e hiperplasia, que culmina con la formación de agallas (Eisenback, 1985; Jepson, 1987).

En Colombia se ha reportado *Meloidogyne* spp., afectando el cultivo

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, de plátano en diferentes zonas productoras, donde se encontraron, tanto de forma individual como conjunta las especies *M. incognita* y *M. arenaria* (Guzmán y Castaño, 2004; Jaraba *et al.*, 2008).

***Helicotylenchus* spp.** Después de *R. similis*, *Helicotylenchus multincinctus* (Cobb) Golden, es el nemátodo que mayor daño causa en plátano y banano. Se presenta en todas las zonas productoras de estos cultivos, especialmente en las áreas tropicales, donde *R. similis* se encuentra presente. Sin embargo, en áreas subtropicales donde *R. similis* es raro o está ausente. *H. multincinctus* puede ser el principal problema nematológico del cultivo de plátano (MacSorey y Parrado, 1986; Torrado y Castaño, 2009).

Este nematodo causa lesiones superficiales de color café-rojizas a negras y poco notorias. Las lesiones se presentan en la corteza de la raíz y al hacer cortes longitudinales de la raíz, se aprecia necrosis únicamente cerca de la superficie externa. Las lesiones realizadas por este nematodo pueden ser colonizadas por hongos, como *Fusarium*, *Rhizoctonia* o *Cylindrocarpon*. Cuando se presenta necrosis severa en las raíces, se puede presentar muerte descendente o volcamiento de las plantas, lo cual puede ocurrir 2 a 3 años después de que la plantación se establece. En esta especie de nematodos y, en ambos sexos, todos los estados del ciclo de vida, incluyendo masas de huevos, han sido encontrados dentro de la corteza externa de la raíz, por lo que se considera que este nematodo pueda completar su ciclo de vida allí (Zuckerman y Strich-Harari, 1964; Coolen y d'Herde, 1972; MacSorey y Parrado, 1986; Orion y Bar-Eyal, 1995).

El nematodo espiral, como se le conoce a *H. multincinctus*, probablemente sea el más extendido y abundante en todos los plátanos. *H. multincinctus* y *R. similis* se encuentran a menudo juntos en muchas regiones, especialmente donde se cultiva plátanos. Estos atacan y se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz y producen lesiones necróticas pequeñas y características, de color marrón rojizo a negro, en infestaciones fuertes estas lesiones se unen causando necrosis radical

extensa en la corteza externa; estas también se pueden encontrar en el cormo lo que influye radicalmente en el desarrollo de la planta. Existe poca información de la supervivencia de *H. multincinctus* en ausencia del huésped; este sobrevive de cormos infectados o en tejido restante del cultivo anterior (Luc *et al.*, 2005).

*Helicotylenchus* spp., se caracteriza como ectoparásito, indicando que el nematodo es un parásito que vive en la superficie externa de su hospedante, aunque algunas especies pueden comportarse como semiendoparásitos. En algunos casos, se alimentan por períodos prolongados en sitios específicos, extrayendo alimentos de los tejidos más internos de las raíces sin provocar daños aparentes o notorios (Hunt *et al.*, 2005; Decraemer y Geraert, 2006). *Helicotylenchus multincinctus*, se reproduce por unión de gametos masculino y femenino; a diferencia de otras especies de su mismo género, esta es considerada semiendoparasita, debido a que dentro del tejido cortical se pueden encontrar todos los estados en desarrollo (Guzmán, 2011).

### 1.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Vol. 922. Ed. 5. San Diego: Elsevier Academic press.
- Agronet. (2019). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Estadísticas agrícolas. República de Colombia. Recuperado 01/05/2019. <https://www.agronet.gov.co/produccion-y-agronegocios/Paginas/P.Nal.aspx>
- Alvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., y Ceballos, G. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del moko y la sigatoka negra en America Latina y el Caribe. Publicacion CIAT (Colombia), (387).
- Batlle, V., y Pérez, V. (2009). Variabilidad genética de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense en bananos y platanos de Cuba. Rev. Fitosanidad. vol.13, n.3, septiembre 2009

- Belcazar, S., y Merchan, V. (1991). Control de enfermedades. En: El cultivo del plátano (*Musa AAB* Simmonds) en el trópico. Manual de Asistencia Técnica No. 50. CENICAFE. Cali, Colombia. p. 241-297.
- Blaya, S., y García, G. (2003). Química agrícola: *el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Mundi-Prensa Libros
- Cañizares, C. (2003). Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones comerciales de plátano en la zona de Talamanca, Costa Rica.
- Castañeda, D., y Espinosa, J. (2005). Comportamiento e impacto de la enfermedad de moko en la zona de Urabá (Colombia), en las últimas tres décadas y media y propuesta de un índice de riesgo de la enfermedad. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 58(1), 2587-2599.
- Castilla, E., Millán, E., Mercado, J., y Millán, C. (2017). Relation of soil parameters on the diversity and spatial distribution of free-living nematodes. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(3), 24-34.
- Chávez, C., y Araya, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía mesoamericana*, 20(2).
- Coolen, W., y d'Herde, C. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.
- CORPOICA. 2002. La planta de Plátano, sus Variedades y Propagación. Módulo II. Manizales-Colombia: 12p.
- CORPOICA. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. (Recuperado 20/11/17). En línea. <http://conectarural.org/sitio/sites/>

- Decraemer, W., & Geraert, E. (2006). Ectoparasitic nematodes. *In Plant nematology* (pp. 153-184). CABI.
- Eisenback, D. (1985). Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: An advanced treatise on Meloidogyne. Vol I, Biology and Control. International Meloidogyne Project. Sasser, J. and C. Carter. (eds) North Carolina State University Graphics. U.S.A. pp. 95 – 112.
- Fogain, R. (2000). Effect of *Radopholus similis* on plant growth and yield of plantains (*Musa*, AAB). *Nematology*, 2(2), 129-133.
- Guzmán, A. (2011). El nemátodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Revista Luna Azul*, (33).
- Guzmán, O., & Castaño, J. (2004). Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos dominico hartón (*Musa AAB* Simmonds), África, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Rev. Academia Colombiana de la Ciencia*. 28 (107): 295- 301.
- Guzmán-Plazola, R. A., Jaraba-Navas, J. D. D. J., Caswell-Chen, E., Zavaleta-Mejía, E., & del Prado-Vera, I. C. (2006). Spatial distribution of *Meloidogyne* species and races in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) producing region of Morelos, Mexico.
- Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-Lopez, R. H. (2005). Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 11-52.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2014. Manejo de las principales plagas y enfermedades del cultivo del plátano. Produmedios, Bogotá, COL.

- IICA. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Estudio de la cadena agroalimentaria de banano en la republica dominicana. Santo Domingo: (IICA).
- Jaraba, J., Guzmán, R., Caswell, E., Zavaleta, E., & Del Prado, I. (2001). Especies y razas de *Meloidogyne* asociadas al cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Doctoral dissertation, Tesis de Maestria, Especialista en Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México).
- Jaraba, J., Lozano, Z. E., & Espinosa, M. R. (2008). *Meloidogyne* spp. Asociados al Cultivo de Plátano (*Musa AAB*) en Tierralta y Valencia (Córdoba). *Temas agrarios*, 13(2), 36-44.
- Jaraba, J., Rothrock, C. S., Kirkpatrick, T. L., & Brye, K. R. (2014). Soil texture influence on *Meloidogyne incognita* and *Thielaviopsis basicola* and their interaction on cotton. *Plant Disease*, 98(3), 336-343
- Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.). (2005). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Cabi.
- Margalef, R. (1958). Information theory in biology. *General Systems Yearbook*, 3, 36-71.
- Marín, D. H. 1997. Characterization and diversity of *Radopholus similis* populations on selective germplasm of banana. (Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC).
- Marin, D., Sutton, T. & Barker, K. 1998. Dissemination of bananas in Latin America and the Caribbean and its relationship to the occurrence of *Radopholus similis*. *Plant Disease*. 82(9): 964-974.
- McSorley, R., & Parrado, J. L. (1986). *Helicotylenchus multicinctus* on banana: an international problem. *Nematropica*, 16(1), 73-91.

- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2018. Indicadores e instrumentos Cadena plátano. Bogotá: MADR.
- Moens, T., Araya, M., Swennen, R., & De Waele, D. (2004). Enhanced biodegradation of nematicides after repetitive applications and its effect on root and yield parameters in commercial banana plantations. *Biology and Fertility of Soils*, 39(6), 407-414.
- Moore, N. Y., Bentley, S., Pegg, K. G. and Jones D. R. (1995). Fusarium wilt of banana. In: *Musa Disease Fact Sheet N.5*. International Network for the Improvement of Bananan and Plantain (INIBAP). Montpellier, France. 4.p
- Morales, J. (2001). Poblaciones de nematodos fitoparásitos (*Pratylenchus* sp y *Meloidogyne* sp.) en plantaciones mixtas de café y musáceas (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013).
- Múnera, G. 2008. Biodiversity of phytoparasitic nematodes associated with Musaceae and fruit crops in Colombia (Doctoral dissertation, Ghent University).
- Múnera, G.; Bert, W., & Decraemer, W. 2009. Morphological and molecular characterisation of *Pratylenchus araucensis* n. sp. (Pratylenchidae), a root-lesion nematode associated with *Musa* plants in Colombia. *Nematology*. 11(6):799-813.
- Noval, E., García, J., García, R., Quiñones, R., y Mollineda, Á. (2014). Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola*, 41(1), 25-31.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2009). América Latina discute programa para la protección del cultivo del banano y plátano. *Mirador Agrosanitario*. No. 3. Septiembre 2009. San Salvador, El Salvador. 12 pág.

- Orion, D., & Bar, M. (1995). Observations on the Life Cycle and Behavior of *Helicotylenchus multicinctus* in Monoexenic Culture on *Arabidopsis thaliana*. *Nematologica*, 25(1), 67-70.
- Pielou. (1971). Pielou, EC An introduction to mathematical ecology. Wiley Interscience. John Wiley & Sons, New York 1969. VIII+ 286 S., 32 Abb., Preis 140 s. *Biometrische Zeitschrift*, 13(3), 219-220.
- Ramírez, J., Benjamid, A., y Buriticá, P. E. (2014). Manejo de la pudrición acuosa del pseudo-tallo (*Dickeya* sp.) en banano (*Musa* sp.) bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 38(2).
- Robinson, J. & Galán, V. 2012. Plátanos y bananas. 2nda Edición. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 299 pp.
- Sarah, J. L. (1989). Nematological review: banana nematodes and their control in Africa. *Nematologica*, 19(2), 199-216.
- Shannon, E., y Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication, Champaign, IL. *Urbana: University of Illinois Press*.104107.
- Simmonds, N. W., & Shepherd, K. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Journal of the Linnean Society of London, Botany*, 55(359): 302–312.
- Stover, R. & Simmonds, N. 1987. Bananas. Tercera Edición. Longman, London. 468 p.
- Torrado, M., & Castaño, J. (2009). Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. *Agronomía Colombiana*. Vol. 27. Núm.2.pp. 237-244.
- Vázquez, L., y Matienzo, Y. (2010). Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas,

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, como base para el manejo agroecológico de plagas. *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana, Cuba.*

- Wang, K. H., & Hooks, C. R. (2009). Survey of nematodes on banana in Hawai'i, and methods used for their control. College of Tropical Agriculture and Human Resources.
- Zuckerman, B. M., & Strich-Harari, D. (1964). The life stages of *Helicotylenchus multincinctus* (Cobb) in banana roots. *Nematologica*, 9(3), 347-353.

# CAPÍTULO 2

---

## ***Identificación de géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba***

### **2.1. INTRODUCCIÓN.**

En el departamento de Córdoba, la región del Alto Sinú, constituida por los municipios de Tierralta y Valencia, es una de las zonas de mayor importancia y tradición en la producción de plátano, con un área sembrada de 6.967ha, que producen 98.862 ton.ha<sup>-1</sup> y un promedio de producción de 13 ton., lo que la ubica en la segunda posición de importancia productiva (25% del área sembrada), después de la zona costanera del departamento, constituida por los municipios de Moñitos, Los Córdoba, Puerto Escondido y San Bernardo del Viento (44% del área) (Agronet, 2017). Sin embargo, en esta zona el cultivo es afectado por una serie de enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos que causan serios detrimentos en la producción. Los nematodos en plátano afectan raíces y cormo, causando reducción en la altura de la planta, tamaño de hojas y peso de frutos. Las plantas afectadas generalmente presentan necrosamiento de raíces y son susceptibles al volcamiento (Belarcazar y Merchán, 1991; Montiel *et al.*, 1997). Dentro de los nematodos que afectan al cultivo de plátano,

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, se encuentran los géneros *Meloidogyne* (nematodos agalladores), *Radopholus* (nematodo barrenador), *Pratylenchus* (nematodo lesionado) y *Helicotylenchus* (nematodo espiral) (Haddad *et al.* 1975, Eisenback *et al.* 1981 McSorley and Parrado, 1986; Guzmán y Castaño, 2004).

En la zona productora de plátano del Alto Sinú, es frecuente observar plantas de tamaño reducido, con pobre desarrollo de raíces y racimos de bajo peso, así como plantas adultas que sufren volcamiento. Las raíces de estas plantas son reducidas y con marcada decoloración, necrosamiento, pérdida del tejido externo y en ocasiones, presencia de agallas. Además, el cormo de las plantas afectadas generalmente presenta necrosamiento zonificado del tejido externo, síntomas típicos de nematodos fitoparásitos. Sin embargo, pese a que en la zona se asocian los síntomas arriba descritos con la presencia de nematodos, se desconocen los géneros de estos, la frecuencia y número de individuos presentes en las fincas de la zona y el impacto que éstos tienen en la producción.

El desconocimiento del problema fitosanitario causado por nematodos en este cultivo, hace que la problemática se esté incrementando y diseminando en toda la zona productora del sur de Córdoba y el resto de zonas productoras del departamento, así como en el Urabá antioqueño, lo cual es preocupante, puesto que la producción de este cultivo, que es un pilar fundamental de la economía de la región, puede verse seriamente amenazada en los años venideros.

Con base en las consideraciones anteriores, en éste capítulo se pretende identificar los diferentes grupos de nematodos asociados al cultivo de plátano en zonas productoras de los municipios de Tierralta y Valencia, con el propósito de contribuir a la identificación de los generos presentes, para que se mejoren las estrategias de manejo de los mismos, y se minimice el riesgo de la pérdida de áreas dedicadas a este imporante sistema de producción regional.

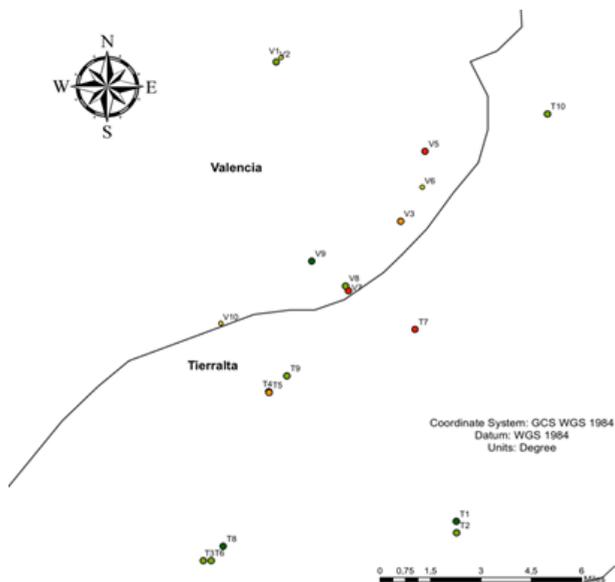
## 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.2.1. Localización.

La investigación se desarrolló en la zona productora de plátano del sur de Córdoba, en los municipios de Tierralta ( $8^{\circ}10'22''$  N y  $76^{\circ}03'34''$  O) y Valencia ( $8^{\circ}15'33''$ N y  $76^{\circ}08'49''$ O).

### 2.2.2. Fase de campo.

En cada municipio se muestrearon 10 fincas al azar ubicadas en los caminos que comunican las veredas de las zonas productoras, y con al menos 500m de distanciamiento entre fincas, las cuales fueron georeferenciadas (Garmin GPSMAP 64s→). En Tierralta, se muestrearon tres lotes en cada una de las veredas Nueva Platanera y El Banquito; dos lotes en la vereda Mazamorra y una finca por vereda en Gramalote y Carrizola. En Valencia fueron muestreadas dos fincas en cada una de las veredas Manzanares, El reposo así como en la zona urbana del municipio, en tanto que en las veredas Los Rosales, Mira Flores, Nueva Esperanza y El Brillante, se muestreó un solo lote (Figura 2.1, Tabla 3).



**Figura 2.1.** Georeferenciación de los lotes muestreados en las zonas productoras de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba

En cada finca, seleccionó un área de 2500 m<sup>2</sup>, en la cual se tomaron 10 submuestras de suelo rizosférico y raíces del hijo de sucesión de plantas iniciando floración, a una distancia horizontal de 0 a 30 cm de la base de la planta y 30 cm de profundidad del perfil del suelo (Araya *et al.*, 1979; 1999). Las submuestras se homogenizaron para formar una muestra de suelo o raíces. Las muestras se depositaron individualmente en bolsas de plástico y se identificaron con el nombre del municipio, corregimiento, edad del cultivo y prácticas agrícolas realizadas. Una vez etiquetadas se refrigeraron hasta su procesamiento.

**Tabla 3.** Lotes muestreados en las zonas productoras de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba.

Municipio	Vereda	Finca	Código	N	W
Valencia	Valencia	Puerto Rico	V1	8,25759	-76,137198
Valencia	Valencia	Los Rosales	V2	8,255889	-76,138989
Valencia	Miraflores	Nuevo Horizonte	V3	8,194978	-76,093
Valencia	Manzanares	El Carmen	V4	8,208072	-76,073.886
Valencia	Los Rosales	Santa Rita	V5	8,221716	-76,083959
Valencia	Manzanares	El Peñón	V6	8,207965	-76,085001
Valencia	El Reposo	Miraflores	V7	8,168426	-76,112325
Valencia	El Reposo	La unión	V8	8,17027	-76,113385
Valencia	Nueva Esperanza	No te Canses	V9	8,179716	-76,125844
Valencia	El Brillante	La Esperanza	V10	8,155911	-76,159444
Tierralta	Banquito	Don Eduardo	T1	8,080262	-76,072449
Tierralta	Banquito	Isidro Peña	T2	8,075894	-76,072332
Tierralta	Nueva Platanera	Villa Eliana	T3	8,065216	-76,165949
Tierralta	Mazamorra	Platanal	T4	8,129891	-76,141725
Tierralta	Mazamorra	Doña Mercedes	T5	8,129471	-76,141692
Tierralta	Nueva Platanera	Villa luz	T6	8,065261	-76,163091
Tierralta	carrizola	Arenal	T7	8,153648	-76,087686
Tierralta	Nueva Platanera	La Gloria	T8	8,070751	-76,158649
Tierralta	Banquito	La Ponderosa	T9	8,135892	-76,135084
Tierralta	Gramalote	La Camaronera	T10	8,236007	-76,038792

### 2.2.3. Fase de laboratorio.

El procesamiento de las muestras se realizó en los Laboratorios de Fitopatología y de Suelos y Aguas, adscritos a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba.

Las muestras de suelo fueron procesadas para determinar la presencia de nematodos hectoparásitos, endoparásitos migratorios, y machos y segundos estadios larvales (J2) de endoparásitos sésiles (*Meloidogyne* spp.), mediante el método de tamizado-centrifugado y flotación en azúcar (Hooper, 1986; Hooper *et al.*, 2005).

Cada muestra de raíz fue dividida en dos submuestras. Una parte de las raíces fue procesada para determinar la presencia de hembras de *Meloidogyne* spp. mediante el método de tinción con hipoclorito de sodio-fuscina ácida (Daykin y Hussey, 1985). La segunda submuestra se procesó mediante la técnica de licuado, tamizado y centrifugado (Coolen y D'Herder, 1972; Araya *et al.*, 1995), para determinar la presencia de nematodos endoparásitos migratorios.

La identificación de los géneros de nematodos se realizó teniendo en cuenta las características morfológicas de los individuos mediante el uso de claves pictóricas y dicotómicas (Maggenti, 1981; Mai, 1996; Eisenback, 2002; Hunt *et al.*, 2005; Guzmán-Piedrahita, 2016).

La identificación de las especies de nematodos noduladores o agalladores, se realizó basados en caracteres morfológicos y morfométricos de 5 a 15 ejemplares por estadio por aislamiento. Las características morfológicas evaluadas fueron: patrón perineal en hembras, forma del estilete de hembras, machos y J2; forma y número de anillos de la región cefálica de J2 y machos. Las variables morfométricas de los diferentes estadios fueron: longitud del estilete y la distancia de la base del estilete a la desembocadura de la glándula dorsal (D.G.O) de hembras, machos y J2; longitud del cuerpo, la cola y la región hialina de los J2. Esos caracteres fueron comparados con los reportados por Eisenback *et al.*, (1985), Eisenback *et al.* (1981), Orton (1972) y Jepson (1987).

### 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aislaron 31754 individuos, clasificados en 18 géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia. Los géneros encontrados fueron: *Aphelenchooides*, *Aphelenchus*, *Cricoromella*, *Discocriconemella*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Longidonrus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Psilenchus*, *Rodopholus*, *Rotylenchus*, *Trophorus*, *Tylenchus* y *Xiphinema* (Tabla 4).

La mayor población de nematodos en la zona productora de plátano fue encontrada en el municipio de Valencia con 18095 individuos agrupados en 17 géneros, mientras que en la zona de Tierralta se encontraron 13659 individuos, pertenecientes a 17 géneros. Con excepción de los géneros *Discriconemella* (encontrado solo en Tierralta) y *Radppholus*, (solamente encontrado en Valencia), los demás géneros fueron comunes en ambos municipios.

El género *Hoplolaimus* fue el de mayor densidad poblacional en ambos municipios (25,038 individuos), seguido de los géneros *Pratylenchus* y *Aphelenchus* (3,087 y 1,318 individuos, respectivamente); mientras que el género *Criconema* fue el de menor número de individuos (5) en toda la zona productora (Tabla 4).

**Tabla 4.** Géneros de nematodos y número de individuos por género encontrados en la zona productora de plátano de los municipios de Tierralta y Valencia, de Córdoba.

Generos de Nematodos	Número de individuos	
	Tierralta	Valencia
<i>Aphelenchooides</i>	170	19
<i>Aphelenchus</i>	696	622
<i>Cricoromella</i>	23	4
<i>Criconema</i>	5	0

<i>Ditylenchus</i>	32	20
<i>Dorylaimus</i>	17	25
<i>Haplolaimus</i>	11750	13288
<i>Helicotylenchus</i>	16	18
<i>longidonrus</i>	9	8
<i>Meloidogyne</i>	514	560
<i>Paratylenchus</i>	109	179
<i>Pratylenchus</i>	11	3076
<i>Psilenchus</i>	33	8
<i>Rodopholus</i>	0	148
<i>Rotylenchus</i>	1	13
<i>Trophorus</i>	27	29
<i>Tylenchus</i>	201	30
<i>Xiphinema</i>	45	48

Los géneros de nematodos de encontrados, tuvieron las siguientes características morfológicas.

### 2.3.1. Características de los géneros encontrados.

***Aphelenchoides*:** Este nematodo se encontró con baja frecuencia (presente en 3 de las 20 fincas muestreadas) y reducido número de individuos en la zona productora (Tabla 4). Son nematodos vermiformes, de unos 0.66-0.75 mm de longitud, con metacarpus que ocupa casi la totalidad del diámetro del cuerpo del nematodo. Presenta sobreposición de dorsal del esófago con el intestino y un estilete delgado con nódulos muy pequeños. Presentan la cola redondeada, con mucrones de 2 a 3 subdivisiones. Los machos tienen espícula ligeramente arqueada y carecen de bursa (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.2).



**Figura 2.2.** Región anterior y posterior de género *Aphelenchoides*. **A:** Región cefálica esclerotizada, continua. Estilete poco desarrollado, delgado. Metacarpus bien desarrollado, ocupado la mayor parte del ancho del cuerpo. **B:** Cola redondeada, terminada en un mucrón. Fotografía: Juan Jaraba.

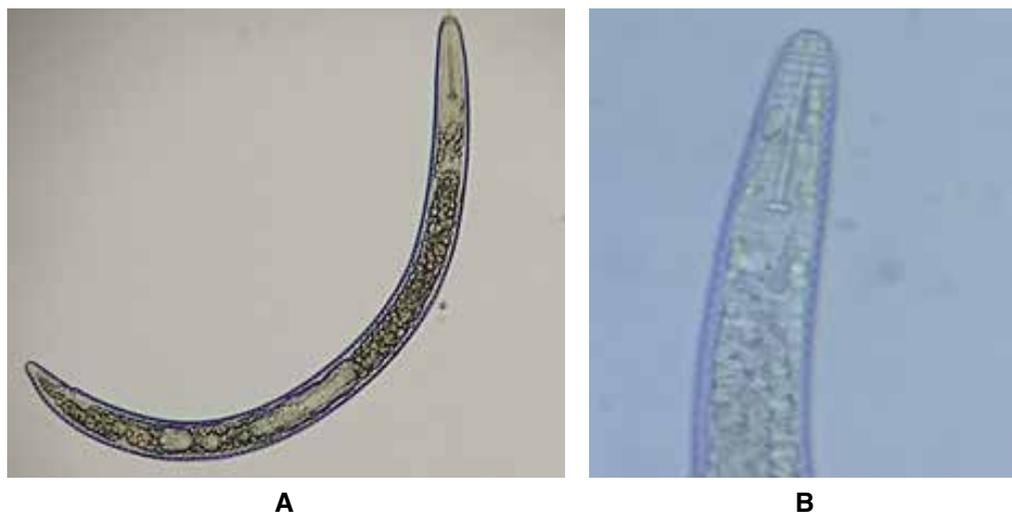
***Aphelenchus*:** Nematodo delgado, de unos 0.5-1.2 mm de longitud, con presencia de un metacarpus que ocupa casi la totalidad del diámetro del cuerpo del nematodo. Presenta sobreposición de dorsal del esófago con el intestino y un estilete delgado con nódulos muy pequeños. Las hembras tienen la cola redondeada con fasmidios terminales. Los machos tienen espícula la cual es ligeramente arqueada. Estas características son típicas del género *Aphelenchudes* (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.3). Este nematodo se encontró con baja frecuencia (presente en 4 de las 20 fincas) y reducido número de individuos en la zona productora (Tabla 4).



**Figura 2.3.** Región anterior de género *Aphelenchus*. Región cefálica esclerotizada, continua. Estilete, delgado, nódulos poco desarrollados. Metacarpus, bien desarrollado, ocupando la mayor parte del ancho del cuerpo. Fotografía: Juan Jaraba

***Criconemella*:** Este género se encontró en cuatro fincas en el municipio de Tierralta y en dos fincas en Valencia, con baja densidad de individuos. Son nematodos de tamaño pequeño, curvados ventralmente. Presentan cutícula fuertemente anillada, con el istmo amalgamado con el procorpus. Región labial continua, con el primer anillo algo más ancho que el segundo. Estilete largo y flexible, que ocupa el 35% de la longitud del cuerpo, con nódulos basales redondeados. Las hembras son monodélficas con colas redondeadas o puntiagudas.

***Criconema*:** Este género fue hallado solamente en una finca del municipio de Tierralta y constituye el género con menor frecuencia y densidad de individuos en este estudio. Las hembras tienen el cuerpo ligeramente curvado, con anulaciones prominentes y con el margen dirigido hacia la parte posterior. El primer anillo más ancho que el segundo y el estilete largo, con nódulos basales evidentes (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.4).



**Figura 2.4.** *Criconema* spp. **A.** Cuerpo de una hembra, con cutícula fuertemente anillada. **B.** Región anterior con estilete fuertemente prominente. Fotografía: Juan Jaraba.

***Ditylenchus*:** Este género fue encontrado en cinco lotes en Tierralta y en tres en Valencia: El cuerpo es cilíndrico, con bulbo glandular ligeramente sobrepuesto al intestino; posee estilete muy poco desarrollado. Las hembras de este género presentan un solo ovario, la cola en ambos sexos es atenuada de forma conoide con punta redondeada con o sin mucrón (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016).

***Dorylaimus*:** Este género se encontró en seis de las veinte fincas muestreadas (dos en Tierralta y cuatro en Valencia), con una baja densidad poblacional. Son nematodos grandes de 1,3 a 15 mm de longitud, cutícula lisa, odontoestilete largo y delgado, con anillo guía del estilete simple, situado en la parte anterior del mismo. La cola de los machos y hembras generalmente es igual (Jiménez, 1981; Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.5).



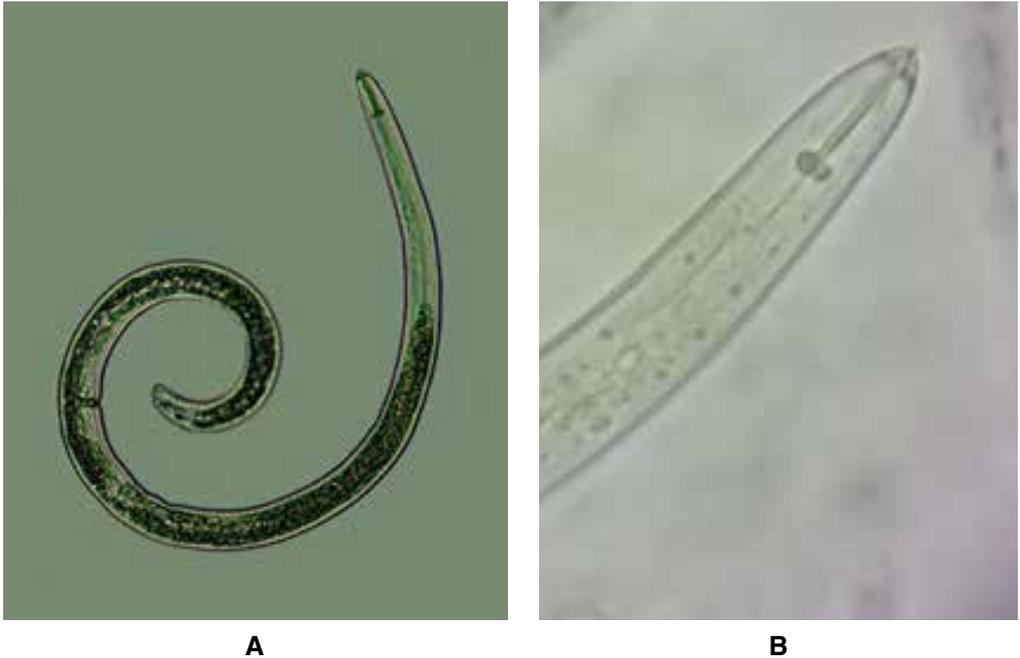
**Figura 2.5.** Región anterior de *Dorylaimus* sp. Este género tiene cutícula lisa, odontoestilete bien desarrollado y la región labial diferenciada del contorno del cuerpo. Fotografía: Juan Jaraba.

***Hoplolaimus:*** Este género se encontró en las veinte fincas muestreadas y el de mayor número de individuos en la zona productora de los dos municipios. Tienen cuerpo cilíndricos, vermiformes y con región cefálica fuertemente esclerotizada, separada del cuerpo en forma de cono (Figura 2.6). Estilete bien desarrollado, con nódulos basales proyectados hacia la parte anterior. Hembra con vulva ecuatorial, didélfica y cola redondeada. Machos con bursa terminal. (Robbins, 1982; Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016).



**Figura 2.6.** Región anterior y posterior de género *Hoplolaimus*. **A:** Región cefálica esclerotizada, separada del cuerpo, estilete bien desarrollado y con nódulos basales proyectados hacia la parte anterior. **B:** Cola redondeada. Fotografía: Juan Jaraba.

***Helicotylenchus*:** Nematodos vermiformes, de 0,40 a 0,70 mm de longitud, cuerpo curvado dorsalmente, región cefálica esclerotizada, continua o ligeramente separada del cuerpo, estilete fuertemente desarrollado (Guzmán-Piedrahita, 2016). Campos laterales con cuatro líneas, fasmidios pequeños, cerca al ano. El nematodo asume forma de espiral cuando se encuentra en reposo, por lo que se le ha llamado nematodo espiral (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.7).



**Figura 2.7.** *Helicotylenchus* spp. **A:** Hembra en reposo en forma de espiral. Vulva posecutorial. **B.** Región cefálica fuertemente esclerotizada, estilete robustos. Fotografía: Juan Jaraba.

***Longidorus:*** Región cefálica continua, odontoestilete largo (100 – 220  $\mu\text{m}$ ), sin dilataciones (flanges) basales, anillo guía en la parte anterior. Cuerpo de gran longitud, cilíndrico y delgado, por lo que se le llama nematodo aguja. Cola corta y conoide, similar en ambos sexos. Esófago dividido en dos partes, con la parte anterior tubular, doblada y no muscular, separada de una parte muscular expandida que comprende un cuarto (1/4) de la longitud total del esófago (Maggenti, 1986; Gutiérrez *et al.*, 2013).

***Meloidogyne:*** En el municipio de Tierralta se aislaron 11 poblaciones de *Meloidogyne* spp. en seis de las diez fincas muestreadas, mientras que en Valencia 10 poblaciones fueron aisladas en 8 de los diez lotes evaluados. Las hembras presentaron variabilidad en su patrón perineal, por lo que, para fines de este estudio, fueron clasificados

en cuatro diferentes grupos. Los aislamientos 20, 23 y 27 hallados en Valencia, presentaron el arco dorsal alto y cuadrado, formado por estrías generalmente lisas. Este coincide con el típico patrón perineal para *M. incognita* (Figura 2.8A) (Orton, 1973; Sasser *et al.*, 1979; Eisenback, 1985; Jepson, 1987). Los aislamientos 17 y 22 encontrados en el mismo municipio, presentaron el arco dorsal alto y ligeramente cuadrado o redondeado, formado por estrías lisas a onduladas (Figura 2.8B). Además, los aislamientos 1, 2, 9, 10, 11, 13 y 14 encontrados en Tierralta, presentaron arco dorsal ligeramente bajo, redondeado o cuadrado, formado por estrías lisas (Figura 2.8C). Estos dos tipos de patrones perineales se consideraron como *M. incognita* variante 1 y *M. incognita* variante 2, respectivamente. En los tres tipos de patrones perineales, las hembras presentaron estilete con cono curvado hacia la parte dorsal, la columna ligeramente más ancha en la base y nódulos anchos y planos, lo cual es típico para la especie *M. incognita* (Figura 2.9) (Eisenback, 1985).

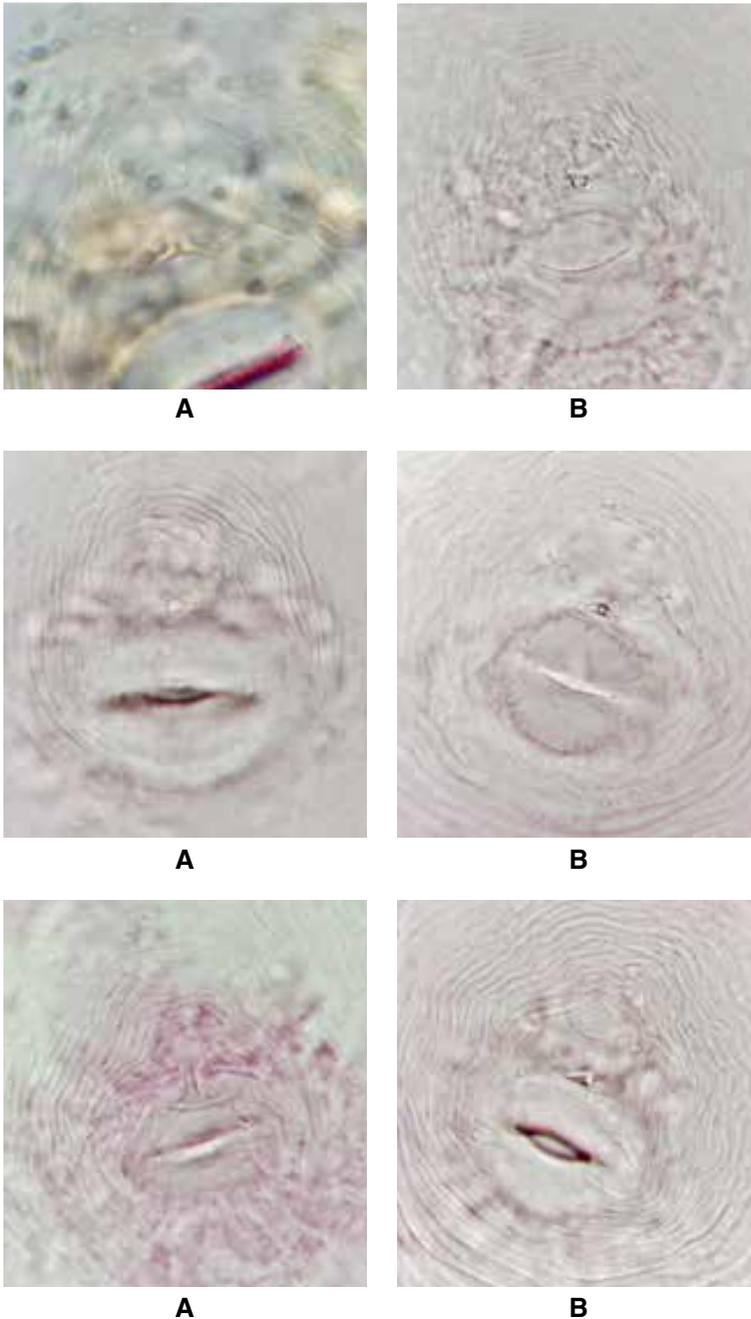
Los especímenes machos encontrados asociados a estos aislamientos, presentaron disco labial grande y redondeado, cóncavo en la parte central y generalmente más alto que los labios medios; región cefálica con dos o tres anillos incompletos. El estilete presenta columna cilíndrica y generalmente más angosta cerca de los nódulos basales; nódulos basales planos y redondeados, ligeramente separados de la columna. Estas características concuerdan con las reportadas por Eisenback (1985) para los machos de *M. incognita*.

Los J2 de esos aislamientos presentaron la región labial con 1 a 3 anillos incompletos; el cono y la columna del estilete son de tamaño similar, con nódulos pequeños, ligeramente separados y redondeados. La cola es ligeramente puntiaguda o redondeada en su parte terminal; región hialina de longitud variable. Esta descripción concuerda con la reportada para los J2 de la especie *M. incognita* (Orton, 1973; Eisenback *et al.*, 1981; Eisenback, 1985; Jepson, 1987).

Los aislamientos 3, 8, 12, 15 (Tierralta) y 18, 21, 24, 28 (Valencia); el arco dorsal es aplanado o redondeado. Las estrías lisas a onduladas y en el arco se curvan ligeramente hacia las líneas laterales y forman una ondulación, conocida como “hombreras” (Figura 2.10A). El cono y la columna del estilete son gruesos; la columna incrementa su diámetro hacia la base y los nódulos basales son anchos y redondeados en su parte posterior (Figura 2.10B). Estas características coinciden con las descritas por Orton (1975) y Eisenback (1985) para *M. arenaria*. No se encontraron especímenes machos asociados a estos aislamientos. En los J2 de los aislamientos 3, 8, 12, 15 (Tierralta); 18, 21, 24, 28 (Valencia) se encontró la región cefálica sin anillos; el cono y la columna del estilete robustos y de igual longitud, nódulos anchos y redondeados en la parte posterior. La cola es cónica y ligeramente puntiaguda en la parte terminal. La región hialina es de longitud variable. Estas características concuerdan con las descritas para los juveniles del segundo estadio de *M. arenaria* (Orton, 1975; Eisenback *et al.*, 1981; Eisenback, 1985; Jepson, 1987).

Los resultados de las variables morfométricas evaluadas (Tabla 5) muestran que las poblaciones encontradas se encuentran dentro de los rangos reportados en otras investigaciones para las especies *M. incógnita* y *M. arenaria* (Orton, 1975; Eisenback *et al.*, 1981; Eisenback, 1985; Jepson, 1987). Lo cual corrobora la identificación de éstas especies.

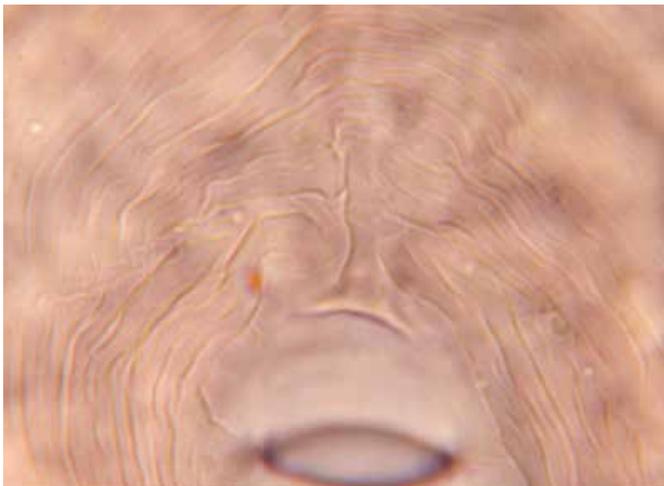
Los caracteres morfológicos y morfométricos de los aislamientos en este estudio coinciden con los descritos por otros autores para las especies *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood 1949; y *Meloidogyne arenaria* (Neal 1889) Chitwood 1949, (Orton, 1972, 1973, 1975; Sasser *et al.*, 1979; Eisenback, 1985; Jepson, 1987).



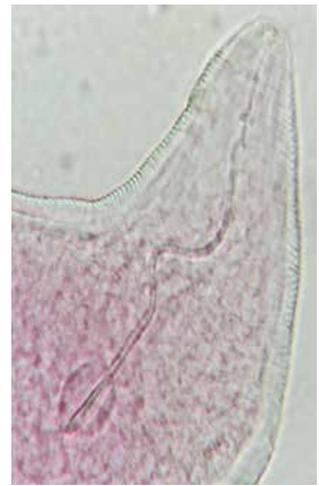
**Figura 2.8.** Microfotografía del patrón perineal de *Meloidogyne incognita*. Arco dorsal alto y cuadrado (A); arco dorsal alto y ligeramente cuadrado o redondeado (B). Arco dorsal ligeramente bajo, redondeado o cuadrado (C) aislado del cultivo de plátano en la zona productora del Alto Sinú, Córdoba. Fotografía: Juan Jaraba



**Figura 2.9.** Microfotografía de la región anterior de *Meloidogyne incognita*. Nódulos del estiletes redondos en el mismo plano. Juan Jaraba



**A**



**B**

**Figura 2.10.** Microfotografías de *Meloidogyne arenaria*. **A.** Patrón perineal de arco dorsal redondeado, estrías curvadas ligeramente hacia las líneas laterales, formando una ondulación "hombreda". **B.** Región anterior, estilete con nódulos proyectados hacia la región posterior del cuerpo aislado del cultivo de plátano en el departamento de Córdoba. Fotografía: Juan Jaraba.

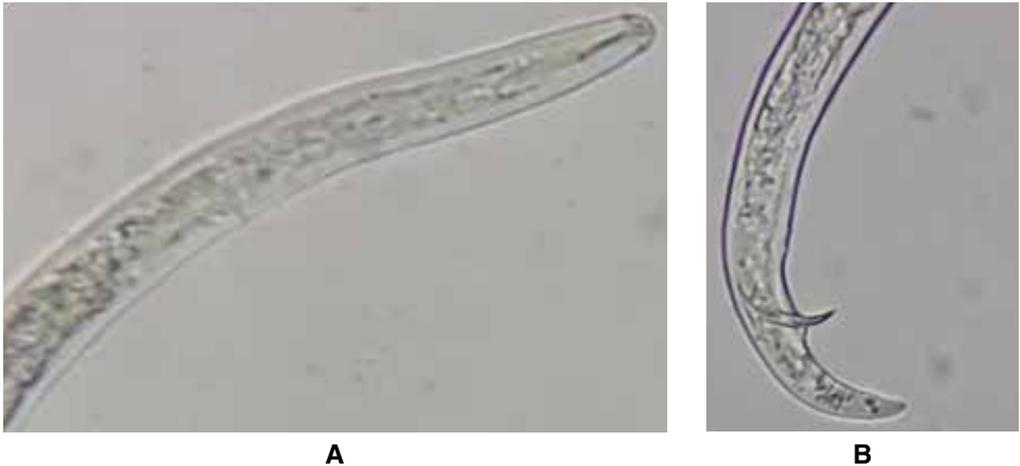
**Tabla 5.** Parámetros morfométricos de los diferentes aislamientos de *Meloidogyne* spp. obtenidos del cultivo de plátano de las zonas agrícolas del departamento de Córdoba

Municipio	Aislamiento	Hembras				Juveniles				Machos	
		Cepa	Estilote	DGO <sup>b</sup>	Estilote	DGO	Cola	Región bucal	Longitud	Estilote	DGO
			µm		µm		µm		µm		µm
Valencia	17, 22										
Los Córdoba	33, 34	15.1 ± 1.8	3.1 ± 0.5	14.1 ± 0.4	2.7 ± 0.3	40.3 ± 0.9	11.3 ± 0.7	392.7 ± 14.4	24.2 ± 0.5	3.1 ± 0.3	
Lorica	46										
San Bernardo	58										
	62, 63, 64, 65										
Lorica	37, 43, 47	16.2 ± 0.6	3.3 ± 0.9	14.6 ± 0.7	2.9 ± 0.1	45.1 ± 0.5	12.0 ± 0.5	401.1 ± 10.3	24.5 ± 0.7	3.5 ± 0.1	
Moñitos	48										
Valencia	20, 23, 27, 31										
Tierralta	1, 2, 9, 10, 11, 13, 14	15.2 ± 1.3	3.2 ± 0.6	14.8 ± 0.9	2.8 ± 0.4	47.1 ± 1.0	12.6 ± 0.5	409.0 ± 29.4	23.5 ± 0.7	3.1 ± 0.3	
Tierralta	3, 8, 12, 15										
Valencia	18, 21, 24, 28										
Los Córdoba	35										
Lorica	38, 44	16.1 ± 1.4	3.0 ± 0.3	14.4 ± 1.0	2.8 ± 0.4	47.6 ± 1.1	12.4 ± 0.5	400.3 ± 1.0	-	-	
Moñitos	49, 53										
Puerto Escondido	55										
M. incognita <sup>c</sup>		15-17(16)	2-4(3)	10-12(11)	2-3 (3)	42-63(52)	3-13.5(9)	346-463(405)	23-25(24)	2-4(3)	
M. arcuata		13-17(15.5)	3-7(5)	10-12(11)	3-4 (3.5)	44-69(56)	6-13.0(9)	398-605(504)			

a = Se evaluaron cinco a 15 individuos por cada aislamiento. b = DGO= Distancia de la base del estilote a la desembocadura de la glándula dorsal. c = Rango y valor medio (paréntesis) de referencia tomados de Orton (1972, 1973, 1975), Eisenback *et al.* (1981) y Eisenback (1985).

- = ausencia de espécimen.

***Paratylenchus*:** Este género fue detectado en seis de las 20 fincas muestreadas (cinco en Valencia y una en Tierralta). Son nematodos pequeños, vermiformes, cuerpo con notoria curvatura ventral, región cefálica redondeada, continua del contorno del cuerpo, tamaño pequeño. Estilete bien desarrollado (Figura 2.11) (Mai, 1996; Eisenback, 2002; Hunt *et al.*, 2005; Guzmán-Piedrahita, 2016).



**Figura 2.11.** Región anterior y posterior de un macho de *Paratylenchus* spp. **A.** Región cefálica continua, estilete delgado, con nódulos basales poco desarrollado. **B.** Espiculas ligeramente curvadas, cola cónica. Fotografía: Juan Jaraba.

***Pratylenchus*:** Denominado nematodo lesionador. Este género fue encontrado en 10 de fincas en toda la zona muestreada (siete en Valencia y tres en Tierralta). Presentan región cefálica baja, arqueada y separada del cuerpo. Región cefálica fuertemente esclerotizada. Estilete corto, bien desarrollado, con nódulos basales redondeados. Las glándulas del esófago sobrepuestas al intestino. Vulva ubicada al 80% de la longitud del cuerpo (Figura 2.12).



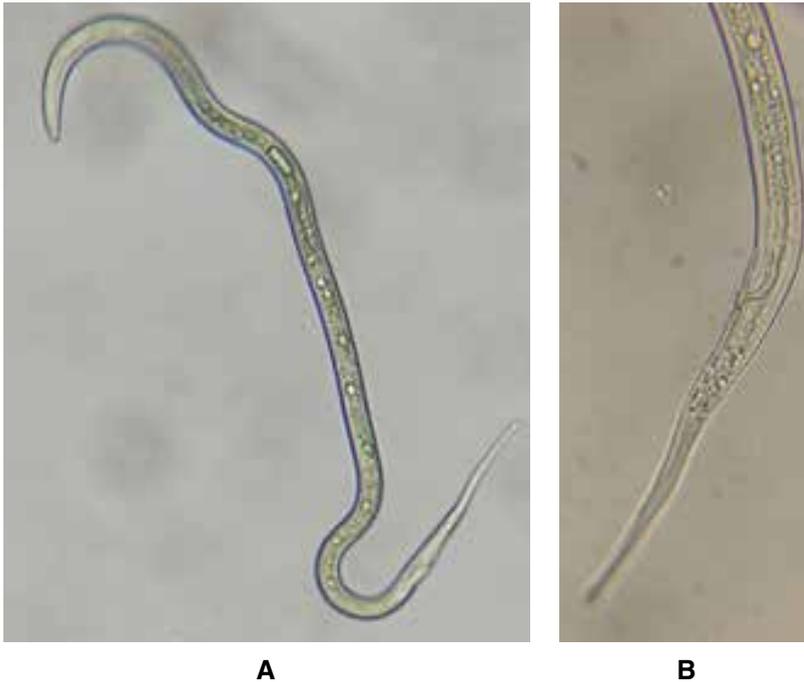
**A**



**B**

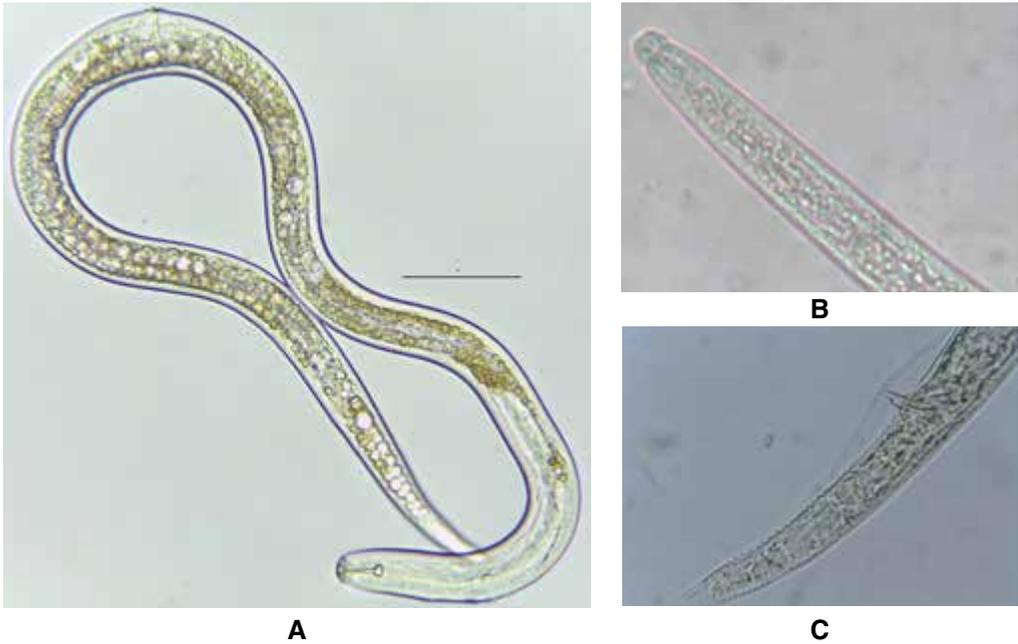
**Figura 2.12.** *Pratylenchus* spp. A. Juvenil B. Región cefálica con cabeza esclerotizada, separada del cuerpo. Estilete corto, robusto con nódulos basales redondos. Fotografía: Juan Jaraba.

***Psilenchus*:** Este género fue encontrado en ocho de las 20 fincas muestreadas, con mayor frecuencia en el municipio de Tierralta (seis fincas). Los nematodos de este género se caracterizan por ser filiformes, delgados, estilete poco desarrollado, con conspicuos nódulos basales. El esófago no traslapa el intestino. Las hembras son monodélficas con cola filiforme, larga, con una dilatación terminal (Figura 2.13) (Mai, 1996; Eisenback, 2002; Guzmán-Piedrahita, 2016).



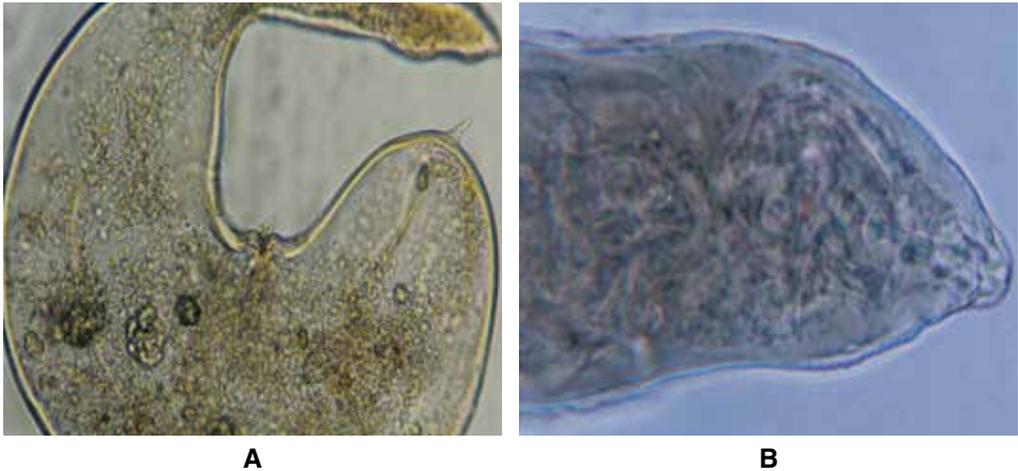
**Figura 2.13.** *Psilenchus* sp. (A, B). **A.** Cuerpo filiforme. **B.** Región posterior con espículas prominentes, curvadas ventralmente y cola filiforme terminada en una dilatación redondeada. Fotografía: Juan Jaraba.

***Radopholus*:** Este género fue encontrado en dos fincas de la zona de muestreo en Valencia. Son nematodos vermiformes, de 500 y 600 micras, el esófago se sobrepone dorsalmente al intestino. Presentan dimorfismo sexual (Figura 2.14). Las hembras tiene la región cefálica aplanada y redondeada y el estilete fuerte, con nódulos bien desarrollado, vulva localizada ligeramente por debajo de la mitad del cuerpo, didélfica (Figura 2.14A) (Maggenti, 1986; Mai, 1996). El macho presenta la región labial redondeada y levantada simulando una “perilla” y estilete débil, con nódulos poco desarrollados (Figura 2.14B), espículas prominentes, con bursa y cola cónica terminada en una pequeña extensión hialina (Figura 2.14C).



**Figura 2.14.** Nematodo barrenador del plátano y banano (*Radophulus similis* (Cobb) Thorne). **A:** Hembra con región cefálica bien esclerotizada, labios continuos y estilete masivo (Foto cortesía de Ángela María Chávez Velásquez, Universidad de Caldas). **B:** Región anterior redondeada y el estilete pequeño en el macho. **C:** Región posterior con ala caudal pronunciada, cubriendo las espículas curvadas ventralmente. Fotografías B y C: Juan Jaraba.

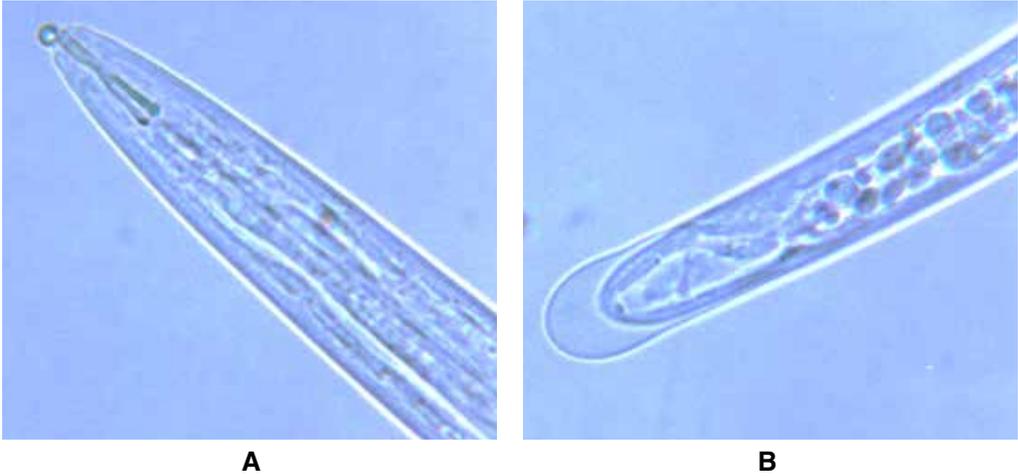
*Rotylenchus:* Este género se encontró en cinco de los 20 lotes muestreados (cuatro en Valencia y uno en Tierralta). Son nematodos pequeños (hasta 1 mm de longitud), con marcado dimorfismo sexual en estado adulto. Las hembras son obesas, con el cuerpo curvado ventralmente. Los machos son vermiformes, con estilete y esófago degenerado (Maggenti, 1986; Mai, 1996) (Figura 2.15).



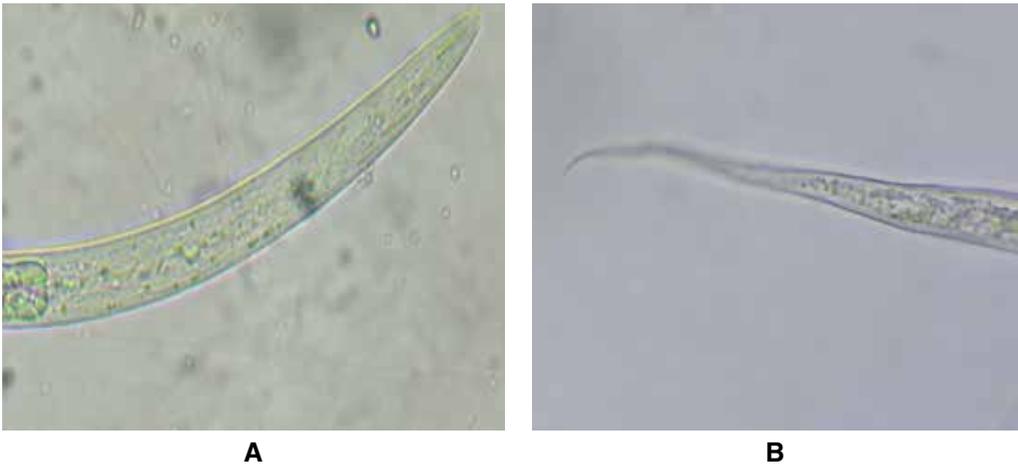
**Figura 2.15.** *Rotylenchulus reniformis*, nematodo arriñonado del plátano y banano. **A:** Región anterior fuertemente esclerotizada y estilete conspicuo. **B:** Región posterior de forma arriñonada, con vulva postecuatorial. Fotografía: Juan Jaraba.

***Trophorus:*** Este género se encontró en cinco de las veinte fincas muestreadas, tres en Tierralta y dos en Valencia. Son nematodos vermiformes, ligeramente curvado ventralmente, la región labial cónica, y continua. Estilete delgado y con nódulos basales pequeños, cola terminada en punta redondeada con región hialina, no anillada (Mai, 1996; Rahaman y Sharma 1998) (Figura 2.16).

***Tylenchus:*** Este género fue encontrado en 16 de los 20 lotes muestreados (diez en Tierralta y seis en Valencia). Son nematodos filiformes, de 0,4 a 1,3 mm; el esófago no traslapa al intestino, estilete pequeño con nódulos basales poco desarrollados. Las hembras son monodélficas y los machos tienen bursa conspicua y cola conoide o filiforme (Maggenti, 1986; Mai, 1996; Guzmán-Piedrahita, 2016) (Figura 2.17).



**Figura 2.16. *Trophorus*.** **A:** Región anterior y posterior del género *Trophorus*. Región labial cónica con estilete delgado y nódulos basales poco desarrollados. **B:** Cola redondeada con región hialina sin anulaciones. Fotografía: Juan Jaraba.



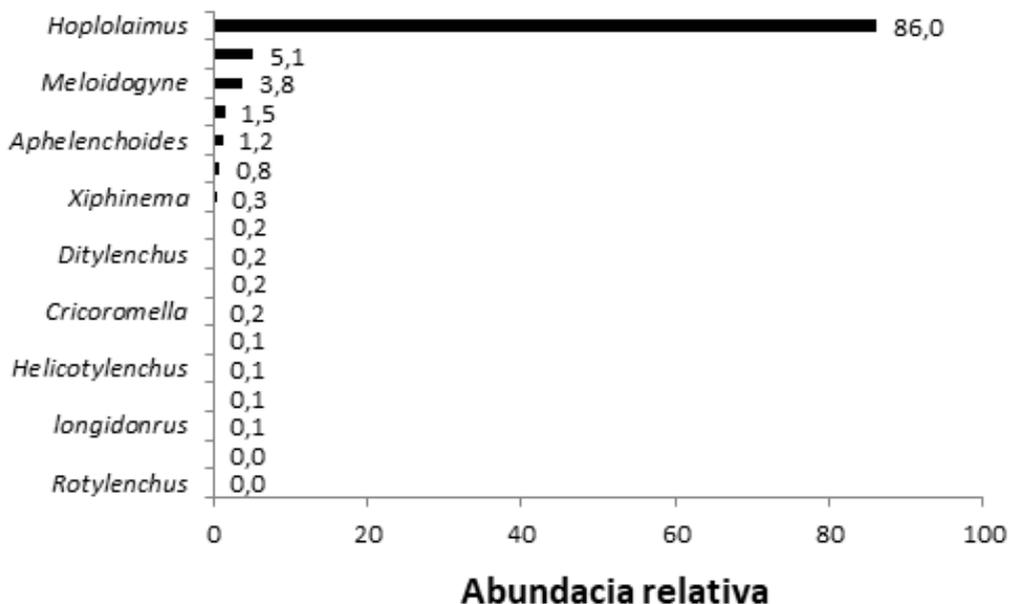
**Figura 2.17. *Tylenchus*.** Región anterior y posterior del genero *Tylenchus*. **A:** Región cefálica continua, estilete débil y esófago no sobrepuesto. **B:** Cola cónica, filiforme. Fotografía: Juan Jaraba

*Xiphinema*: Este género fue encontrado en 15 de los 20 lotes muestreados (siete en Tierralta y ocho en Valencia). Son nematodos vermiformes, grandes (1,5 a 13mm de longitud), con región labial redondeada, continua, con labios amalgamados. Odontóforo bien

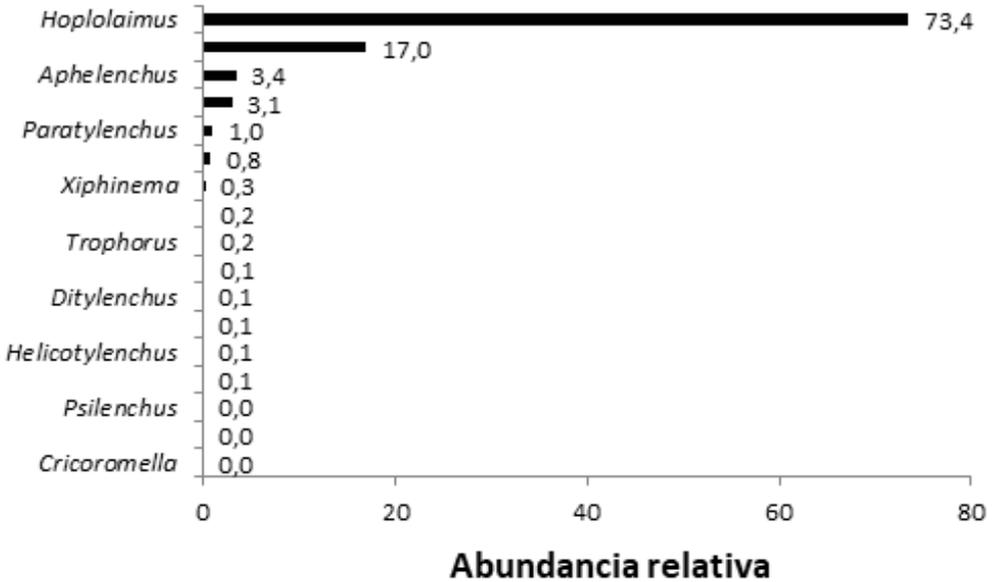
Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, desarrollado (100 a 200  $\mu\text{m}$ ) con flanges (dilataciones) basales y anillo guía doble, localizado en la parte posterior. La cola es corta y cónica (Maggenti, 1986; Mai, 1996 Medina *et al.*, 2015; Guzmán-Piedrahita, 2016).

### 2.3.2. Abundancia relativa de géneros de nematodos

En la zona productora del municipio de Tierralta, los géneros más abundantes fueron *Hoplolaimus*, *Aphelenchus* y *Meloidogyne* (86, 5,1 y 3,8%, respectivamente). Estos tres géneros representan el 95% de la abundancia en este municipio (Figura 2.18), mientras que en el municipio de Valencia, los géneros más abundantes fueron *Hoplolaimus*, *Pratylenchus* y *Aphelenchus* (73,4, 17 y 3,4 %, respectivamente), que representan el 94% de la abundancia de nematodos en todas las fincas muestreadas (Figura 2.19).

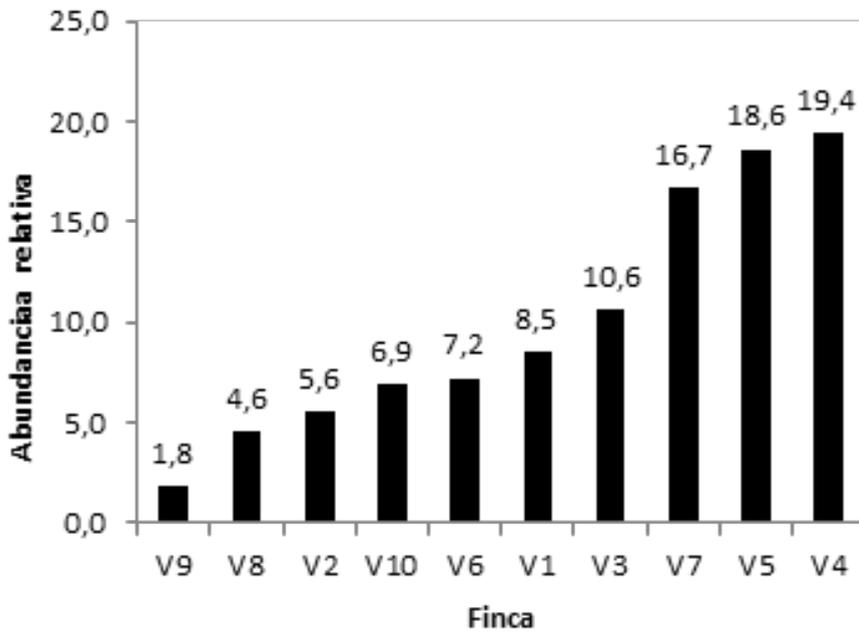


**Figura 2.18.** Abundancia relativa de los géneros de nematodos encontrados en el municipio de Tierralta.

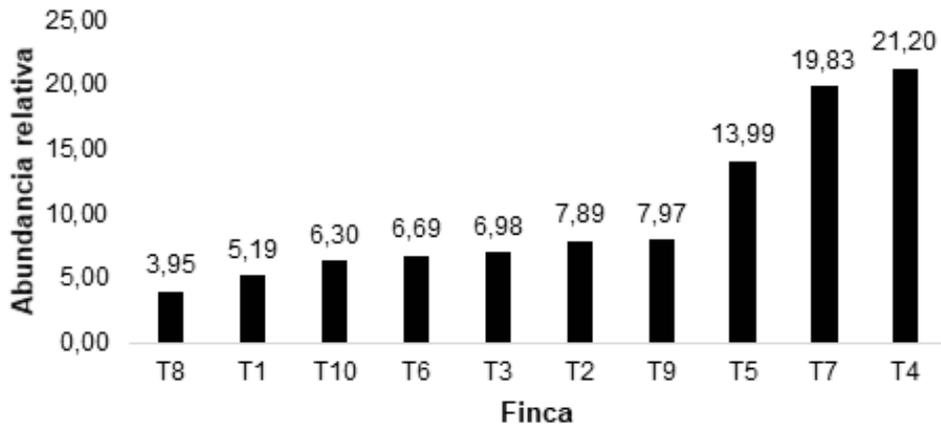


**Figura 2.19.** Abundancia relativa de los géneros de nematodos encontrados en el municipio de Valencia

En el municipio de Valencia se encontró que las fincas 4, 5 y 7 presentaron el mayor número de nematodos registrados, independiente del género, mientras que la finca 9 presentó el menor número de nematodos (Figura 2.20). En Tierralta las fincas 5, 7 y 4 presentaron la mayor abundancia de nematodos mientras que la finca 8 fue la de menor abundancia relativa. Esas fincas representan el 55% de la abundancia de nematodos en cada una de las zonas muestreadas (Figura 2.21).



**Figura 2.20.** Abundancia relativa de la población de nematodos en las fincas del municipio de Valencia.



**Figura 2.21.** Abundancia relativa de la población de nematodos en las fincas del municipio de Tierralta.

Los géneros encontrados en este estudio, han sido reportados en la mayoría de los países donde se cultiva plátano o banano (Lara-Posada *et al.*, 2016), y han sido relacionados con diferentes problemas fitosanitarios del cultivo. Los géneros *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchus*, *Helicotylenchus*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus*, *Psilenchus*, *Xiphinema* y *Radopholus similis*, encontrados en esta investigación, también han sido reportados en Colombia afectando el cultivo de plátano (Guzmán y Castaño, 2004), con la diferencia de los géneros *Belonolaimus* y *Seinura*, que no fueron encontrados en este estudio. Los géneros *Trophorus*, *Criconemella*, *Dyscrocriconemella*, *Longidorus*, *Paratylenchus* y *Rotylenchus* aislados en las fincas monitoreadas en este trabajo, indica que en esta región productora, existe mayor diversidad de géneros de nematodos fitoparásitos.

Dentro de los nematodos encontrados están presentes el nematodo Barrenador (*Radopholus similis* Cobb.), el nematodo Lesionador (*Pratylenchus* spp.), el nematodo Espiral (*Helicotylenchus* spp.) y el nematodo Nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp.), los cuales, pese a que no fueron los más numerosos y frecuentes en el área de estudio, se encuentran entre los nueve géneros más importantes que afectan la producción de plátano en el mundo y en Colombia (Haddad *et al.*, 1975; Eisenback *et al.*, 1981; McSorley y Parrado, 1986; Sarah, 1989; Belarcazar y Merchán, 1991; Araya y Moens, 2003; Guzmán y Castaño, 2004; Luc *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2006; Adriano *et al.*, 2008; Jaraba *et al.*, 2008; Múnera *et al.*, 2008; Guzmán, 2011; Rahman *et al.*, 2014).

Los nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp), asociados al cultivo de plátano han sido reportados en otros países afectando a este cultivo (Lara-Posada *et al.*, 2016). En Colombia (Varón, 1991), y en la zona del sur de Córdoba (Jaraba *et al.*, 2008), se han reportado estos nematodos en previos estudios. *M. incognita* y *M. javanica* se han encontrado asociados a este cultivo en el país, mientras que en la zona productora del sur de Córdoba, *M. incognita* y *M. arenaria*, fueron encontradas afectando este cultivo en forma individual o de manera conjunta.

En el estudio se identificaron las mismas especies (*M. incognita* y *M. arenaria*), pero no se encontraron mezclas de las mismas. Estas especies también se han encontrado afectando al cultivo de banano en las zonas productoras de los departamentos del Magdalena y Urabá antioqueño (Alzate *et al.*, 2011), lo que indica la gran adaptabilidad que tienen estos a diferentes ambientes donde se producen musáceas en el Caribe colombiano.

La presencia de los nematodos de mayor importancia económica en el cultivo de plátano (*Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp. *Pratylenchus* spp y *Helicotylenchus* spp) en todo el mundo, así como la del género *Hoplolaimus*, que presentó el mayor número de individuos y la mayor frecuencia en la zona productora del sur de Córdoba, hace necesario que se realicen programas de manejo de estos, encaminados a evitar su diseminación dentro de la zona estudiada y las demás zonas productoras del departamento de Córdoba. Son de especial interés para tales fines, las fincas que presentaron la mayor abundancia relativa (V4, V5, V7, T4, T7 y T5) en los municipios de Valencia (V) y Tierralta (T), respectivamente.

Los resultados en esta investigación son importantes para la caracterización de las poblaciones de nematodos fitoparásitos presentes en este sistema agrícola. Este estudio puede convertirse en una herramienta útil para la evaluación de ecosistemas agrícolas en el trópico ya que evidencia que la perturbación que provocan las prácticas agrícolas, estaría muy relacionada con el desequilibrio en la comunidad de nematodos, tanto en la abundancia como en la composición taxonómica y trófica. Estos estudios permitirán además actualizar la lista de nematodos fitoparásitos asociados a este cultivo, por lo que ayudará a realizar un mejor control, así como observar las tendencias de aumento o disminución de las poblaciones presentes en cualquier sistema de producción.

## 2.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano, M. D. L., Herrera, D., Albores, V., Salvador, M., & Velasco, M. E. (2008). Nematodos endorrizosféricos del banano (*Musa* AAA. subgrupo Cavendish) clon " grande naine" en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 147-152.
- Alzate, R. N., Gutiérrez, B. M. G., & Tobón, P. A. C. (2011). Caracterización de especies meloidogyne en zonas bananeras de Antioquia y Magdalena. *Universidad Católica de Oriente*, 24(31).
- Araya, M. (2003). Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el trópico americano. En Rivas, G., y Rosales, F. (eds.), *Manejo Convencional y alternativo de la Sigatoka Negra, Nematodos y Otras Plagas Asociadas al Cultivo de Musáceas en los Trópicos*. Sección 2. pp. 79-102. Guayaquil, Ecuador (recuperado 5/11/17)
- Araya, M., Vargas, A., & Cheves, A. (1999). Nematode distribution in roots of banana (*Musa* AAA cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology*, 1(7), 711-716.
- Azpilicueta, C., Aruani, M. C., & Reeb, P. (2015). Nematodos: indicadores del estado y procesos del suelo en un sistema frutícola. In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (La Plata, 2015)*.
- Belalcazar, S., y Merchan, V. (1991). Control de enfermedades. En: *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de Asistencia Técnica No. 50. CENICAFE. Cali, Colombia. p. 241-297.

- Coolen, W., y d'Herde, C. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.
- Eisenback, D. (1985). Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol I, Biology and Control. International *Meloidogyne* Project. Sasser, J. and C. Carter. (eds) North Carolina State University Graphics. U.S.A. pp. 95 – 112.
- Eisenback, J. (2002). Identification guides for the most common genera of plant parasitic nematodes. ISBN: 1-893961-22-2. Virginia, USA. 32 pág.
- Eisenback, J., Hrischmann, H., Sasser, J., & Triantaphyllou, A. C. (1981). A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), with a pictorial key (p. 48). State University, Depto. of Plant Pathology.
- González, C. (2018). Dinámica poblacional de nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*) Dominico Hartón.
- Guzmán, A. (2011). El nemátodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Revista Luna Azul*, (33).
- Guzmán, O., y Castaño, J. (2004). Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos dominico hartón (*Musa AAB* Simmonds), África, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Rev. Academia Colombiana de la Ciencia*. 28 (107): 295- 301.

- Guzmán-Piedrahita, O.A., (2016). Manual para la identificación de nematodos fitoparásitos. Primera edición. ISBN: 978-958-46-9560-4. Manizales, Colombia. 134pág.
- Haddad, O., Meredith, J., y Matinez, R. (1975). Nematodos parasiticos asociados a cultivares y clones de bananas en Venezuela. *Nematropica*: 5: 33- 39
- Hooper, D. (1986). Extracción of free-living stages of soil. In: Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Southey, J. F., (ed). Ministry of Agriculture Fisheries and Food, Reference Book 402. Her Majesty's Stationery Office. pp: 5-30.
- Hooper, D. J., J. Hallmann and A. Subbotin. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. Pp: 54-59. In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2nd edition.
- Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-Lopez, R. H. (2005). Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 11-52.
- Jaraba, J., Lozano, Z. E., & Espinosa, M. R. (2008). *Meloidogyne* spp. Asociados al Cultivo de Plátano (*Musa AAB*) en Tierralta y Valencia (Córdoba). *Temas agrarios*, 13(2), 36-44.
- Jepson, S. B. (1987). Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International. Wallingford Google Scholar.
- Lara Posadas, S. V., Núñez Sánchez, Á. E., López-Lima, D., & Carrión, G. (2016). Nematodos fitoparásitos asociados a raíces de

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(1), 116-130.

- Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.). (2005). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Cabi.
- Maggenti, A. (2012). *General nematology*. Springer Science & Business Media.
- Mai, W. F., & Mullin, P. G. (1996). *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera* (No. Ed. 5). Comstock Publishing Associates.
- Martínez, H., Peña Y., & Espinal, C. (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, (recuperado 6/11/17).
- McSorley, R., & Parrado, J. L. (1986). *Helicotylenchus multicinctus* on banana: an international problem. *Nematopica*, 16(1), 73-91.
- Medina, K. C., González, E. F., & Basterrechea, H. G. (2015). *Xiphinema basiri* Siddiqi, un peligro potencial para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas de cultivos protegidos. *Fitosanidad*, 19(1), 65-68.
- Moens, T., Araya, M., Swennen, R., & De Waele, D. (2004). Enhanced biodegradation of nematicides after repetitive applications and its effect on root and yield parameters in commercial banana plantations. *Biology and Fertility of Soils*, 39(6), 407-414.
- Rahaman, PF, y Sharma, SB (1998). Descripción de una población india de *Trophurus longimarginatus* Roman, 1962 (= *T. impar* Ganguly

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, y Khan, 1983, N. syn.) (Nematoda: Belonolaimidae). *Nematología fundamental y aplicada*

- Rahman, S., Zain, S., Mat, M., Sidam, A., Othman, R., & Mohamed, Z. (2014). Population distribution of plant-parasitic nematodes of bananas in Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*, 43(2), 175-183.
- Robbins, RT (1982). Descripción de *Hoplolaimus magnistylus* n. sp. (Nematoda: Hoplolaimidae). *Revista de nematología*, 14 (4), 500.
- Romero, E. M., Castillo, E., & Páramo, C. M. (2016). Comunidades de nematodos de vida libre del suelo y su correspondencia con la calidad. *Ingeniería y Región*, (16), 16-28.
- Sarah, J. L. (1989). Nematological review: banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica*, 19(2), 199-216.
- Varón, F. 1991. Control de nematodos. pp. 329-342. En: 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.

# CAPÍTULO **3**

---

## ***Descriptores ecológicos de los géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia, Córdoba.***

### **3.1. INTRODUCCIÓN.**

Los nematodos fitoparásitos ocasionan pérdidas en los cultivos de plátano entre el 15 y 50% (González *et al.*, 2012); el daño causado por estos, depende en gran medida de las poblaciones presentes en el suelo y su interacción con el hospedero. Todas las poblaciones biológicas tienen características específicas que explican su comportamiento y las relaciones de estas comunidades con el entorno. Dado que muchas de estas características son subjetivas, se han desarrollado herramientas que permiten establecer el estado de una comunidad biológica, tales como los índices o descriptores biológicos.

Los conceptos de diversidad biológica han sido ampliamente analizados, sin embargo el comportamiento de cada parámetro depende de condiciones específicas del medio. En esta medida las comunidades biológicas poseen la propiedad de diversidad específica, que hace referencia a la “variedad numérica de especies medible” en un espacio determinado, y está expresada en dos componentes: riqueza de

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, especies y equitabilidad (equitatividad o equidad). El primero consiste en el número de especies encontradas en una localidad; el segundo, a la distribución de la abundancia de especies en determinada localidad (Vázquez y Mantienzo, 2006).

Del concepto anterior se desprenden los diferentes índices ecológicos como: riqueza específica, índice de diversidad, dominancia y equidad.

**Índice de riqueza específica:** Este índice fue desarrollado por Margalef (1958), y permite establecer el número de especies en una determinada zona, en relación al tamaño de la muestra. Se representa por la siguiente formula:

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Donde **S** es el número de especies y **n** el número total de individuos observados. Es usado para determinar el número de especies en una localidad “extensa” mediante la toma de muestras representativas de dicha localidad.

**Índice de diversidad:** los índices de diversidad incorporan la riqueza y la equitatividad. El índice de diversidad de Shannon y Weaver (1949), se basa en el contenido de información por individuo en una muestra obtenida al azar de una comunidad, donde previamente se conoce el número de especies. El índice se representa en la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i)$$

Donde **H'** es la diversidad de Shannon, **S** el número de especies y **pi** la abundancia proporcional.

**Índice de Equitabilidad:** Se utiliza para determinar la abundancia de las especies en una muestra. El índice alcanza sus valores máximos si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia, mientras

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, que tiende a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas. Los índices de equitatividad deben ser expresados como lo propone Hurlbert (1971), quien destacó que todos los índices de equitatividad mantendrían esta propiedad si son expresados como:

$$E = \frac{D}{D_{max}}$$

$$E = \frac{D - D_{min}}{D_{max} - D_{min}}$$

Donde **D** es el índice de diversidad, **D<sub>min</sub>** es el valor mínimo de **D** y **D<sub>max</sub>** representa el valor máximo de **D**.

Para determinar la equitatividad de la diversidad se pueden utilizar los índices de Pielou (J'), índice de Sheldon (EShe), e índice de Heip (EHe).

El índice de Equidad de Pielou (1969), es el más utilizado para determinar la distribución de la diversidad en una localidad, y se expresa en la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Donde **H'** es el índice de Shannon-Wiener y **log<sub>2</sub> S** es la diversidad máxima que se obtendría si la distribución de la abundancia de las especies fuera perfecta.

El índice de Sheldon (1969), **E<sub>She</sub>**. Propone una forma exponencial de **J'**:

$$E_{She} = \frac{2^{H'}}{S}$$

El índice de Heip (1974),  $E_{He}$ . Propone el índice de Sheldon con la sustracción del mínimo.

$$E_{He} = \frac{2^{H'} - 1}{S - 1}$$

Otra herramienta importante en la caracterización biológica de una comunidad son las curvas de acumulación de especies, que ayudan a determinar el esfuerzo del muestreo, cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas. Primero, se colectan sobre todo especies comunes, por ende la adición de especies al inventario se produce rápidamente; he allí donde la pendiente de la curva se eleva. A medida que prosigue el muestreo, son las especies raras, así como los individuos de especies provenientes de otros lugares, los que hacen crecer el inventario, por lo que la pendiente de la curva se hace asintótica. El momento en el que esta pendiente se hace asintótica, teóricamente se ha alcanzado el número total de especies que se puede encontrar en la zona estudiada, con los métodos utilizados y durante el tiempo en el que se llevó a cabo el muestreo.

Las curvas de acumulación permiten: 1) dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, 2) una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables, y 3) extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona (Lamas *et al.*, 1991; Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001).

Las herramientas antes mencionadas permiten comprender el comportamiento de las poblaciones de diversos organismos, incluyendo los nematodos. La aplicación de estos índices en el presente trabajo de investigación, permitirá establecer la relación de los géneros hallados en cada municipalidad y con base en ello, se podrá inferir el impacto que tienen las actividades de manejo agronómico que se realizan en el cultivo de plátano en las poblaciones de nematodos. Por

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, tanto, el objetivo de este capítulo es determinar la frecuencia, riqueza y abundancia, de especies de nematodos fitopatógenos asociados con el cultivo de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia, en el departamento de Córdoba.

## **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

En cada municipio se muestrearon 10 fincas al azar ubicadas en los caminos que comunican las veredas de las zonas productoras y con, al menos 500 m de distanciamiento entre fincas, las cuales fueron georeferenciadas (Garmin GPSMAP 64s→). En Tierralta, tres lotes se muestrearon en Nueva Platanera y El Banquito, mientras que en Gramalote, Carrizola, Mazamorra y Puertas Negras solo uno fue examinado. En Valencia dos fincas fueron muestreadas en las veredas Manzanares, El Reposo y la zona urbana del municipio, y un solo lote se muestreó en las veredas Los Rosales, Mira Flores, Nueva Esperanza y El Brillante (Figura 2.1, Tabla 3).

En cada finca, se seleccionó un área de 2.500 m<sup>2</sup>, en la cual se tomaron 10 submuestras de suelo rizosférico y raíces del hijo de sucesión de plantas en floración, a una distancia horizontal de 0 a 30 cm de la base de la planta y 30 cm de profundidad del perfil del suelo (Araya *et al.*, 1997; 1999). Las submuestras se homogenizaron para formar una muestra de suelo o raíces. Las muestras se depositaron individualmente en bolsas de plástico y se identificaron con el nombre de la finca, el municipio, corregimiento o vereda y edad del cultivo. Una vez etiquetadas se refrigeraron hasta su procesamiento.

### **3.2.1. Fase de laboratorio.**

El procesamiento de las muestras se realizó en los Laboratorios de Fitopatología y de Suelos y Aguas, adscritos a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba.

Las muestras de suelo fueron procesadas para determinar la presencia de nematodos hectoparásitos, endoparásitos migratorios y los machos y segundos estadíos larvales (J2) de endoparásitos sésiles (*Meloidogyne* spp.), mediante el método de tamizado-centrifugado y flotación en azúcar (Hooper, 1986; Hooper *et al.*, 2005).

Cada muestra de raíz fue dividida en dos submuestras. Una parte de las raíces fue procesada para determinar la presencia de hembras de *Meloidogyne* spp. mediante el método de tinción con hipoclorito de sodio-fuscina ácida (Daykin y Hussey, 1985); la segunda submuestra se procesó mediante la técnica de licuado, tamizado y centrifugado (Coolen y D'Herder, 1972; Araya *et al.*, 1995), para determinar la presencia de nematodos endoparásitos migratorios.

La identificación de los géneros de nematodos se realizó teniendo en cuenta las características morfológicas de los individuos mediante el uso de claves pictóricas y dicotómicas (Maggenti, 1981; Mai, 1996; Eisenback, 2002; Hunt *et al.*, 2005; Guzmán-Piedrahita, 2016).

La identificación de las especies de nematodos noduladores o agalladores, se realizó basada en caracteres morfológicas y morfométricas de 5 a 15 individuos (hembras, J2 y machos) por aislamiento. Las características morfológicas evaluadas fueron: patrón perineal en hembras, forma del estilete de hembras, machos y J2; forma y número de anillos de la región cefálica de J2 y machos. Las variables morfométricas de los diferentes estadios fueron: longitud del estilete y la distancia de la base del estilete a la desembocadura de la glándula dorsal (D.G.O) de hembras, machos y J2; longitud del cuerpo, la cola y la región hialina de los J2. Esos caracteres fueron comparados con los reportados por Eisenback *et al.*, (1985), Eisenback *et al.* (1981), Orton (1973; 1975) y Jepson (1987).

Los registros de géneros de nematodos hallados en ambas municipalidades, fueron sometidos a análisis de descriptores bilógicos, índices de riqueza, abundancia, dominancia, diversidad de Shannon,

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, riqueza específica de Margalef y equidad, así como la curva de acumulación de especies utilizando el programa estadístico SAS→ Ver 9.1 (Sas Institute, North Caroline, USA).

### 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En las 20 fincas productoras de plátano muestreadas en la región del Alto Sinú, se aislaron 3.1754 individuos, clasificados en 18 géneros: *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Cricoromella*, *Discocriconemella*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Haplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Longidorus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Psilenchus*, *Rodopholus*, *Rotylenchus*, *Trophorus*, *Tylenchus* y *Xiphinema* (Tabla 6 y Tabla 7).

En el municipio de Tierralta, el mayor número de individuos y de géneros se encontró en las fincas T4, T7 y T1, T6 y T10, respectivamente (Tabla 6); mientras que en Valencia, las fincas con mayor número de individuos fueron la V4 y V5, y las de mayor número de géneros la V5 y V6 (Tabla 7)

**Tabla 6.** Géneros de nematodos encontrados por finca en la zona productora de plátano del municipio de Tierralta.

GÉNEROS DE NEMATODOS	NÚMERO DE INDIVIDUOS POR FINCA									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<i>Haplolaimus</i>	646	1011	610	2602	1540	677	2585	474	837	768
<i>Tylenchus</i>	11	0	125	7	7	9	13	0	12	17
<i>Aphelenchus</i>	33	33	15	59	180	141	41	53	118	23
<i>Paratylenchus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	109	0
<i>Pratylenchus</i>	3	4	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Longidorus</i>	1	0	3	1	0	0	4	0	0	0
<i>Meloidogyne</i>	0	0	187	222	9	29	41	0	0	26
<i>Psilenchus</i>	10	0	3	0	1	9	9	1	0	0

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón,

<i>Criconemella</i>	1	0	0	0	0	15	0	0	5	2
<i>Dorylaimus</i>	0	0	0	0	0	9	0	8	0	0
<i>Xiphinema</i>	1	5	2	5	3	6	10	0	0	13
<i>Ditylenchus</i>	3	20	0	0	1	0	0	0	3	5
<i>Trophorus</i>	0	4	0	0	0	19	0	4	0	0
<i>Helicotylenchus</i>	0	0	8	0	0	0	6	0	0	2
<i>Aphelenchoides</i>	0	0	0	0	170	0	0	0	0	0
<i>Rotylenchus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Criconema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>709</b>	<b>1078</b>	<b>953</b>	<b>2896</b>	<b>1911</b>	<b>914</b>	<b>2709</b>	<b>540</b>	<b>1088</b>	<b>861</b>

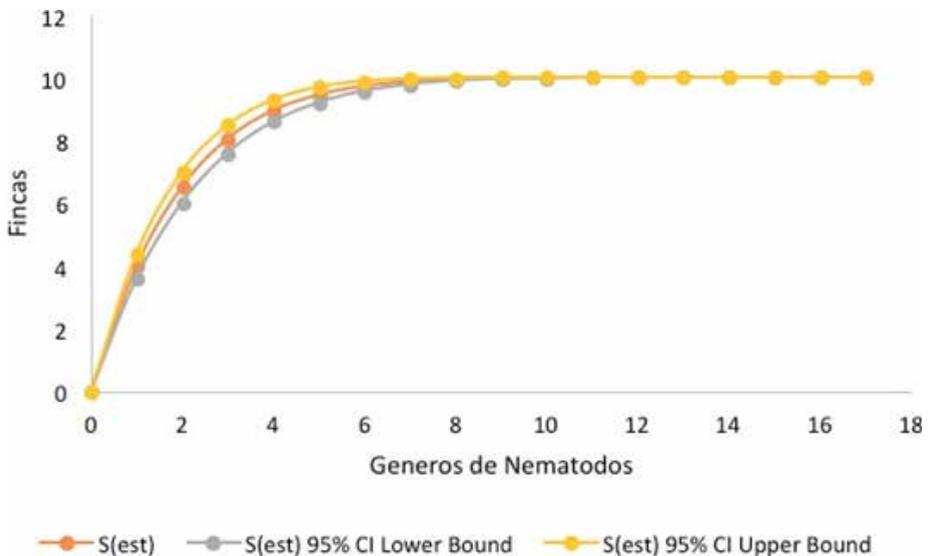
**Tabla 7.** Géneros de nematodos encontrados por finca en la zona productora de plátano del municipio de Valencia.

GENEROS DE NEMATODOS	NUMERO DE INDIVIDUOS POR FINCA									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
<i>Haplolaimus</i>	1304	745	1777	3424	430	1271	2481	572	202	1082
<i>Tylenchus</i>	4	0	4	0	2	3	4	0	0	13
<i>Aphelenchus</i>	61	48	99	18	3	1	234	11	41	106
<i>Paratylenchus</i>	0	0	0	48	97	16	0	17	1	0
<i>Pratylenchus</i>	0	6	0	8	2817	1	0	217	12	15
<i>longidonrus</i>	1	1	2	0	0	3	1	0	0	0
<i>Meloidogyne</i>	143	51	30	0	2	0	262	3	68	1
<i>Psilenchus</i>	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0
<i>Criconemella</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0
<i>Dorylaimus</i>	20	3	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Xiphinema</i>	7	0	11	0	6	2	10	4	0	8
<i>Ditylenchus</i>	0	0	0	0	1	8	11	0	0	0

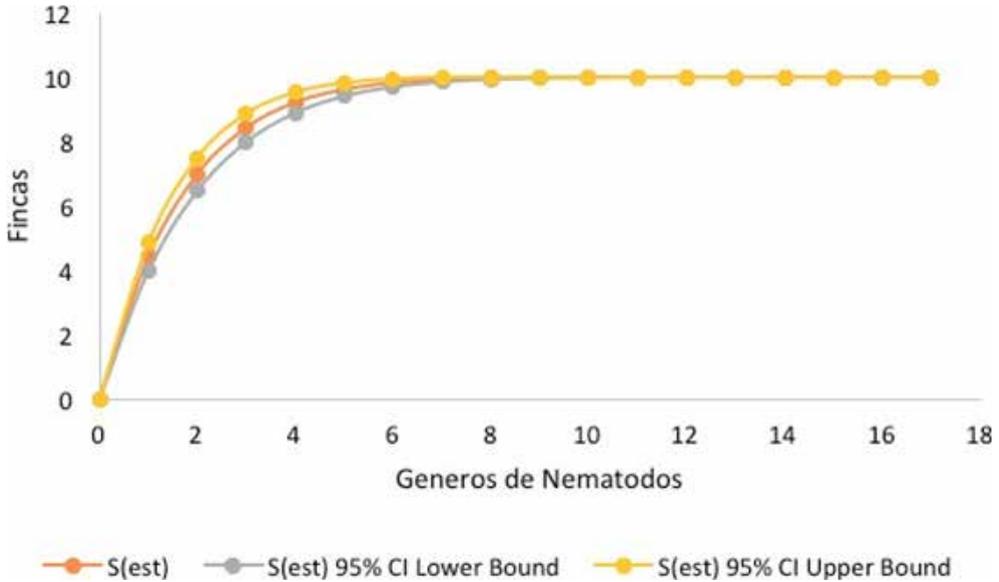
<i>Trophorus</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	23
<i>Helicotylenchus</i>	0	0	0	0	0	1	17	0	0	0
<i>Aphelenchoides</i>	0	6	0	6	7	0	0	0	0	0
<i>Rotylenchus</i>	0	0	1	8	3	1	0	0	0	0
<i>Rodopholus</i>	1	147	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1547</b>	<b>1007</b>	<b>1925</b>	<b>3514</b>	<b>3368</b>	<b>1307</b>	<b>3027</b>	<b>824</b>	<b>327</b>	<b>1249</b>

### 3.3.1. Curva de acumulación de especies.

Con los 18 géneros y las 20 fincas utilizadas en el muestreo se realizó la curva de acumulación de especies para cada municipio. En ambos municipios la curva alcanzó la asíntota en la octava finca (Figuras 3.1 y 3.2), mostrando que el muestreo realizado fue robusto ( $P= 0,05$ ), ya que el número mínimo de fincas requeridas para determinar los 18 géneros de nematodos encontrados, en la época en que se realizó este estudio, fue de ocho (8).



**Figura 3.1.** Curva de Acumulación de especies de nematodos asociados al cultivo del plátano en el municipio de Tierralta (Córdoba).



**Figura 3.2.** Curva de Acumulación de especies de nematodos asociados al cultivo del plátano en el municipio de Valencia (Córdoba).

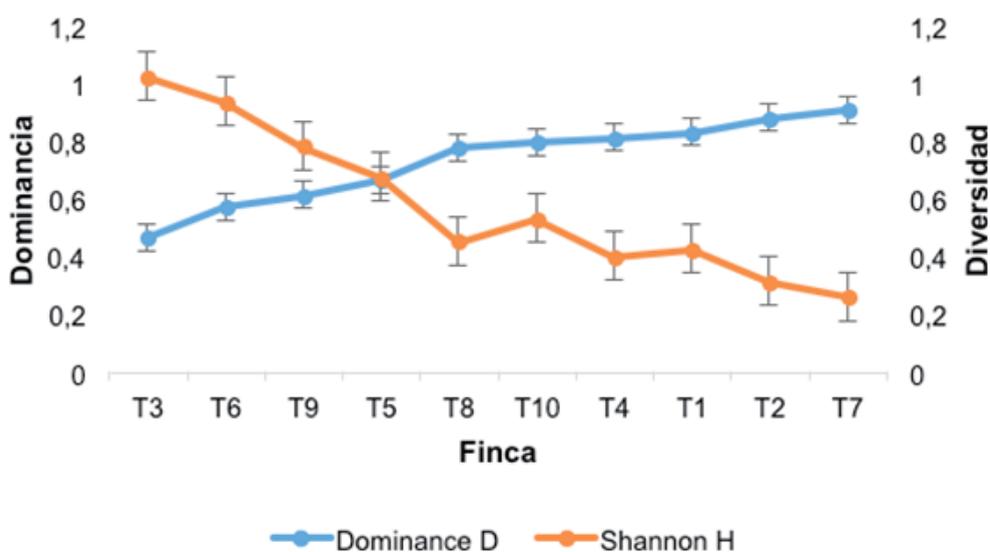
### 3.3.2. Índices de diversidad biológica.

En cada municipio se analizaron los índices ecológicos de Dominancia y Diversidad de Shannon, riqueza específica y equitatividad.

El índice de diversidad de Shannon indica la variabilidad de los nematodos en las fincas muestreadas. Las localidades con índice de diversidad alto, tienen mayor variedad de nematodos distribuidos de forma equitativa en el mayor número de géneros. La dominancia indica en que fincas muestreadas existe uno o más géneros de nematodos que son más abundantes que el resto de los géneros.

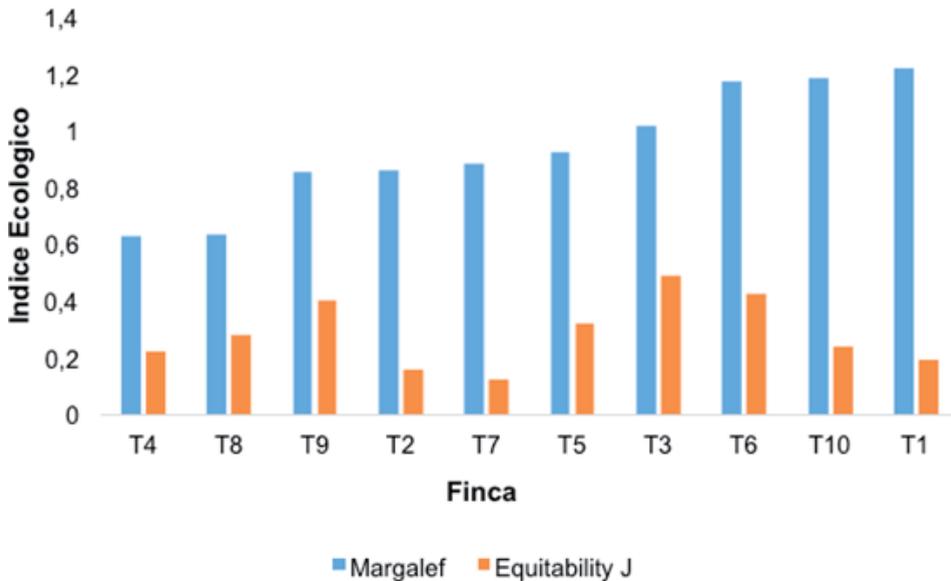
En el municipio de Tierralta el índice de diversidad fluctuó de 0,26 a 1,026. La mayor diversidad se presentó en las fincas T3 y T6. En la finca T3 se hallaron 8 géneros de nematodos (*Hoplolaimus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Meloidogyne*, *Psilenchus*, *Criconemella*, *Dorylaimus*, *Xiphinema* y *Trophorus*) representados en 953 individuos y en la finca

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, T6 se hallaron 9 géneros (*Haplolaimus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *longidonrus*, *Meloidogyne*, *Psilenchus*, *Xiphinema* y *Helicotylenchus*) representados en 914 individuos. En el resto de las fincas muestreadas se encontraron entre 4 y 9 géneros (Tabla 6). La dominancia se halló entre 0,4758 (T3) y 0,9111 (T7), en este municipio, las fincas T2 y T7, donde el género predominante fue *Hoplolaimus* (1.011 y 2.585 individuos, respectivamente), tuvieron los valores más altos de dominancia (Figura 3.3). Estos resultados muestran una relación inversa entre la dominancia y la diversidad.



**Figura 3.3.** Índice de Dominancia y Diversidad de Shannon H, de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Tierralta.

La riqueza específica hace referencia a las localidades con mayor número de géneros encontrados. En Tierralta la riqueza específica se encontró entre 0,6273 y 1,219. Las fincas con más géneros de nematodos fueron T1, T6 y T10. Con excepción de la finca T6, las fincas con mayor índice de riqueza específica, no fueron las más diversas, lo que muestra que estos índices no siempre están relacionados (Figura 3.4).

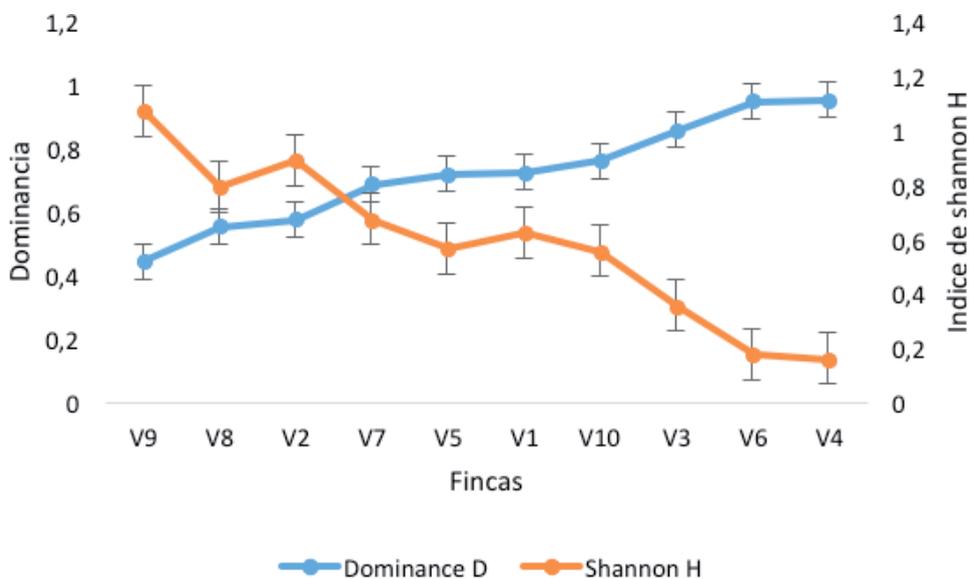


**Figura 3.4.** Índice de Riqueza Especifica e índice de Equitatividad de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Tierralta (Córdoba).

La equitatividad generalmente es proporcional a la diversidad. En el municipio de Tierralta, estos índices tuvieron un comportamiento similar fluctuando de 0,125 a 0,4935. Las fincas T3 y T6 con diversidad alta presentaron índices de equitatividad altos, lo que representa el equilibrio entre la presencia de varios géneros de nematodos con un número de individuos más homogéneo, contrario a lo que ocurre con el índice de dominancia.

En el municipio de Valencia, el índice de diversidad fluctuó de 0,15 a 1,07. La diversidad más alta se encontró en la finca V9 con 327 individuos distribuidos en 6 géneros (*Hoplolaimus*, *Aphelenchus*, *Paratylenchus* *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, y *Criconemella*), seguida de la finca V2 con 1007 individuos distribuidos en 8 géneros (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Dorylaimus*, *Hoplolaimus*, *Pratylenchus*, *Longidorus*, *Meloidogyne*, y *Radopholus*) (Figura 3.5). Ello se debe a que la diversidad está basada en el número de géneros y la distribución

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, equitativa de individuos dentro de cada género. La dominancia más alta fue encontrada en las fincas V4, V6 y V3, donde el género dominante fue *Hoplolaimus*; la dominancia se encontró entre 0,44 (V9) y 0,95 (V4) lo que expresa la relación inversamente proporcional entre los índices.

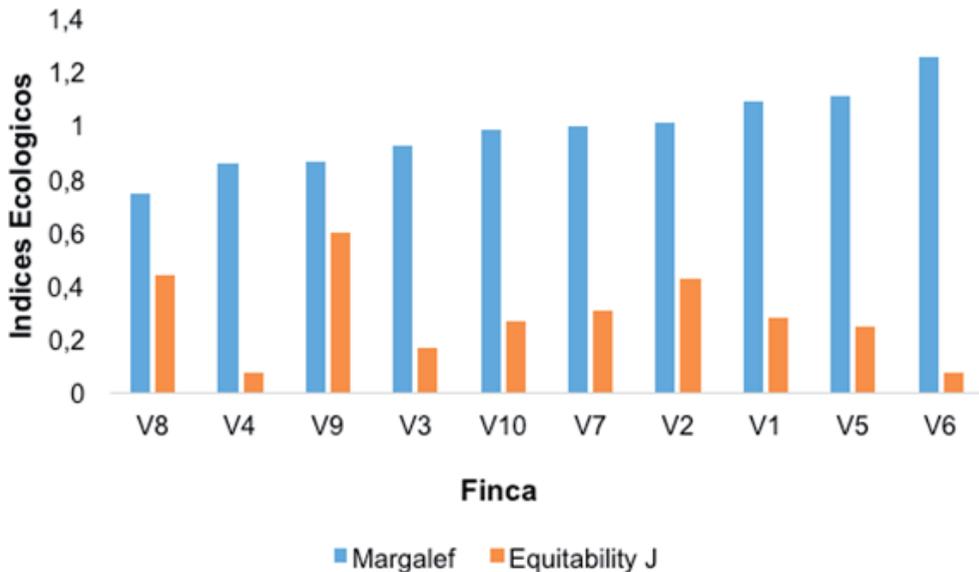


**Figura 3.5.** Índice de Dominancia y Diversidad de Shannon H, de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Valencia

La riqueza específica en este municipio se halló entre 0,74 y 1,25; fue alta en las fincas V6, V5 y V1, con 10 géneros, para las dos primeras y 9 para la última, respectivamente; las fincas con menos riqueza de especies fueron V8 y V4 (Figura 3.6). La equitatividad fue mayor en las fincas V9 y V8 y menor en las V6 y V4. En estas fincas con menor equitatividad, pese a que se encontraron mayor número de géneros de nematodos, el 97% de la población total de estos, en ambas fincas, estaba representada por el género *Hoplolaimus* (Tablas 6 y 7). En las fincas con mayor equitatividad, las poblaciones del género *Hoplolaimus*, predominante en todas las fincas de la región, fueron las más bajas (62% de la población promedio de las fincas). Ello indica que la equitatividad de las especies está fuertemente influenciada por

la presencia de altas poblaciones del género *Hoplolaimus* en todas las fincas muestreadas en la zona de estudio.

La diversidad de especies asociadas a este cultivo, en ambos municipios, fue similar (1,25 y 1,22 en Valencia y Tierralta, respectivamente). Lo anterior indica baja diversidad de nematodos, comparada con sistemas naturales, donde generalmente este índice fluctúa de 1 a 5 (Padilla, 2010). Resultados similares en la diversidad de especies de nematodos se han reportado en otros cultivos. Padilla (2010), encontró baja diversidad de estos microorganismos (1,3) en lotes de café manejado con tecnología tradicional. Ello sugiere que las alteraciones causadas por las actividades humanas tendientes a la producción de alimentos, reducen el número de especies de nematodos, comparadas con los lugares donde no se da dicha intervención (Wilson y Khakouli-Duarte, 2009).



**Figura 3.6.** Índice de Riqueza Especifica e índice de Equitatividad de poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano en el municipio de Valencia (Córdoba).

En *Musa* spp. se reportan 146 especies de nematodos parásitos o asociados al cultivo, distribuidos en 43 géneros (Gowen y Quénéhervé, 1990). Sin embargo, los géneros *Radophulus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* son los de mayor abundancia, diseminación y dominancia (McSorley, 1986; Gowen y Quénéhervé, 1990; Araya *et al.*, 1999; Smith y Velásquez, 2004; Torrado y Castaño, 2009; Lara *et al.*, 2016).

En Colombia, se ha encontrado que las mayores poblaciones de nematodos afectando este cultivo son las de *R. similis*, *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Rotylenchus* spp. (Torrado y Castaño, 2009), lo cual difiere de los resultados encontrados en este trabajo, donde el nematodo de mayor difusión, abundante y dominante fue *Hoplolaimus* spp. Estos resultados podrían sugerir que este nematodo tiene un mejor potencial reproductivo, que el cultivar de plátano es altamente susceptible a los nematodos y que las condiciones medioambientales del cultivo son favorables para la reproducción del mismo (Montero, 1993). Ello, conjuntamente con la posibilidad de que este nematodos se haya adaptado a las prácticas de manejo del cultivo, como la aplicación de fertilizantes químicos y herbicidas, podrían explicar el comportamiento poblacional de *Hoplolaimus* spp. en la zona productora de plátano del sur de Córdoba.

Es importante considerar que el tamaño y la composición de un inventario de especies en un lugar determinado varía con el tiempo (Montero, 1993), debido a que la distribución espacial de las especies en una zona no son estables en el tiempo. Una especie puede ampliar o reducir su distribución en función de cambios en el ambiente. Además, determinadas especies pueden variar su fenología en función a factores ambientales que afecten notoriamente su ciclo de vida, por ejemplo, el nivel de humedad en el suelo, lo que puede llegar a causar reducción notable de las poblaciones a número difícil de detectar.

### 3.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Araya, M., Centeno, M., y Carrillo, W. (1995). Densidades poblacionales y frecuencia de los nemátodos parásitos del banano (*Musa AAA*) en nueve cantones de Costa. *Corbana (Costa Rica)*, 20(43), 6-11.
- Araya, M., Vargas, A., & Cheves, A. (1997). Changes in distribution of banana (*Musa AAA* cv. Valery) roots with plant height, distance from the pseudostem and soil depth. In *II International Symposium on Banana: I International Symposium on Banana in the Subtropics 490* (pp. 201-210).
- Araya, M., Vargas, A., y Cheves, A. (1999). Nematode distribution in roots of banana (*Musa AAA* cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology*, 1(7), 711-716.
- Coolen, W., y D'Herde, C. (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.
- Colwell, R., y Coddington, J. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.
- Daykin, M., y Hussey, R. (1985). Staining and histopathological techniques in nematology. *North Carolina State University Graphics*. U.S.A., 39-48.
- Eisenback, D. (1985). Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, I, Biology and Control. International Meloidogyne Project. Sasser, J. and C. Carter. (eds) North Carolina State University Graphics. U.S.A. pp. 95 – 112.

- Eisenback, J. (2002). Identification guides for the most common genera of plant parasitic nematodes. ISBN: 1-893961-22-2. Virginia, USA. 32 pág.
- Eisenback, J., Hrischmann, H., Sasser, J., & Triantaphyllou, A. C. (1981). A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), with a pictorial key (p. 48). State University, Depto. of Plant Pathology.
- González, L., Martín, J. D. L. C. V., & Martínez, A. D. (2012). Presencia de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en clones *Musa* sp. del banco genético del INIVIT. *Centro Agrícola*, 39(1), 91-93.
- Gotelli, N., y Colwell, R. (2011). Estimating species richness. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*, 12, 39-54.
- Gowen, S. R., Quénéhervé, P., & Fogain, R. (2005). Nematode parasites of bananas and plantains. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2, 611-643.
- Guzmán-Piedrahita, O.A., (2016). Manual para la identificación de nematodos fitoparásitos. Primera edición. ISBN: 978-958-46-9560-4. Manizales, Colombia. 134pág.
- Hooper, D. (1986). Extracción of free-living stages of soil. In: Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Southey, J. F., (ed). Ministry of Agriculture Fisheries and Food, Reference Book 402. Her Majesty's Stationery Office. pp: 5-30.

- Hooper, D. J., J. Hallmann and A. Subbotin. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. Pp: 54-59. In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2<sup>nd</sup> edition.
- Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-Lopez, R. H. (2005). Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 11-52.
- Hurlbert, S. H. (1971). The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters. *Ecology*, 52 (4): 577-586.
- Jepson, S. B. (1987). Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne species). CAB International. Wallingford Google Scholar.
- Lamas, G., Robbins, R. K., & Harvey, D. J. (1991). A preliminary survey of the butterfly fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru, with an estimate of its species richness. *Publicaciones del Museo de Historia Natural Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Lara Posadas, S. V., Núñez Sánchez, Á. E., López-Lima, D., & Carrión, G. (2016). Nematodos 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 Science & Business Media.
- Mai, W. F., & Mullin, P. G. (1996). Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera (No. Ed. 5). Comstock Publishing Associates.

- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. General Systems Bulletin 3: 36–71, University of Louisville. *Systems Science Institute, Louisville, Kentucky*.
- McSorley, R. (1986). Nematode problems on bananas and plantains in Florida. Problemas nematológicos en bananos y plátanos en la Florida. *Nematology Circular*, (133).
- Montero, E. (1993). Dinámica poblacional de nematodos utilizando diferentes materiales de siembra en plátano (*Musa AAB*). *Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 57p.*
- Orton, J. (1975). *Meloidogyne arenaria*. CIH Descriptions of Plant-parasitic nematodes, Set, 5.
- Orton, J. (1973). *Meloidogyne incognita*. CIH Descriptions of Plant-parasitic nematodes, Set, 2.
- Pielou, EC. (1971). An introduction to mathematical ecology. Wiley Interscience. John Wiley & Sons, New York 1969. VIII+ 286 S., 32 Abb., Preis 140 s. *Biometrische Zeitschrift*, 13(3), 219-220.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication (Champaign, IL. *Urbana: University of Illinois Press*.
- Sheldon, A.L. (1969). Equitability Indices: Dependence on the Species Count. *Ecology*, 50: 466-467.
- Smith, E., y Velásquez, M. (2004). *Opciones tecnológicas para la producción de plátano (Musa AAB) para exportación en la Región Atlántica de Costa Rica* (No. 634.773 S464). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de

- Soberón, J., y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology*, 7(3), 480-488.
- Torrado-Jaime, M., & Castaño-Zapata, J. (2009). Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. *Agronomía Colombiana*, 27(2).
- Vázquez, L., & Matienzo, Y. (2006). Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Ministerio de la Agricultura, Cuba.

# CAPÍTULO 4

---

## ***Características físicas y químicas del suelo y su relación con las poblaciones de nematodos asociados al cultivo de plátano***

### **4.1. INTRODUCCIÓN.**

El suelo es un sistema heterogéneo, polifásico, particulado, disperso y poroso, con una gran área interfacial por unidad de volumen. La naturaleza dispersa del suelo y su consecuente actividad interfacial, hace posible que se den fenómenos como la adsorción de agua y compuestos químicos, capilaridad, intercambio iónico, expansión y contracción, así como dispersión y floculación (Hillel, 2003).

El suelo se considera constituido por tres fases: *solida*, que forma la matriz del suelo; *líquida*, que constituye la solución del suelo y *gaseosa*, que es la atmósfera del suelo. La matriz sólida del suelo está formada de partículas con diferentes composición química y mineralógica, así como en tamaño, forma y orientación. Estas partículas pueden ser agrupadas de acuerdo a su tamaño, para caracterizar al suelo de acuerdo a las proporciones relativas de esas, lo cual se conoce como textura del suelo. La textura es un atributo intrínseco del suelo y uno de los más utilizados para caracterizar su comportamiento físico; se

determina separando a las partículas del suelo de acuerdo a un rango de diámetros conocidos como fracciones texturales o separados, llamados arena, limo y arcilla (Hillel, 2003).

En la matriz del suelo, se encuentran sustancias amomórficas, particularmente materia orgánica, que se adhiere a las partículas minerales y las une entre sí, formando agregados. La materia orgánica (MO), representa una fracción del suelo, entre el 1 y 6%, en el horizonte A, y decrece con la profundidad. La MO está compuesta por material orgánico con altos contenidos de carbono, desde restos vegetales en descomposición, hasta cadenas carbonatadas transformadas. Este material, rico en carbono proviene de restos vegetales, restos animales (desde macro fauna hasta micro fauna), bacterias y hongos. El contenido de MO, en especial de fracciones livianas se ha considerado uno de los principales factores edáficos, debido a que este afecta la capacidad de almacenamiento de agua, el intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes, principalmente nitrógeno (Blaya y García, 2003; Ghisolfi, 2011). La organización de los componentes sólidos del suelo determina la porosidad, por donde el agua y el aire son transmitidos y retenidos.

En el agua del suelo se encuentran compuestos químicos disueltos, como sales o iones de hidrógeno. La capacidad del suelo para transmitir una corriente eléctrica, se conoce como Conductividad Eléctrica aparente (CEa); mientras que, el estado de saturación del suelo se conoce como Conductividad Eléctrica (CE), que es un indicador de la concentración de sales disueltas en una solución de suelo o salinidad (Machado, 2009). El pH del suelo es la concentración de iones H<sup>+</sup> libres en un momento determinado en la solución de suelo, medida potenciométricamente; depende de factores como el contenido de MO, la textura del suelo o la presencia de otros cationes y aniones (Ruda de Schenquer *et al.*, 2004).

El agua y el aire del suelo varía en composición, tiempo y espacio. La proporción de las tres fases del suelo varía continuamente, dependiendo del clima, la vegetación y el manejo del mismo (Hillel, 2003). Esa

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, variabilidad en el ambiente del suelo influye sobre la composición biológica del mismo. Se ha demostrado que la textura, pH, contenido de MO y la fertilidad del suelo pueden influir en la cantidad, distribución y patogenicidad de nematodos en las plantas cultivadas (Norton et al., 1971; Chávez y Araya, 2009; Jaraba *et al.*, 2014; Castilla-Díaz *et al.*, 2017).

Trabajos previos, relacionan la textura como el factor edáfico determinante en la presencia de algunos grupos específicos de nematodos (Guzmán-Plazola *et al.*, 2006; Monfort *et al.*, 2007; Jaraba *et al.*, 2014); sin embargo, en las regiones productoras del departamento de Córdoba no se ha establecido si este factor está relacionado con la presencia de nematodos y que influencia pueden tener otros factores edáficos sobre las poblaciones de nematodos en la región. Tampoco se ha establecido la relación existente entre los factores edáficos y los índices biológicos de estas poblaciones. Por tanto, en este capítulo se discutirá el efecto que tienen las características físicas y químicas de los suelos sobre las poblaciones de nematodos en las fincas productoras del sur de Córdoba.

## **4.2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

La investigación se desarrolló en la zona productora de plátano del sur de Córdoba, en los municipios de Tierralta y Valencia, localizados 8°10'22" N 76°03'34"O y 8°15'33"N 76°08'49"O, respectivamente.

En cada municipio se muestrearon 10 fincas al azar ubicadas en los caminos que comunican las veredas de las zonas productoras y con al menos 500 m de distanciamiento entre fincas, las cuales fueron georeferenciadas (Garmin GPS map 64s→). En Tierralta, se muestrearon tres lotes en cada una de las veredas Nueva Platanera y El Banquito; dos lotes en la vereda Mazamorra y una finca por vereda en Gramalote y Carrizola. En Valencia fueron muestreadas dos fincas en cada una de las veredas Manzanares, El Reposo así como en la zona urbana del

municipio, en tanto que en las veredas Los Rosales, Mira Flores, Nueva Esperanza y El Brillante, se muestreó un solo lote (Figura 2.1, Tabla 3).

En cada finca, seleccionó un área de 2.500 m<sup>2</sup>, en la cual se tomaron 10 submuestras de suelo rizosférico de plantas en floración, a una distancia horizontal de 0 a 30 cm de la base y 30 cm de profundidad del perfil del suelo (Araya *et al.*, 1997; 1999). Las submuestras se homogenizaron para formar una muestra de suelo. Las muestras se depositaron individualmente en bolsas de plástico y se identificaron con el nombre del municipio, corregimiento y edad del cultivo. Una vez etiquetadas se refrigeraron hasta su procesamiento.

De cada muestra compuesta de suelo se tomaron submuestras que fueron enviadas al laboratorio de Suelos y Aguas adscrito a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, para determinar textura (contenido de arena, limo y arcilla), conductividad eléctrica (CE), pH y porcentaje de materia orgánica (MO). La textura se determinó usando el método de Bouyoucos (1962), el pH se midió en una suspensión suelo agua (1:2) utilizando un potenciómetro y la CE se midió en el extracto de saturación del suelo a una relación (1: 2), con la ayuda del puente de conductividad. El contenido de MO se realizó mediante la metodología de carbono orgánico (Walkley, 1947). La clasificación de los suelos se hizo de acuerdo a la textura (USDA, 2014), pH de acuerdo a lo propuesto por Barreira (1978), salinidad con base en la FAO (2008) y el contenido de materia orgánica de acuerdo a Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio (1980).

Se analizó el patrón de distribución regional de poblaciones de nematodos, mediante la exploración visual de los resultados de los diferentes sitios de muestreo. Para tal efecto se utilizó software para sistemas de información geográfica (Qgis→ V. Versión 3.12.2) usando el método ordinario de Kriging. Además, se realizó análisis de similitud ecológica de los sitios de muestreo mediante análisis de componentes principales de la matriz de datos de características físico-químicas de los suelos muestreados y los índices biológicos estudiados en el

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, anterior capítulo, usando el programa estadístico SAS→ (SAS institute 2010, Cary, NC, USA).

### 4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 4.3.1. Factores edáficos del suelo.

En el municipio de Tierralta los contenidos de arena fluctuaron de 34 a 58%, los de limo de 30 a 49% y los de arcilla entre 7 y 26%. La textura de los suelos fue limosa, Franca y Franco arenosa (Tabla 8). El 70% de los suelos tuvo un contenido medio de arena (34 a 49%), clasificados como suelos francos y 30% de estos, presentó contenidos altos de arena (52 a 59%), considerados como suelos franco arenosos (USDA, 2014). Los contenidos de limo fueron medios y los de arcilla bajos (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de las variables físico-químicas de los suelos en las Fincas productoras de plátano en el municipio de Tierralta – Córdoba.

FINCA	% ARENA	% ARCILLA	% LIMO	Textura	CE	pH	MO
T1	41,9	21,4	36,7	Franco	0,67	5,52	2,24
T2	44,5	25,5	30	Franco	0,77	6,33	3,1
T3	49	10,9	40	Franco	0,46	5,91	1,2
T3	55,9	8,3	35,7	Franco- arenoso	0,59	5,72	1,55
T5	34,5	16,6	48,8	Franco	0,56	5,66	1,2
T6	48,1	8,2	43,6	Franco	1,1	6	3,44
T7	58,6	7,5	33,9	Franco- arenoso	0,71	5,39	1,2
T8	51,9	7,5	40,6	Franco arenoso	0,52	5,28	1,37
T9	47,8	13	39,3	Franco	0,29	5,85	1,72
T10	36,9	16,7	46,4	Franco	0,4	5,87	2,06

El pH de los suelos en la zona de estudio de este municipio, fluctuó de 5,28 a 6,3, por lo que los suelos pudieron clasificarse desde fuertemente ácidos (30%), moderadamente ácidos (60%) a ligeramente ácidos (10%). La conductividad eléctrica tuvo un rango de 0,29 a 1,1 (suelos no salinos) y el contenido de materia orgánica fluctuó de 1,2 a 3,44, por lo que los suelos fueron considerados como medianamente pobres (60%), medianos (20%) y ricos (20%) (Tabla 8) (Barreira, 1978; FAO, 2008; Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio, 1980).

En el municipio de Valencia, los contenidos de arena fluctuaron de 31,7 a 42,8%, los de limo de 27,9 a 49,3% y los de los de arcilla entre 12,9 y 22,6%, por lo que la textura de los suelos se consideró como Franca y Franco arenosa (Tabla 9). El 90% de los suelos tuvo un contenido medio de arena (31,7 a 47,7%), lo que permitió clasificarlos como suelos francos; el 10% restante, presentó contenidos altos (>40%), y se clasificaron como suelos franco arenosos (USDA, 2014). Los contenidos de limo fueron medios y los de arcilla bajos (Tabla 9).

**Tabla 9.** Valores de las variables físico-químicas de los suelos de las fincas productoras de plátano en el municipio de Valencia – Córdoba.

FINCA	% ARENA	% ARCILLA	% LIMO	TEXTURA	CE	pH	MO
V1	31,7	22,6	45,7	Franco	0,39	5,38	1,72
V2	47,7	16	36,2	Franco	0,52	6,22	0,86
V3	52,4	19,6	27,9	Franco arenoso	0,35	5,55	1,03
V4	46,2	14,5	39,3	Franco	0,36	6,51	2,06
V5	32,8	18	49,3	Franco	0,34	6,46	1,2
V6	40,3	13,4	46,4	Franco	0,41	6,14	0,34
V7	43,1	12,9	44	Franco	0,24	6,25	2,24
V8	39,6	17,9	42,5	Franco	0,4	5,82	1,89
V9	42,9	12,9	44,2	Franco	0,49	6,08	2,53
V10	42,8	21	35,9	Franco	0,37	5,96	1,72

El pH de los suelos en la zona de estudio de este municipio fluctuó de 5,38 a 6,51, por lo que los suelos fueron considerados como fuertemente ácidos (20%), moderadamente ácidos (20%) o ligeramente ácidos (60%). La conductividad eléctrica tuvo un rango de 0,18 a 0,27 (suelos no salinos) y el contenido de materia orgánica fluctuó de 0,34 y 2,53 por lo que los suelos fueron considerados como extremadamente pobres (10%), pobres (30%), medianamente pobres (20%), medianos (30%) y medianamente ricos (10%) (Tabla 9) (Barreira, 1978; FAO, 2008; Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio, 1980).

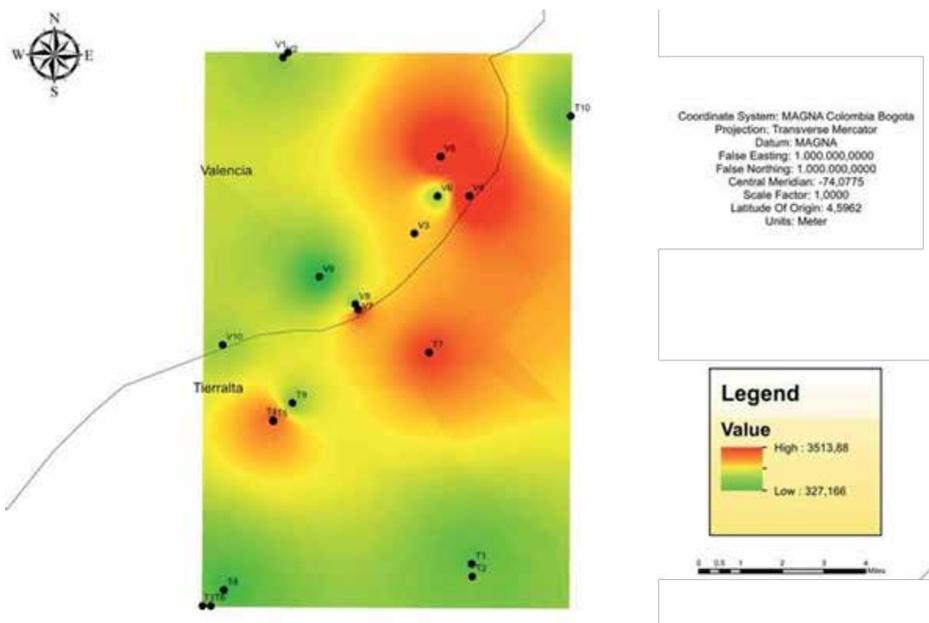
No se encontraron diferencias significativas (**P= 0,05%**) en las variables físicas y químicas del suelo entre los dos municipios (datos no mostrados), lo que indica una aparente homogeneidad en los suelos de la zona productora de plátano del Alto Sinú.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros normales para suelos productores de plátano, de acuerdo con los valores reportados por Zambrano y Loo (2016), quienes indican que los cultivos de plátano se desarrollan con facilidad en suelos francos, con contenido de materia orgánica bajo a medio, pH ligeramente ácido y suelos no salinos. Estas condiciones también son propicias para el desarrollo de poblaciones de nematodos parásitos de plantas (Gowen & Fogain, 2005; Gonzales *et al.*, 2012; Jaraba *et al.*, 2014).

#### **4.3.2. Análisis de distribución espacial y de similaridad ecológica.**

**Distribución espacial.** La distribución espacial de los diferentes géneros de nematodos asociados al cultivo de plátano en ambos municipios, se determinó mediante observación visual de los géneros en cada una de las fincas usando la metodología ordinaria del paquete geoestadístico de Kriging. Las poblaciones de nematodos en la zona productora de los municipios de Tierralta y Valencia se presentaron en la Figura 4.1. Se observó, que el mayor número de individuos en la zona productora de plátano de ambos municipios, se presentó en los lotes T4 y T7 (Tierralta) y V4, V5 y V7 (Valencia), estos últimos los más altos contenidos.

**Similitud ecológica.** El análisis de componentes principales permite discriminar el efecto de los factores edáficos en relación a los descriptores biológicos, lo cual es fundamental para explicar el comportamiento de las poblaciones de nematodos en ambos municipios. El análisis de la correlación de los Eigenvalores con las variables iniciales para el municipio de Tierralta, indica que el primer y segundo componente explica 67,4 y 32% de la variabilidad total, respectivamente. El resto de los componentes explican 0,56% de la varianza (Tabla 10).



**Figura 4.1.** Ubicación de lotes muestreados en cada municipio y número de nematodos por finca en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.

**Tabla 10.** Eigenvalores de la matriz de covarianza de variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Tierralta- Córdoba.

Number	Eigenvalue	Percent	Cum Percent	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1	89,8462	67,439	<b>67,439</b>	451,616	54	<,0001
2	42,6331	32,001	<b>99,44</b>	386,441	44	<,0001
3	0,5841	0,438	99,878	122,042	35	<,0001
4	0,0931	0,07	99,948	50,827	27	0,0036
5	0,0369	0,028	99,976	25,648	20	0,1778
6	0,0184	0,014	99,99	10,016	14	0,761
7	0,0134	0,01	100		9	
8	0,0005	0	100		5	
9	0	0	100		2	

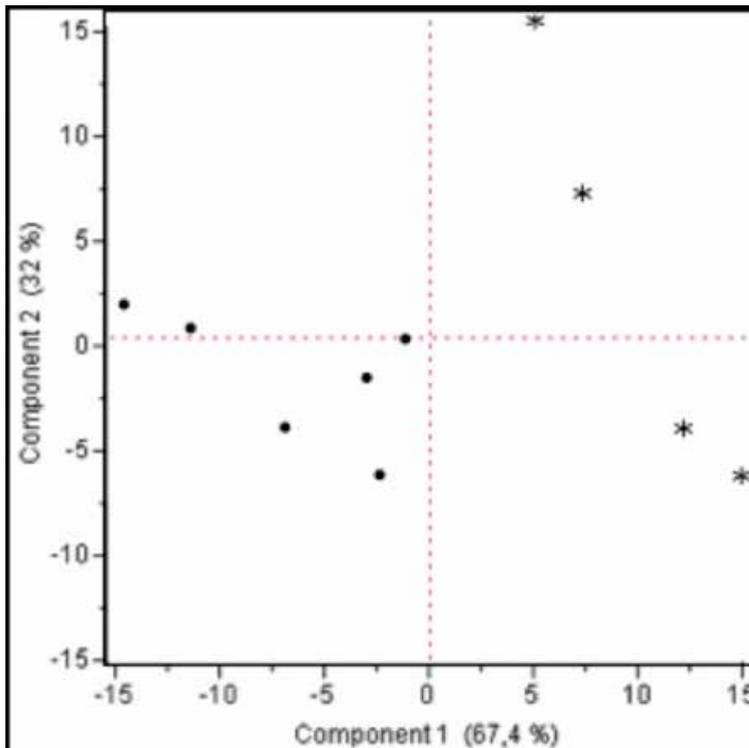
El análisis de la correlación de los eigenvalores con las variables iniciales, indica que el primer componente está altamente relacionado con el contenido de arena ( $r=0,81$ ), mientras que el segundo se correlaciona con el contenido de limo ( $r=0,75$ ) (Tabla 11).

**Tabla 11.** Eigenvectores de las variables asociadas a los componentes principales calculados de la matriz de covarianza de las variables físico-químicas y los descriptores biológicos en Tierralta – Córdoba

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9	Prin10
<b>Arena</b>	<b>-0,809</b>	0,108	0,008	0,002	-0,018	-0,124	-0,024	0,555	-0,080	0,048
<b>Arcilla</b>	0,496	0,648	-0,042	0,004	-0,009	-0,112	-0,043	0,555	-0,081	0,050
<b>Limo</b>	0,313	<b>-0,752</b>	0,019	-0,025	-0,038	-0,115	-0,022	0,558	-0,080	0,047
<b>CE</b>	-0,002	0,005	0,213	-0,190	0,394	0,842	0,113	0,197	0,022	0,049
<b>pH</b>	0,012	0,014	0,212	0,577	-0,457	0,191	0,608	0,070	0,046	-0,003
<b>MO</b>	0,019	0,042	0,941	-0,175	-0,104	-0,193	-0,174	-0,048	-0,015	-0,022

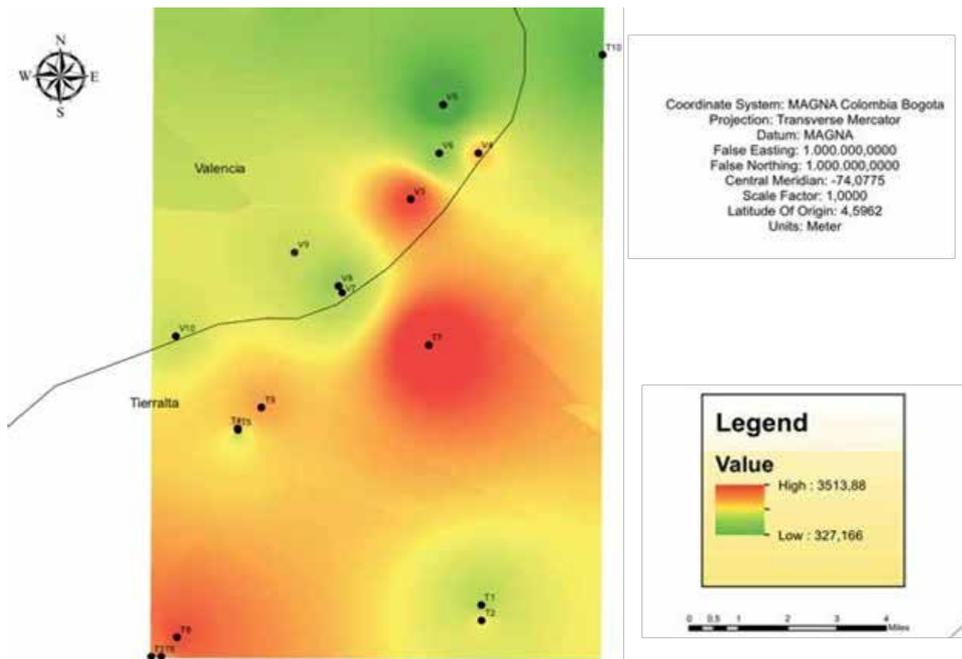
<b>Riqueza</b>	0,012	-0,002	0,102	0,028	0,685	-0,416	0,574	-0,007	0,121	-0,048
<b>Equidad</b>	0,001	-0,011	0,035	0,292	0,093	-0,007	-0,291	0,088	0,852	0,293
<b>Dominan</b>	-0,001	0,012	-0,034	-0,361	-0,168	-0,057	0,265	-0,093	-0,055	0,869
<b>Diversidad</b>	0,004	-0,022	0,095	0,619	0,343	0,010	-0,316	-0,096	-0,483	0,383

El diagrama de dispersión de los puntos formados por los componentes 1 y 2 (Figura 4.2), muestra que no existe agrupación de los campos de cultivo en la zona productora del municipio de Tierralta, basado en los contenidos de arena y limo de los suelos en la zona productora de este municipio, lo cual es consistente con el análisis del patrón de distribución.



**Figura 4.2.** Diagrama de dispersión de los componentes 1 y 2 del municipio de Tierralta- Córdoba. Los puntos representan las fincas muestreadas.

Los campos de cultivo T3, T4, T6, T7, T8 y T9 estuvieron negativamente relacionados con el contenido de arena (Figura 4.2, círculos negros) y los T1, T2, T5 y T10 estuvieron positivamente relacionados con esta fracción (Figura 4.2, asteriscos). Los campos negativamente relacionados presentaron mayores contenidos de arena (48,1 a 58,6%), comparados con los lotes T1, T2, T5 y T10 que estuvieron positivamente relacionados con esta fracción (34,5 a 44,5%) (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Contenidos de arena en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.

En los lotes con mayor contenido de arena, el número de nematodos por finca fue mayor, comparado con los lotes de menor contenido de arena (Figura 4.3). En estos lotes, el número de individuos osciló de 914 a 2.896, con los mayores números de individuos de los géneros *Hoplolaimus*, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*. Además,

la riqueza y la dominancia de especies en estas fincas fue menor (0,87 y 0,69, respectivamente), comparados con los suelos cuya relación fue positiva (1,05 promedio y 0,79, respectivamente) (Tabla 6); por su parte, la equitatividad y la diversidad fueron mayores (0,32 y 0,68), respectivamente, comparado con los positivamente relacionados (0,23 y 0,48; respectivamente) (Tabla 12).

**Tabla 12.** Índices ecológicos de las poblaciones de nematodos en la zona productora de plátano de Tierralta y Valencia, Córdoba.

Finca	Taxa S	Individuos	Dominancia D	Shannon H	Riqueza específica	Equitatividad J
T1	9	709	0,8328	0,4263	1,219	0,194
T2	7	1078	0,8809	0,3138	0,8592	0,1613
T3	8	953	0,4658	1,026	1,02	0,4935
T4	6	2896	0,8136	0,4007	0,6273	0,2236
T5	8	1911	0,6662	0,6755	0,9265	0,3249
T6	9	914	0,5745	0,9376	1,173	0,4267
T7	8	2709	0,9111	0,26	0,8856	0,125
T8	5	540	0,7804	0,4526	0,6358	0,2812
T9	7	1088	0,6138	0,7845	0,8581	0,4032
T10	9	861	0,798	0,5332	1,184	0,2427
V1	9	1547	0,7208	0,6187	1,089	0,2816
V2	8	1007	0,5736	0,8852	1,012	0,4257
V3	8	1925	0,8551	0,3487	0,9256	0,1677
V4	8	3514	0,9497	0,1542	0,8574	0,07414
V5	10	3368	0,7167	0,5622	1,108	0,2442
V6	10	1307	0,9459	0,172	1,254	0,07471
V7	9	3027	0,6853	0,6666	0,9981	0,3034
V8	6	824	0,5519	0,7888	0,7447	0,4402
V9	6	327	0,442	1,067	0,8636	0,5952
V10	8	1249	0,7583	0,5516	0,9818	0,2653

El segundo componente principal, el contenido de limo, las fincas T1, T2, T4, T7 y T9 estuvieron negativamente relacionados con esta fracción (Figura 4.2). En estos lotes, el contenido de esta partícula fluctuó de 30 a 39,3 (35,1%, promedio) (Figura 4.4, Tabla 8). El número de nematodos por finca osciló de 709 a 2.896 (1.036, promedio) dentro de los cuales se encontraron los géneros *Pratylenchus*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchus*, *Radophulus* y *Helicotylenchus*, considerados de importancia económica para este cultivo (Tabla 6). Para estos campos de cultivo, los valores promedios de los descriptores biológicos fueron: Riqueza (0,99), Equitatividad (0,22), Dominancia (0,81) y Diversidad (0,44) (Tabla 12.).

Los lotes T3, T5, T6, T8 y T10 se relacionaron positivamente con el contenido de limo (Figura 4.2). En estos, los contenidos de este componente fueron superior con respecto a los campos negativamente relacionados (de 40 a 48,8; 43,9%, promedio) (Figura 4.4, Tabla 9). Sin embargo, el número de individuos por fincas (540 a 1.991; 1.035,8, promedio) (Tabla 6) y el valor promedio de los índices de diversidad ecológica, exceptuando la riqueza de especies, fueron menores a los encontrados en los lotes con menor contenido de esta partícula (Riqueza: 0,99; Equitatividad: 0,35; Dominancia: 0,66; y Diversidad: 0,72) (Tabla 12). Adicionalmente, no se observaron diferencias notorias en los géneros de nematodos de importancia económica con respecto a los descritos inicialmente.

En el municipio de Valencia, el análisis de componentes principales, indicó que el primer y segundo componente explica la variabilidad del sistema (99,25%), siendo el primer componente el de mayor peso (79,45%) (Tabla 13). En este municipio, el primer componente está altamente relacionado con los contenidos de limo ( $r=0,71$ ) y arena ( $r=0,70$ ), mientras que el segundo se correlaciona con el contenido de arcilla ( $r=0,81$ ) (Tabla 14).

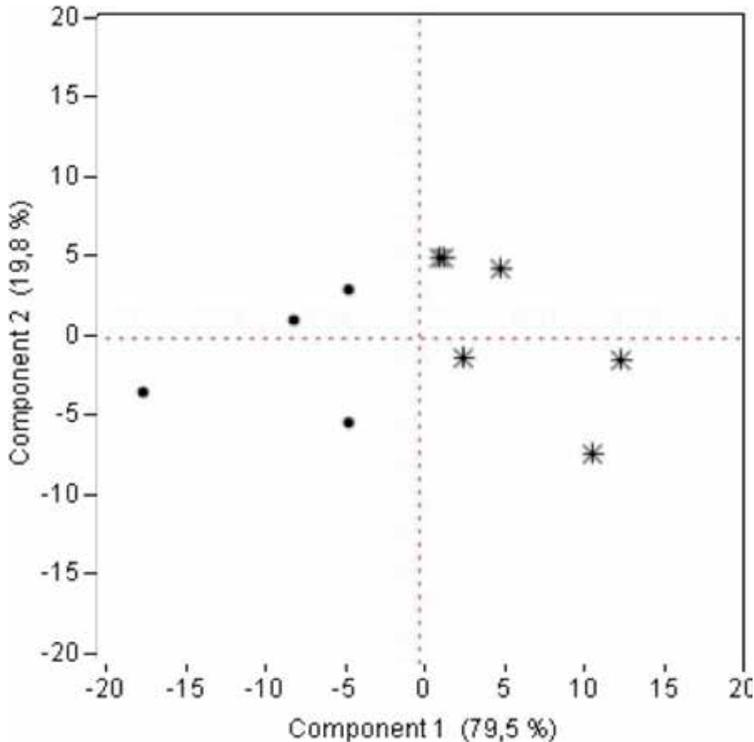
**Tabla 13.** Eigenvalores de la matriz de covarianza de variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Valencia- Córdoba.

Number	Eigenvalue	Percent	Cum Percent	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1	74,3222	79,453	<b>79,453</b>	737,504	54	<,0001
2	18,522	19,801	<b>99,254</b>	636,512	44	<,0001
3	0,5044	0,539	99,793	425,709	35	<,0001
4	0,1172	0,125	99,918	369,099	27	<,0001
5	0,0626	0,067	99,985	340,183	20	<,0001
6	0,0079	0,008	99,994	285,382	14	<,0001
7	0,0048	0,005	99,999	272,183	9	<,0001
8	0,001	0,001	100	243,562	5	<,0001
9	0	0	100	203,072	2	<,0001

**Tabla 14.** Eigenvectores de la matriz de covarianza de las variables físico-químicas de los suelos y los descriptores biológicos en Valencia- Córdoba.

Column 1	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9	Prin10
<b>Arena</b>	<b>-0,705</b>	0,412	-0,017	0,009	-0,053	-0,097	-0,122	0,548	0,080	0,018
<b>Arcilla</b>	0,003	<b>-0,811</b>	0,003	-0,023	0,004	-0,104	-0,121	0,556	0,084	0,019
<b>Limo</b>	<b>0,710</b>	0,412	-0,028	0,009	-0,060	-0,107	-0,121	0,539	0,077	0,021
<b>CE</b>	-0,003	-0,002	-0,001	0,121	0,006	-0,444	0,870	0,127	-0,095	-0,083
<b>pH</b>	0,005	0,055	-0,023	-0,441	0,892	-0,035	0,034	0,052	0,038	0,002
<b>MO</b>	0,008	0,021	0,937	-0,291	-0,123	0,101	0,085	0,051	0,015	-0,030
<b>Riqueza</b>	0,007	-0,001	-0,154	-0,014	-0,014	0,833	0,396	0,218	0,190	-0,203
<b>Equidad</b>	0,002	0,003	0,139	0,362	0,148	-0,106	0,026	-0,134	0,879	0,156
<b>Dominan</b>	-0,003	-0,003	-0,136	-0,366	-0,192	0,080	0,182	-0,001	0,053	0,877
<b>Diversidad</b>	0,005	0,004	0,242	0,664	0,352	0,221	-0,004	0,116	-0,397	0,397

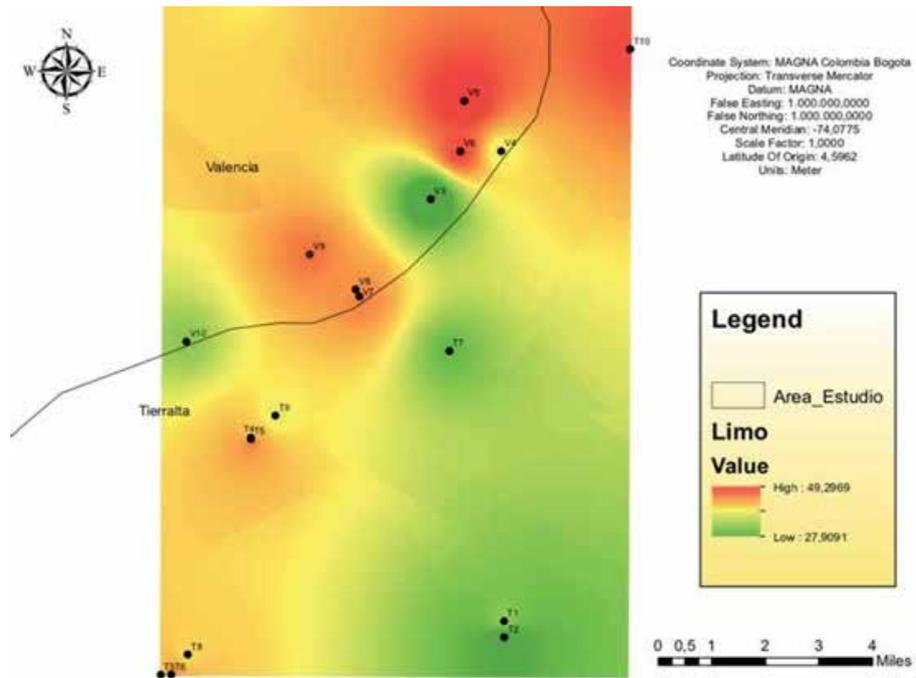
En este municipio, los lotes V1, V5, V6, V7, V8 y V9 se relacionaron positivamente con el contenido de arena y limo (Figuras 4.4, asteriscos) y los campos V2, V3, V4 y V10 se relacionaron negativamente (Figuras 4.4, esferas). En los positivamente relacionados, el contenido de arena fluctuó de 31,7 a 42,9% (38,4%, promedio) y de limo fue de 42,5 a 49,3% (45,3%, promedio), mientras que, en los negativamente relacionados, la arena fluctuó de 42,8 a 52,4% (47,3%, promedio) (Figura 4.3) y el de limo de 35,9 a 46,4% (41,5%, promedio) (Figura 4.5), observándose diferencias evidentes en contenido de arena y similitudes en el de limo, en ambos grupos de lotes muestreados. En las fincas con menor contenido de arena (positivamente relacionadas), el número de nematodos por campo de cultivo fue menor (de 327 a 3.368; 1.733 nematodos, promedio), comparadas con las de mayor contenido de arena (negativamente relacionadas) (de 1.007 a 3.514; 1.923, promedio) (Tabla 7). Similar resultado se observó en el valor promedio de los índices ecológicos, presentándose los más altos valores en suelos con mayor contenido de arena (Riqueza: 1,01; Equitatividad: 0,32; Dominancia: 0,68 y Diversidad: 0,65), en relación a los suelos de menor porcentaje de esta partícula (Riqueza: 0,94; Equitatividad: 0,23; Dominancia: 0,78 y Diversidad: 0,48) (Tabla 12). No hubo diferencias en el número de géneros de nematodos de importancia económica en ambos grupos fincas.



**Figura 4.4.** Diagrama de dispersión de los componentes 1 y 2 del municipio de Valencia - Córdoba. Los puntos representan las fincas muestreadas.

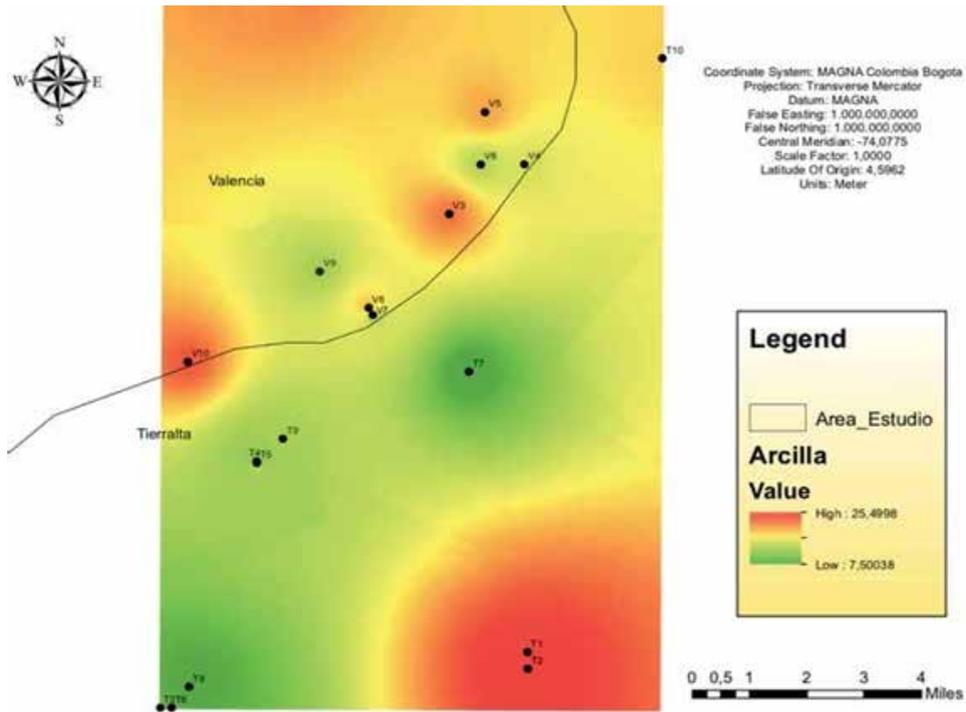
En el segundo componente, contenido de arcilla, el número de lotes negativa y positivamente relacionados, fue similar (Figura 4.5). Los lotes V2, V4, V6, V7 y V9 estuvieron positivamente relacionados y los V1, V3, V5, V8 y V10 negativamente relacionados con esta partícula (Figura 4.5). Los positivamente relacionados, presentaron contenidos bajos de arcilla (de 12,9 a 17,9%; 13,9%, promedio), comparados con los negativamente relacionados (de 17,9 a 22,6%; 19,8, promedio) (Figura 4.6). El número de nematodos por finca fue superior (de 327 a 3.514; 1.836, promedio) que en los negativamente relacionados (de 824 a 3.368, 1.782; promedio) (Tabla 7). Sin embargo, los géneros de nematodos de importancia económica (*Pratylenchus Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchus*, *Radophulus* y *Helicotylenchus*) y el valor

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, promedio de los índices ecológicos fueron similares en los suelos positivamente relacionados (Tabla 12) (Riqueza: 1,0; Equitatividad: 0,29; Dominancia: 0,72 y Diversidad: 0,6) con respecto a los negativamente relacionados (Riqueza: 0,97; Equitatividad: 0,28; Dominancia: 0,72 y Diversidad: 0,57).



**Figura 4.5.** Porcentajes de limo en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba

Teniendo en cuenta las variables del suelo que mayor influenciaron las poblaciones de nematodos en la zona productora de ambos municipios, no se observó agregación en la distribución de estos microorganismos. Similares resultados fueron reportados por Del Prado *et al.*, (2001). Sin embargo, previos trabajos muestran que los nematodos se pueden distribuir en agregados a nivel regional (Guzmán-Plazola *et al.*, 2006).



**Figura 4.6.** Porcentajes de arcilla en los campos de cultivo muestreados en la zona productora de plátano en los municipios de Tierralta y Valencia Córdoba.

El peso de la varianza explicada por el contenido de arena y las diferencias encontradas en las poblaciones de nematodos asociadas a esta, indican que, en el municipio de Tierralta, el contenido de esta partícula es la que mayor influencia la presencia de poblaciones de nematodos en las fincas productoras. En Valencia, la mayor variabilidad estuvo relacionada a los contenidos de arena y limo; se observó que las mayores poblaciones de nematodos se relacionaron con contenidos superiores de arena y menores de limo. Esto concuerda con resultados de estudios previos en plátano y otros cultivos, que señalan al contenido de arena como el componente del suelo con mayor influencia en el ciclo de vida de nematodos fitopatógenos (Monfort, 2007, Jaraba *et al.*, 2014). La asociación de poblaciones de nematodos con suelos de contenidos medios de arena, observada en la zona de estudio, ha sido

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, reportada por Starr *et al.* (1993), Van Gundy (1985), Cássia *et al.* 2006 y Chávez y Araya (2009), quienes encontraron que la mayoría de las poblaciones de nematodos que parasitan plátano y otras musáceas, es mayor en suelos con contenidos medios a altos de arena y raramente a suelos con altos contenidos de arcilla. Contenidos medios a altos de limo o arcilla, reducen el número de nematodos totales en estos cultivos (Queneherve, 1988; Chávez y Araya, 2009).

La gran influencia que tienen los contenidos medianos a altos de arena en el suelo posiblemente se deba al impacto que esta partícula tiene en el contenido de agua, factor que es fundamental en la vida de los nematodos (Queneherve, 1988; Chávez y Araya, 2009;), debido a que esta afecta la movilidad de estos microorganismos y por ende la capacidad de encontrar sitios de alimentación.

La influencia del contenido de arena en los suelos se vió reflejado en la estructura de las comunidades de nematodos en ambos municipios. En el municipio de Tierralta, a mayor contenido de arena, mayor fue el número de individuos por géneros, la equitatividad y la diversidad; y menor la riqueza y la dominancia de especies. En Valencia, a mayor contenido de esta fracción, el número de nematodos por finca y la riqueza de especies fue mayor. Sin embargo, la equitatividad y la diversidad fueron menores en estos suelos. La dominancia no fue afectada por esta variable.

El contenido de arcilla y limo, también es conocido que afectan la vida de los nematodos en el suelo (Jones *et al.*, 1969; Norton *et al.*, 1971; Queneherve, 1988; Guzmán-Plazola *et al.*, 2006; Jaraba *et al.*, 2014), lo cual fue observado en la zona de estudio. El número de nematodos por finca y la diversidad en las poblaciones de éstos, fue menor en lotes que presentaron mayores contenidos de limo. Suelos limosos o arcillosos presentan mayor número de microporos, los cuales dificultan el movimiento de algunos géneros de nematodos. Además, la humedad del suelo, factor de gran influencia en las comunidades de nematodos, es altamente influenciada por el contenido de esta

partícula. Sin embargo, en los municipios de Tierralta y Valencia, no se encontraron variaciones significativas en el contenido de arcilla, por lo que, se podría asumir que el contenido de arcilla no tiene gran influencia en las poblaciones de nematodos en esta zona productora, lo cual se reflejó en la poca influencia que esta tuvo sobre los índices ecológicos y el número de géneros de nematodos por finca.

Los índices de diversidad y abundancia han sido utilizados por diferentes autores para medir las poblaciones de nematodos de vida libre en banano y plátano (Meneses *et al.*, 2003; Londoño, 2006 y Pattison, 2006). Neher (1999), indica que la estructura trófica y abundancia de las actividades de los nematodos permiten comprender mejor el ambiente en el suelo y las interrelaciones de las comunidades presentes.

Los índices ecológicos encontrados en este estudio fueron bajos, de acuerdo a lo establecido por Castellón (2009), quien considera que valores de diversidad cercanos a cero son considerados bajos, valores de 2 están en rango medio y valores por encima de 2,5 son considerados altos. Para el caso de la dominancia, valores cercanos a 1 son considerados dominantes y valores cercanos a 0 son considerados no dominantes. Sin embargo, los valores de los índices ecológicos encontrados en este estudio, se consideran dentro del rango de valores de este tipo de descriptores en suelos de cultivos perennes, los cuales generalmente tienen baja diversidad de especies, aunque la densidad de nematodos puede ser alta durante en ciertas épocas del año (Ferris y Ferris, 1974).

Otras variables del suelo influyen la presencia de poblaciones de nematodos. Estudios previos muestran que variables, como el contenido de humedad, porosidad, MO y pH influyen las poblaciones de nematodos (Jones *et al.*, 1969; Norton *et al.*, 1971; Queneherve, 1988; Guzmán-Plazola *et al.*, 2006), lo cual es diferente a lo observado en la zona, posiblemente debido a diferencias en las características de los cultivos estudiados y de los suelos de aquellas regiones, comparada con la zona estudiada.

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, Los hallazgos del presente estudio, permiten inferir que el contenido de arena es el factor más importante que determina la estructura de la comunidad de nematodos en la zona productora de plátano de los municipios del sur de Córdoba.

#### 4.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araya, M., Vargas, A., & Cheves, A. (1997). Changes in distribution of banana (*Musa AAA* cv. Valery) roots with plant height, distance from the pseudostem and soil depth. In *II International Symposium on Banana: I International Symposium on Banana in the Subtropics* 490 (pp. 201-210).
- Araya, M., Vargas, A., y Cheves, A. (1999). Nematode distribution in roots of banana (*Musa AAA* cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology*, 1(7), 711-716.
- Barreira, E. A. (1978). Fundamentos de edafología para la agricultura, Editorial Hemisferio Sur. *Buenos Aires, Argentina*.
- Blaya, S. N., & García, G. N. (2003). Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi-Prensa Libros.
- Bouyoucos, G. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Cássia, FRR; Aparecida, A; Hyidu, ME; Ruas, PF; Brito, RH; Azis, APA; Ferraz, S. 2006. Influencia de fatores edáficos sobre a populacao de *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multincinctus* e *Radopholus similis* em bananeira. XVII Reunião ACORBAT. Joinville, Santa Catarina, Brasil. 15-20 octubre 2006. p. 813-817.

- Castellón, J. D. (2009). Estudio de poblaciones de fitonematodos, nematodos de vida libre, hongos endofíticos y su relación con propiedades físicas y químicas del suelo en el cultivo del plátano en Rivas-Nicaragua (No. Thesis C348et). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Castilla-Díaz, E. E., Millán-Romero, E., Mercado-Ordoñez, J., & Millán-Páramo, C. (2017). Relación de parámetros edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nematodos de vida libre. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(3), 24-34.
- Chávez, C., y Araya, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía mesoamericana*, 361-369.
- Del Prado Vera, I. C., Soto, A. T., & Hernández, J. A. (2001). Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 32-39.
- Food and Agriculture Organization, FAO. (2008). Saline soil and their management. [www.fao.org/3/x5871e/x5871e04.htm](http://www.fao.org/3/x5871e/x5871e04.htm). Recuperado: 01/05/2020
- Ferris, V. R., & Ferris, J. M. (1974). Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agro-ecosystems*, 1, 275-299.
- Ghisolfi, E. (2011). *Contenidos de materia orgánica: Relación con la fertilidad del suelo en siembra directa* (Vol. 3). Eduvim.
- Guzmán-Plazola, R. A., Navas, J. D. D. J., Caswell-Chen, E., Zavaleta-Mejía, E., & del Prado-Vera, I. C. (2006). Spatial distribution of *Meloidogyne* species and races in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) producing region of Morelos, Mexico.

- González, L., Martín, J. D. L. C. V., & Martínez, A. D. (2012). Presencia de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en clones *Musa* sp. del banco genético del INIVIT. *Centro Agrícola*, 39(1), 91-93.
- Gowen, S. R., Quénéhervé, P., & Fogain, R. (2005). Nematode parasites of bananas and plantains. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2, 611-643.
- Hillel, D. (2003). *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier.
- Jones, F. G. W., Larbey, D. W., & Parrott, D. M. (1969). The influence of soil structure and moisture on nematodes, especially xiphinema, longidorus, trichodorus and heterodera spp. *Soil Biology and Biochemistry*, 1(2), 153-165.
- Jaraba, J., Rothrock, C. S., Kirkpatrick, T. L., & Brye, K. R. (2014). Soil texture influence on *Meloidogyne incognita* and *Thielaviopsis basicola* and their interaction on cotton. *Plant disease*, 98(3), 336-343.
- Londoño, S. (2006). Caracterización de nematodos de vida libre como bioindicadores de calidad y salud de suelos bananeros en Costa Rica Characterization of free living nematodes as bioindicators of banana soils health and quality in Costa Rica (No. Thesis S164c). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Machado, G. (2009). Medida de la conductividad eléctrica aparente del suelo por inducción electromagnética y variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo. Univ Santiago de Compostela.
- Meneses-Martínez, A., Pocasangre-Enamorado, L. E., Somarriba-Chávez, E., Riveros, A. S., & Rosales-Izaguirre, F. E. (2003).

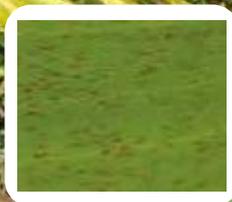
Diversidad de hongos endofíticos y abundancia de nematodos en plantaciones de banano y plátano de la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca. Diversity of endophytic fungi and nematode abundance in banana and plantain plantations in the indigenous lowland territories in Talamanca. *Agroforestería en las Americas*. 10(37/38), 59-62.

- Monfort, W. S., Kirkpatrick, T. L., Rothrock, C. S., & Mauromoustakos, A. (2007). Potential for site-specific management of *Meloidogyne incognita* in cotton using soil textural zones. *Journal of Nematology*, 39(1), 1.
- Norton, D. C., Frederick, L. R., Ponchillia, P. E., & Nyhan, J. W. (1971). Correlations of nematodes and soil properties in soybean fields. *Journal of Nematology*, 3(2), 154.
- Neher, D. (2000). Nematode communities as ecological indicators of agroecosystem health. *Agroecosystem Sustainability CRC Press*, 111-126.
- Pattison, T. (2006). Banana farm management effects on soil health and plant-parasitic nematodes in costa rica. Final report. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, University of Southern Queensland, Australia.
- Ortiz, V. B., & Ortiz, C. A. (1990). Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos, 148-150.
- Queneherve, P. (1988). Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast. 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. *Rev. Nématol.*, 11(2), 245-251.
- Ruda de Schenquer, E., Mongiello, A., y Acosta, A. (2004).

Nematodos fitoparásitos y su relación con los factores edáficos en plátano (*Musa AAB*) C.V. Hartón, *Contaminación y salud del suelo*. Universidad Nacional del Litoral. Secretaría de Extensión, Santa Fé, USA.

- United States Department of Agriculture, USDA. (2014). Keys to Soil Taxonomy Twelfth Edition, 2014. 136P.
- Starr, J. L., Heald, C. M., Robinson, A. F., Smith, R. G., & Krausz, J. P. (1993). *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* and associated soil textures from some cotton production areas of Texas. *Journal of Nematology*, 25(4S), 895.
- Van Gundy, S. D. (1985). Biological control of nematodes: Status and prospects in agricultural IPM systems.





ISBN: 978-958-49-0777-6



9 789584 907776