

# **Universidad Autónoma de Sinaloa**

**Colegio de Ciencias Agropecuarias  
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte  
Maestría en Ciencias Agropecuarias**



## **TESIS:**

**FITONEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE  
ZARZAMORA (*Rubus fruticosus* L.) EN LOS REYES,  
MICHOACÁN, MÉXICO**

**Que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

## **PRESENTA:**

**JAIME ANTONIO MIRANDA VALDEZ**

## **DIRECTOR(A) DE TESIS:**

**DR. JUAN FERNANDO SÁNCHEZ PORTILLO**

## **CO-DIRECTOR(A):**

**DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO**

## **ASESOR(A):**

**M.C. BENJAMÍN RODRÍGUEZ LÓPEZ**

**Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México, junio de 2022**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **JAIME ANTONIO MIRANDA VALDEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO(A) EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

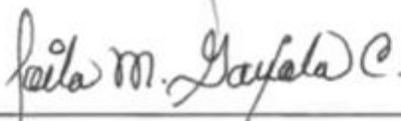
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR(A)



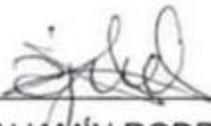
DR. JUAN FERNANDO SÁNCHEZ PORTILLO

CO-DIRECTOR(A)



DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

ASESOR(A)



M.C. BENJAMÍN RODRÍGUEZ LÓPEZ

JUAN JOSÉ RÍOS, AHOME, SINALOA, MÉXICO, JUNIO DE 2022



**UAS- Dirección General de  
Bibliotecas Repositorio  
Institucional Restricciones de  
uso**

**Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).**

**Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.**

**Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.**



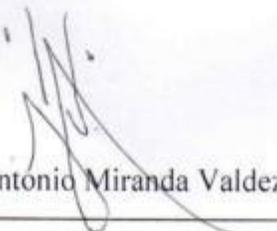


## **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**

### **CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Juan José Ríos, Sinaloa el día 22 del mes junio del año 2022, el (la) que subscribe Jaime Antonio Miranda Valdez alumno (a) del Programa de Maestría En Ciencias Agropecuarias con número de cuenta 0110352-0, de la Unidad Académica Facultad De Agricultura Del Valle Del Fuerte, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Juan Fernando Sánchez Portillo y cede los derechos del trabajo titulado "FITONEMATOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE ZARZAMORA (Rubus fruticosus L.) EN LOS REYES, MICHOACAN", a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

  
Jaime Antonio Miranda Valdez

Nombre completo y firma



## DEDICATORIA

A Dios, por darme vida y salud para poder realizar este trabajo de investigación.

A mi esposa Mitsu Sivoney Inzunza Apodaca por siempre estar a mi lado y brindarme su amor incondicional, por regalarme los mejores consejos para ser mejor en la vida y no soltarme nunca de su mano, aun en los momentos de mayor dificultad.

A mis hijos, María Daniela, Jesús Jaime y María Sivoney, por ser el motor de mi vida y la mayor inspiración para seguir adelante.

A mis padres, Jaime Ernesto Miranda Miranda (†) y Rosa Carmina Valdez Soto, por su gran amor y apoyo que siempre me han dado en todo momento y ser parte fundamental en el trayecto de mi vida.

A mis hermanos Francisco y José Ernesto por su apoyo en todo momento.

A mis grandes amigos Juan Fernando Sánchez Portillo y Francisco Peñuelas Montoya por ser parte de este proyecto y estar siempre en la mejor disposición en los momentos que necesite de su ayuda.

A todas aquellas personas, amigos y familiares que siempre han estado cerca para brindar el más sincero apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado en este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, al Colegio de Ciencias Agropecuarias y a mi alma máter, la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte por permitirme el realizar mis estudios de maestría.

A todos los profesores por brindar sus enseñanzas en cada una de las materias impartidas a lo largo del posgrado.

Al Dr. Juan Fernando Sánchez Portillo, por aceptar ser el director de la presente tesis, por su dedicación y brindarme sus enseñanzas en todo momento.

A la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, por su apoyo incondicional desde el primer momento, mi admiración y eterno agradecimiento.

Al M.C. Benjamín Rodríguez López, por su apoyo, asesorías y sugerencias en la realización de este trabajo.

Al ing. David Rodríguez López, por las facilidades brindadas en las instalaciones y financiamiento de campo y laboratorio de la empresa Algacell, así como las atenciones prestadas a lo largo de este proyecto de investigación.

Al Ing. Francisco Peñuelas Montoya, por toda la ayuda otorgada en este proyecto, así como por la amistad incondicional brindada.

A los Ingenieros Juan Carlos Lendo Barreras, Luis Fernando Espinoza Romero, Jonatan Cerecer Martínez, por el apoyo en las recolecciones de muestras y demás actividades de campo, así como por la amistad brindada en todo este tiempo.

A los productores cooperantes del Valle de los Reyes, por la confianza de abrir las puertas de sus campos para hacer posible este trabajo.

# CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1. Panorama internacional.....	5
2.2. La zarzamora en el ámbito internacional .....	5
2.3. Mercado de Estados Unidos de América .....	7
2.4. Mercado Europeo .....	8
2.5. La zarzamora en México .....	9
2.6. La zarzamora en Michoacán.....	13
2.7. La zarzamora en el municipio de Los Reyes .....	14
2.8. Clasificación taxonómica del género <i>Helicotylenchus</i> .....	16
2.9. Diagnósis .....	17
2.9.1. Características de las hembras de <i>Helicotylenchus multicinctus</i> .....	17
2.9.2. Características de las hembras de <i>Helicotylenchus dihystrera</i> .....	20
2.10. Biología .....	22
2.11. Daños y lesiones en los cultivos .....	24
2.12. Sintomatología.....	25
2.13. Hospedantes.....	25
2.14. Diversidad de <i>Helicotylenchus spp</i> .....	26
2.15. Distribución de <i>Helicotylenchus spp</i> .....	26
2.16. Supervivencia y medios de diseminación.....	27
2.17. Control químico .....	27
2.18. Control biológico.....	28
III. HIPOTESIS .....	30
IV. OBJETIVOS .....	30
4.1. Objetivo general .....	30
4.2. Objetivos específicos.....	30
V. MATERIALES Y METODOS .....	30
5.1. Área de estudio .....	30
5.2. Recolecta de nematodos .....	31
5.3. Técnica de Tamiz-Centrífuga.....	32
5.4. Técnica Embudo de Baermann .....	34

5.5. Morfometría e identificación.....	35
5.6. Clave para identificar a los nematodos fitopatógenos considerando su localización y sintomatología en la planta .....	36
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>40</b>
6.1. <i>Helicotylenchus</i> spp.....	41
6.2. Descripción <i>Helicotylenchus</i> spp .....	45
6.3. Descripción <i>Pratylenchus</i> spp .....	46
6.4. Descripción <i>Meloidogyne</i> spp.....	48
6.5. Descripción <i>Tylenchus</i> spp.....	51
6.6. Descripción <i>Mesocriconema</i> spp.....	52
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>55</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>64</b>
9.1. Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos .....	64
9.2. Determinación del pH de suelo .....	64
9.3. Determinación de materia orgánica basado en el método de Walkley y Black.....	64
9.4. Determinación de conductividad eléctrica.....	65
9.5. Diversidad de especies.....	65
9.6. Índices para medir la diversidad alfa.....	66
9.7. Índice de Simpson.....	66
9.8. Índice de Shannon.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción mundial de zarzamora en 2005.....	7
Tabla 2. Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en el mercado de E.U.A.....	8
Tabla 3. Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en la UE.....	9
Tabla 4. Comportamiento de la producción de zarzamora en México 2000-2012.....	11
Tabla 5. Comportamiento de las exportaciones de zarzamora y frambuesa mexicana 2003-2012.....	12
Tabla 6. Comportamiento de la producción de zarzamora en Michoacán 2000-2012.....	14
Tabla 7. Principales municipios productores de zarzamora en Michoacán 2012.....	14
Tabla 8. Área de muestreo en zona Los Reyes.....	31
Tabla 9. Muestreo preliminar y segundo muestreo en Los Reyes, Michoacán.....	42
Tabla 10. Descripción de las características morfométricas de hembras de <i>Helicotylenchus dihystra</i> , extraídas de los suelos y raíces de zarzamora.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. (A-G) <i>Helicotylenchus multicinctus</i> .....	20
Figura 2. <i>Helicotylenchus dihystra</i> .....	22
Figura 3. Recolecta de muestras en cultivo de zarzamora.....	31
Figura 4. A) Plantas de zarzamora sin raquitismo e inciso B) Plantas con presencia de diferentes síntomas característicos de un raquitismo o presencia de fitonematodos.....	32
Figura 5. 1. Vaciado de suelo en tubos de ensayo; 2. Caolín más suelo; 3. Centrifuga 2500 rpm/5 min; 4. Eliminación de sobrenadante y agregado de sacarosa 46%; 5. Centrifuga 2500 rpm/1 min; 6. Obtención de nematodos.....	34
Figura 6. Técnica de embudo de Baermann, material y montaje del dispositivo de extracción.....	35
Figura 7. Escala de calibración Dino-Lite.....	36
Figura 8. A) Distancia del poro excretor (Pe), desde la región anterior; B) Longitud de la porción hialina de la cola hasta antes del término de la misma; C) Longitud de la porción hialina de la cola hasta el término de la cutícula e inciso D) Longitud del estilete (Es) desde la punta del cono hasta la base de los nódulos del estilete.....	44
Figura 9. Espécimen de <i>Helicotylenchus dihystra</i> colectado en la zona de estudio.....	46
Figura 10. Espécimen de <i>Pratylenchus brachyurus</i> colectado en la zona de estudio.....	48
Figura 11. Espécimen de <i>Meloidogyne</i> spp. colectado en la zona de estudio.....	50
Figura 12. Espécimen de <i>Tylenchus</i> spp. colectado en la zona de estudio.....	52
Figura 13. Espécimen de <i>Mesocriconema</i> spp. colectado en la zona de estudio.....	53

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Producción mundial de zarzamora por país 2012.....	6
Gráfica 2. Producción de zarzamora en México.....	11
Gráfica 3. Comportamiento de la producción de zarzamora en Los Reyes, Michoacán 2003-2012.....	16

## RESUMEN

### Fitonematodos asociados al cultivo de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) en Los Reyes, Michoacán, México

Jaime Antonio Miranda Valdez

La zarzamora (*Rubus* spp.) se cultiva extensamente en algunos países de Europa y Norteamérica, en menor grado en América Central, América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. Michoacán se ha mantenido como el principal estado productor, el 2010 aportó 94% del total nacional, seguido por Jalisco con 2.5% y Colima con 2.1%, siendo el 1.4% aportado por Estado de México, Querétaro, Nayarit y Morelos, principalmente. Sin embargo, una limitante de producción agrícola que se está enfrentando para los productores zarzamora en el estado de Michoacán y que específicamente aqueja al municipio de Los Reyes, es la infestación de nematodos lesionadores de raíces. En el presente trabajo y durante el ciclo 2019-20, se realizó la investigación sobre la diversidad de fitonematodos presentes en los suelos cultivados con zarzamora, dichos estudios arrojaron que el género *Helicotylenchus* spp., y *Pratylenchus* spp., con una frecuencia de 70% y 30% en las variedades C.V., Elvira y Vanessa respectivamente siendo esta última con mayor susceptibilidad, los especímenes más frecuentes del género *Helicotylenchus*, fueron *H. dihystra*, seguido por *H. multicinctus* y *Pratylenchus*. Así también en el segundo ciclo vegetativo 2020-21, se encontraron poblaciones de diferentes géneros como son: *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Tylenchus* spp. y *Mesocriconema* spp., en menor frecuencia de población, con un porcentaje de 50%, 30%, 15% y la familia *Criconeematidae* con un 5%, en la variedad C.V. Tupy, respectivamente. Esto demuestra que el género *Helicotylenchus* tiene mayor actividad biológica para sobrevivir e infectar el cultivo de zarzamora.

**Palabras clave:** *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Mesocriconema*.

## ABSTRACT

### Phytonematodes associated with the cultivation of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) in Los Reyes, Michoacán, Mexico

Jaime Antonio Miranda Valdez

Phytonematodes associated with the cultivation of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) in Los Reyes, Michoacán, Mexico Jaime Antonio Miranda Valdez Blackberry (*Rubus* spp.) is widely cultivated in some countries in Europe and North America, to a lesser extent in Central America, South America, Australia and New Zealand. Michoacán has remained the main producing state, in 2010 it contributed 94% of the national total, followed by Jalisco with 2.5% and Colima with 2.1%, with 1.4% contributed by the State of Mexico, Querétaro, Nayarit and Morelos, mainly. However, a limitation of agricultural production that is being faced for blackberry growers in the state of Michoacán and that specifically afflicts the municipality of Los Reyes, is the infestation of root injuring nematodes. In the present work and during the 2019-20 cycle, research was carried out on the diversity of phytonematodes present in the soils cultivated with blackberry, these studies showed that the genus *Helicotylenchus* spp., and *Pratylenchus* spp., with a frequency of 70% and 30% in the varieties C.V., Elvira and Vanessa respectively being the latter with greater susceptibility, the most frequent specimens of the genus *Helicotylenchus* were *H. dihystrera*, followed by *H. multincinctus* and *Pratylenchus* spp. Also in the second vegetative cycle 2020-21, populations of different genera were found such as: *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Tylenchus* spp. and *Mesocriconema* spp., in less frequent population, with a percentage of 50%, 30%, 15% and the family *Criconematidae* with 5%, in the variety C.V. Tupy, respectively. This shows that the genus *Helicotylenchus* has greater biological activity to survive and infect the blackberry crop.

Keywords: *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Mesocriconema*.

## I. INTRODUCCIÓN

La zarzamora pertenece al grupo de las llamadas frutillas o “Berries”, estos cuatro cultivos son las fresas (strawberry), arándanos (blueberry), frambuesa (raspberry) y zarzamora (blackberry), que se caracterizan por su alto valor nutritivo, especies de gran popularidad en Norteamérica y Europa, donde sus cultivos a pesar de que constituyen inversiones considerables de capital, ofrecen retornos bastantes atractivos, este panorama financiero sirve de estímulo a productores de muchos países de todo el mundo, entre ellos a los productores mexicanos, para destinar inversiones de capital en la producción de esta fruta (Muñoz y Juárez, 1996). Durante el 2014, se establecieron más de 26 mil hectáreas sembradas de dichas especies, sobresaliendo la zarzamora, con el 47.79% de dicha superficie, la fresa, con el 38.09%, la frambuesa con el 9.03%) y el arándano con el 5.09%, las cuales aportaron en conjunto, un valor de producción de 12,676 millones de pesos en dicho año y generaron entre 80 mil y 100 mil empleos. (SAGARPA, 2012).

A nivel internacional, la berry de mayor producción y comercio entre países es la frambuesa, siendo la participación de México prácticamente marginal; sin embargo, en la producción y comercio de zarzamora, nuestro país tiende a ganar presencia, toda vez que aporta cerca del 7% de la producción mundial. Asimismo, una ventaja comparativa de México lo constituye el hecho de que casi el 50% de sus exportaciones se realizan en el periodo de octubre a enero, en el cual alcanzan los precios más elevados en el mercado, debido a la disminución de la oferta (Martínez y Martínez, 2005). El establecimiento de zarzamora con fines de explotación comercial es muy reciente en México, a partir de 1995 la producción de zarzamora crece de forma muy acelerada gracias al desarrollo de sistemas y técnicas de cultivo implementadas a partir de la investigación en campo, con el objetivo de extender la temporada de fructificación de las variedades “Brazos” y “Tupy” (SAGARPA, 2008).

La producción de zarzamora en México ha aumentado de 11 mil toneladas a más de 130 mil toneladas en la última década. El reto esencial del manejo de este producto se basa en las características intrínsecas de sus frutos suaves y su corta vida de anaquel, por lo que el conocimiento de su proceso de maduración bajo las condiciones de cultivo en el país resulta indispensable para lograr manipular y mejorar la productividad y calidad de los frutos hasta su destino final. En México, el estado que encabeza la producción de zarzamora es Michoacán con el 95% de la superficie de cultivo de este producto, seguido por Jalisco (1.6%) y Colima (0.7%) (SIAP, 2014).

Michoacán cuenta con las condiciones idóneas para el desarrollo del cultivo, contando con vegetación propia de ecosistemas boscosos la cual favorece al clima templado y a la humedad que se requieren para el cultivo de la zarzamora. En una década se ha ampliado considerablemente la producción de zarzamora en el estado, en 2012 alcanzo más de 134 mil toneladas producidas (SIAP, 2014). La producción en el estado, se distribuye en 20 municipios, de los cuales Los Reyes es el principal productor, seguido por los municipios de Peribán y Ario de Rosales, estos tres municipios contribuyen con un total de 75% de producción total de producto en el estado, cabe señalar que los municipios antes mencionados son favorecidos por inviernos con temperaturas benignas, en general libres de heladas (SIAP, 2014).

Los Reyes concentran la mayor parte de la producción de la zarzamora, con más de 5 mil hectáreas plantadas, este municipio genera más de 5 mil empleos permanentes y 10 mil empleos temporales, además esta actividad genera la tercera derrama económica estatal, el cultivo comenzó en el municipio en 1995, estableciendo principalmente la variedad Brazos, con la finalidad de obtener producciones de fruta con calidad de exportación (Thiébaud, 2011). En el municipio de los Reyes, el crecimiento del cultivo de la zarzamora se ha visto favorecido de manera significativa por la crisis de la industria azucarera (Calderón, 2006).

El rendimiento de los cultivos es afectado por factores bióticos y abióticos que impiden se alcancen los máximos rendimientos, dentro de los primeros

destaca la incidencia de hongos, bacterias, virus y nematodos (Agrios, 2005). Los nematodos son los metazoos más abundantes del planeta, se encuentran en una cantidad inmensa de hábitats. Las funciones ecológicas de los nematodos incluyen la descomposición de la materia orgánica, mineralización de nutrientes, degradación de tóxicos y regulación de patógenos de plantas (Bongers y Ferris 1999). La palabra nematodo, proviene de los vocablos griegos *nema* que significa “hilo” y *eidés* u *oidos*, que significan “con aspecto de”, siendo definidos como animales filiformes con cuerpo sin segmentos y más o menos transparentes, cubiertos de una cutícula hialina, la cual está marcada por estrías u otras marcas; son redondeados en sección transversal, con boca, sin extremidades u otros apéndices, muchos son parecidos a lombrices o con forma de anguila. Las hembras de algunas especies cuando llegan al estado adulto son abultadas con 1ª forma de pera o esfera (Siddiqi, 2000; Agrios, 2005; Perry & Moens, 2006).

Los nematodos son tanto de vida libre como parásitos. Se conocen 26.646 especies de nematodos, distribuidas entre especies de vida libre (10.681); parásitos de invertebrados (3.501), de vertebrados (8.359) y de plantas (4.105) (Hugot *et al.*, 2001). Sin embargo, los nematodos fitoparásitos constituyen plagas de los agroecosistemas y se considera que ejercen una importante influencia en su estructura y estabilidad. Se conocen 4,105 especies de fitonematodos, las cuales causan pérdidas anuales entre 11 y 14 % de la producción en cultivos de importancia económica como leguminosas, granos, banano, yuca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, papa, hortalizas y varios frutales; equivalentes a 80 billones de USD por año (Agrios, 2005).

Por su naturaleza, los nematodos fitoparásitos son patógenos, pero sus interacciones con otros agentes causantes de enfermedades dificultan medir su verdadero impacto en el rendimiento de los cultivos y su estimativo a gran escala (Sasser & Freckman, 1987). Los daños que ocasionan frecuentemente los nematodos, se atribuyen a causas más evidentes como son las deficiencias nutricionales o el estrés hídrico entre otras, dado que es imposible observarlos a simple vista en el campo y a que los síntomas que producen son inespecíficos, por

ende, los agricultores y los técnicos a menudo subestiman sus efectos (Fernández, 2007).

El nematodo lesionador de la raíz *Helicotylenchus*, la palabra *Helicotylenchus*, proviene de los vocablos griegos *helic* (=espiral, enrollar), *tyl* (=perilla, nudo), *ench* (= lanza, arpón), indicando que es un microorganismo con forma de espiral y con un estomatoestilete en la región anterior (cabeza) (Borror, 1960), que es usado para perforar los tejidos de la planta hospedante y extraer los nutrientes, causando enfermedades que se manifiestan con un crecimiento deficiente y un rendimiento menor (Mai *et al.*, 1996; Siddiqi, 2000; Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006). Generalmente, su hábito alimenticio es de ectoparásito, lo que significa que se alimenta y ubica en la parte externa del hospedante. Pero, algunas especies pueden comportarse como semi-endoparásitos, es decir mantienen la parte anterior del cuerpo dentro de la raíz y la parte posterior fuera. La mayoría de las especies se reproducen por partenogénesis mitótica, otros se reproducen por anfimixis (Guzmán-Piedrahita 2011).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Panorama internacional de la zarzamora

Existe un grupo importante de frutales cuyo desarrollo podría ampliar en forma por demás interesante el mapa frutícola de México, tanto para el mercado de exportación como para el mercado interno. A este grupo de frutales se le denomina globalmente “frutales menores”. Entre ellas se encuentra la zarzamora, que conjuntamente con la fresa, arándano y frambuesa pertenecen al grupo de los llamados “berries”, especies poco producidas en México, pero de popularidad en Norteamérica y Europa, donde su cultivo constituye inversiones considerables de capital (Muñoz, 1995).

Actualmente EE. UU. es el principal productor, exportador e importador de zarzamora fresca en todo el mundo, siendo México su principal proveedor. Alrededor del 90% de la zarzamora mexicana de exportación es producida en Michoacán, la mayor parte proviene de la región de Los Reyes (SAGARPA, 2008).

### 2.2. La zarzamora en el ámbito internacional

El interés por el cultivo de las especies de zarzamora ha crecido sustancialmente en los últimos años, específicamente por las especies comercializables para su consumo en fresco, autores como Clark (2006), lo atribuyen a factores como: la elevada rentabilidad del cultivo, rápido retorno de la inversión, el uso intensivo de mano de obra, versatilidad de los frutos para su consumo y grandes posibilidades de exportación del producto. En 2012 los países productores de las diferentes variedades de zarzamora en el mundo fueron principalmente Irán, Vietnam y México, siguiendo Papua Nueva Guinea, Italia, Turquía, Polonia, China y EE. UU. (Gráfica 1).



Gráfica 1. Producción mundial de zarzamora por país 2012.

En comparación con el año 2005, en el mercado internacional, el comportamiento productivo de la zarzamora estaba determinado por dos grandes regiones de consumo y de producción: el mercado norteamericano y el europeo (Tabla 1).

Región	Área sembrada	Producción (ton)
Europa	7 692	43 000
América del Norte	7 159	59 123
América Central	1 640	1 590
América del Sur	1 597	6 380
Asia	1 550	26 350
Oceanía	297	3 650
África	100	200
<b>Total mundial</b>	<b>20 035</b>	<b>140 292</b>

Tabla 1. Producción mundial de zarzamora en 2005.

Del mercado norteamericano destaca el oeste de los EE. UU., Oregón y Washington, zona provista por Nueva Zelanda, México, Guatemala, Chile y Colombia. En el mercado europeo destacan como los principales países importadores de zarzamora fresca y demandantes: Inglaterra, Francia, Polonia, Yugoslavia, Alemania, Holanda, Italia, Bélgica y Luxemburgo; en este continente participa como Chile, como único representante latinoamericano (SEDER, 2012).

### 2.3. Mercado de Estados Unidos de América

La zarzamora es considerada como una fruta fina muy apreciada por el mercado de EE. UU.; precisamente, en el mercado de este país se espera un incremento de las importaciones de zarzamora de 2.8% anual. Asimismo, se considera un volumen de importación de aproximadamente 25,630 toneladas. En el mercado estadounidense, la mayor parte de la producción se destina a procesamiento para la elaboración de jugos, congelados, pulpas concentradas, mermeladas, polvos deshidratados y licores (SEDER, 2012).

La estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en el mercado estadounidense para los principales países proveedores, incluyendo la oferta interna, se presenta en la tabla 2, EE. UU. se abastece en los meses de junio a septiembre con la producción de California, Washington y Oregón. Florida envía algo de producción solo durante los meses de mayo y junio. Colombia, Chile, Guatemala, Nueva Zelanda y México compiten entre sí en los meses de enero a marzo. A excepción de Chile, estos mismos países abastecen el mercado de EE. UU. en noviembre y diciembre, aunque en el caso de Colombia, las ventas inician desde septiembre y en octubre prácticamente es el único oferente. México y Guatemala, cuentan con la ventaja de presentar una oferta más prolongada, lo cual les permite beneficiarse de los precios altos que registran la zarzamora durante los últimos y primeros meses del año.

Proveedor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
E.U.A												
California												
Washington												
Oregón												
Florida												
Colombia												
Chile												
Guatemala												
Nueva Z.												
México												

Tabla 2. Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en el mercado de E.U.A.

Como se puede apreciar, el mercado de zarzamora en EE. UU. es disputado por cinco países que tienen las mismas posibilidades de concurrir en la misma época que México, lo que plantea la necesidad de implementar estrategias tendientes a diferenciar el producto mexicano (Muñoz, 1995).

#### 2.4. Mercado Europeo

En la Unión Europea (UE), el mercado de las frutas de los países miembros depende de la producción interna de cada país, del intercambio de productos y de las importaciones procedentes de países fuera de la UE. Los principales países

oferntantes de la UE son Alemania, España, Holanda, y la mayor parte de zarzamora importada consumida en el mercado europeo proviene de Chile, Costa Rica y Colombia (Tabla 3).

Proveedor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Europa												
Alemania												
España												
Holanda												
Chile												
Guatemala												
Costa rica												
Colombia												

Tabla 3. Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en la UE.

El total de zarzamora e híbridos importados por la UE es comparativamente pequeño respecto a los otros berries. Las zarzamorras congeladas representan el 93% del total adquirido por la región. Alemania y Holanda son los principales compradores, con una participación conjunta del 70% del total importado de zarzamorras (Ruiz, 2009).

En el año 2006, Europa exportó 34,570 toneladas de moras, frambuesas y zarzamorras frescas y 201,259 toneladas de producto congelado, es decir que en total exportó 235,829 toneladas. España es el principal país exportador del producto fresco, en el 2006 destinó el 40% de sus exportaciones al Reino Unido y el 23% a Francia.

En la UE, la distribución mayorista de la zarzamora involucra a productores, compañías multinacionales, diversos tipos de organizaciones para la comercialización, agentes especializados o brokers, importadores o mayoristas. Para el consumidor, la venta se realiza a través de tiendas especializadas, supermercados y mercados abiertos y de productores (Ruíz, 2009).

## 2.5. La zarzamora en México

México ha sobresalido en la exportación de berries en el mundo. Desde la diversificación de productos de exportación en los países Latinoamericanos, México incursionó tomando importancia a nivel internacional en el mercado frutícola, postulándose como uno de los principales productores en el mundo (muñoz, 1995).

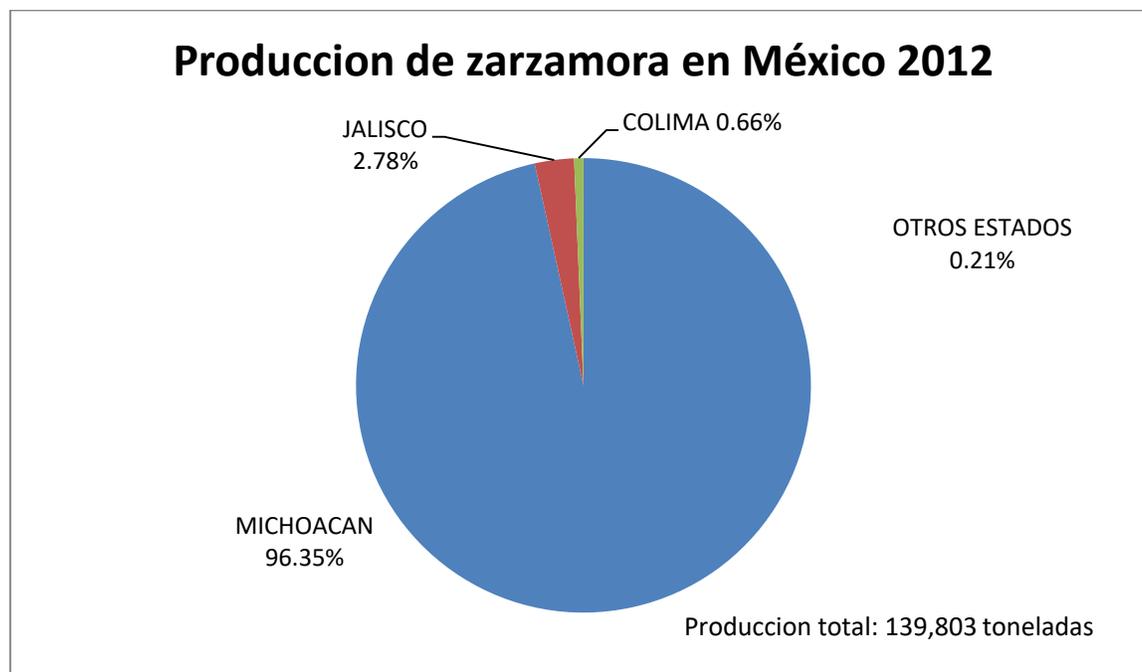
El establecimiento de la zarzamora con fines de explotación comercial es muy reciente en el país; para 1985 se tenía solo una hectárea de la variedad Logan en Tetela del Volcán, Morelos. El gran desafío de las diversificaciones tanto de productos como de mercados que enfrentaba el sector hortofrutícola nacional, motivó a la introducción de nuevas especies y variedades, entre ellas la zarzamora. La producción ha crecido de forma rápida gracias a los sistemas y técnicas de cultivo implementadas a partir de la investigación en campo, con el objeto de extender la temporada de producción de fruta del cultivo (SAGARPA, 2008). El desarrollo del cultivo se ha realizado prácticamente en los últimos años, la producción de zarzamora en México ha aumentado de 11 mil toneladas a más de 139 mil toneladas en la última década (Tabla 4). Las principales variedades utilizadas han sido introducidas y su establecimiento bajo las condiciones climáticas de México ha requerido de adaptaciones considerables al manejo agronómico observado en las regiones de origen de las mismas. El reto esencial del manejo de este producto se basa en las características intrínsecas de sus frutos suaves y su corta vida de anaquel, por lo que el conocimiento de su proceso de maduración bajo las condiciones de cultivo en México resulta indispensable para lograr manipular y mejorar la productividad y calidad de los frutos hasta su destino final (Chávez, 2012).

	<b>Producción (ton)</b>	<b>Valor de la producción (Miles de pesos)</b>
<b>2000</b>	13, 534	155,554
<b>2001</b>	11,570	137,505
<b>2002</b>	11,117	153,325
<b>2003</b>	27,645	553,775
<b>2004</b>	26,697	627,900
<b>2005</b>	35,135	641,435

<b>2006</b>	42,497	732,890
<b>2007</b>	44,136	881,500
<b>2008</b>	118,422	2,376,758
<b>2009</b>	115,961	2,781,955
<b>2010</b>	61,558	1,428,620
<b>2011</b>	135,563	3,602,017
<b>2012</b>	139,803	3,801,341

Tabla 4. Comportamiento de la producción de zarzamora en México 2000-2012.

La zarzamora tiene gran importancia comercial, ya que su cultivo constituye, inversiones considerables de capital. En México, el estado que encabeza la producción de zarzamora es Michoacán con el 96% de la superficie de cultivo de este producto, seguido de lejos por los estados de Jalisco (2.7%) y Colima (0.7%) (Gráfica 2), los estados de Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro y Veracruz también son productores de la fruta, producen en conjunto apenas el 0.21% de la producción total del país.



Gráfica 2. Producción de zarzamora en México 2012.

La zarzamora producida en México es comercializada principalmente como fruto fresco y su mayor demanda se encuentra en el mercado internacional. Para el caso particular de nuestro país, EE. UU. es el principal mercado de exportación del producto, seguido por Países Bajos y Gran Bretaña, asimismo se realizan envíos no consistentes a y con bajos volúmenes a países como Alemania, Italia y Francia. Las exportaciones mexicanas de zarzamora han tenido crecimientos importantes a través de los años (Tabla 5), esto permite posicionar al país como el primer exportador de zarzamora fresca del mundo (SAGARPA, 2012).

	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
<b>EE. UU</b>	83,732	67,333	60,111	52,351	40,888	32,147	22,737	14,739	8,959	9,797
<b>Países Bajos</b>	1,954	1,531	1,392	859	684	663	684	320	98	136
<b>Gran Bretaña</b>	896	1,068	1,135	1,908	2,474	1,848	1,713	732	414	219
<b>Bélgica</b>	88	78	141	114	131	18	0	24	16	4
<b>Italia</b>	511	392	400	16,325	290	235	109	38	1	13
<b>Francia</b>	355	139	72	60	89	58	13	32	7	4

Tabla 5. Comportamiento de las exportaciones de zarzamora y frambuesa mexicana 2003-2012.

En el caso de las importaciones de zarzamora en México, se han efectuado compras del producto, principalmente provenientes de Chile, EE. UU. con el objeto de satisfacer una demanda interna selectiva de abasto a nivel de consumo en fresco, mermeladas y conservas. El incremento registrado en las importaciones obedece principalmente al descuido tradicional del mercado interno por los propios comercializadores nacionales, que privilegian los envíos de la mejor fruta a los mercados de exportación, sin considerar el consumo interno en su planeación de ventas (SEDER, 2012).

Las importaciones de frambuesa y zarzamora en México han variado con el paso de los años, en el 2003 la zarzamora de importación era obtenida de Chile y

EE. UU. Durante el 2005, se demandó producto originario de Guatemala, en 2010 se presentó un notorio incremento de zarzamora debido a la caída de la producción nacional durante ese año, derivada de problemas fitosanitarios como *Peronospora* sp., que es una enfermedad que provoca daño a los órganos de la planta, provocando el secamiento de la yema floral (PROCAL, 2011).

## 2.6. La zarzamora en Michoacán

El estado de Michoacán, se ubica en el centro occidente de la República Mexicana, cuenta con una excelente ubicación que lo conecta con las principales ciudades del centro del país. A través del puerto de Lázaro Cárdenas se vincula con los mercados del Pacífico Asiático y con el Pacífico de las Américas, ventajas que lo sitúan como la alternativa en logística y distribución más atractiva de la región. Su diversidad de climas y suelos lo colocan como líder nacional en producción agrícola, ofreciendo oportunidades de negocio en la comercialización y procesamiento de alimentos, es un estado altamente productivo, con un alto potencial frutícola, lo que lo coloca como uno de los principales productores de aguacate, fresa, zarzamora, guayaba, limón y durazno a nivel nacional (SE, 2012).

La zarzamora ha cambiado el mapa frutícola del estado en los últimos años, ya que ofrece las condiciones idóneas para el desarrollo del cultivo, cuenta con una vegetación propia de ecosistemas boscosos la cual favorece al clima templado y a la humedad que se requieren para el cultivo de zarzamora. En una década se ha ampliado considerablemente la producción de la fruta en el estado, en 2011 alcanzó más de 120 mil toneladas producidas (Tabla 6).

	<b>Producción (ton)</b>	<b>Valor de la producción (Miles de pesos)</b>
<b>2000</b>	12,986	148,267
<b>2001</b>	10,896	129,307
<b>2002</b>	9,652	141,884
<b>2003</b>	26,984	546,057
<b>2004</b>	25,569	607,260
<b>2005</b>	33,974	625,851

<b>2006</b>	40,841	694,338
<b>2007</b>	42,369	853,259
<b>2008</b>	116,649	2,344,272
<b>2009</b>	112,310	2,703,420
<b>2010</b>	58,279	1,357,880
<b>2011</b>	129,404	3,490,097
<b>2012</b>	134,708	3,801,341

Tabla 6. Comportamiento de la producción de zarzamora en Michoacán 2000-2012.

La producción de zarzamora en el estado, se distribuye en 20 municipios de los cuales Los Reyes es el principal productor, seguido por los municipios de Peribán y Ario de Rosales, estos tres municipios contribuyen con el 75% de producción total de zarzamora en Michoacán. Se cultiva también en municipios como Salvador Escalante, Tacámbaro, Ziracuaretiro y Tocuambo. El producto es recolectado por los habitantes de los municipios e indígenas y comercializado en las empacadoras ubicadas dentro de los mismos municipios. El comportamiento de la producción del cultivo en los principales municipios productores del estado durante el año 2012, se observa en la tabla 6.

	<b>Producción (ton)</b>	<b>Valor de la producción (Miles de pesos)</b>
<b>Los Reyes</b>	61,920	1,997,317
<b>Peribán</b>	26,000	886,701
<b>Ario de Rosales</b>	12,456	213,747
<b>Salvador Escalante</b>	9,235	155,006
<b>Tacámbaro</b>	7,684	142,851
<b>Ziracuaretiro</b>	6,525	96,244
<b>Tocuambo</b>	5,472	174,240

Tabla 7. Principales municipios productores de zarzamora en Michoacán 2012.

## 2.7. La zarzamora en el municipio de Los Reyes

El municipio de Los Reyes se encuentra ubicado en la parte noroccidental del estado de Michoacán, tiene una altura promedio de 1240 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte de Tinguindín, al oeste con Tocumbo, al este con Charapan y Uruapan, al Sur con Peribán y el estado de Jalisco, tiene una superficie de 481 kilómetros cuadrados (Paleta, 2012).

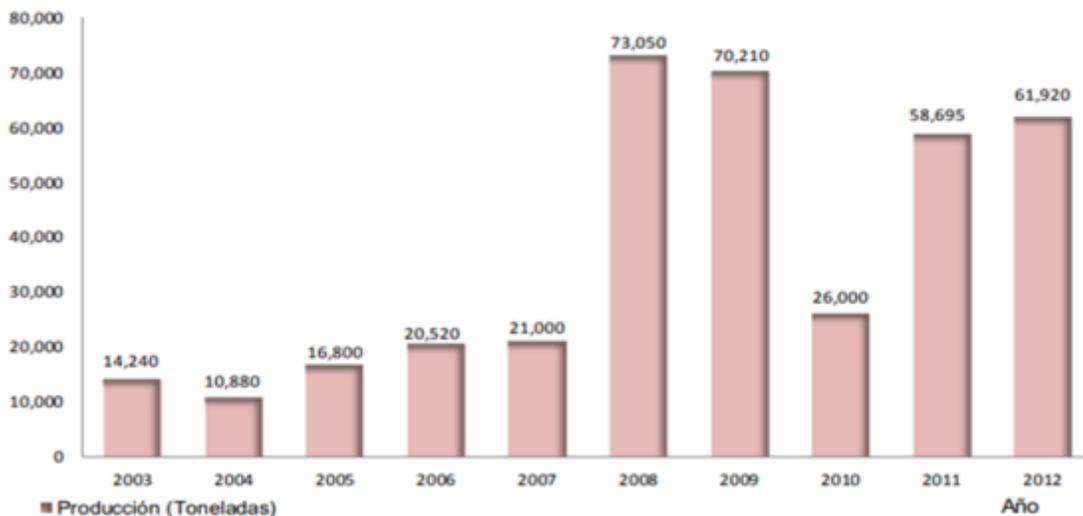
El Valle de los Reyes sufrió fuertes modificaciones en la década de los noventa, como resultado de la transformación de las actividades agrarias, mientras la crisis del sector azucarero afectaba la industria a nivel nacional como consecuencia del Tratado de Libre Comercio -exportaciones a precios bajos e importaciones de fructosa-, las condiciones de los cañeros de esta región cambiaron debido a la disminución de los créditos, el aumento de los intereses y el pago tardío de las liquidaciones, a lo largo de las décadas fue este contexto negativo y con el objetivo de lograr una mejor rentabilidad económica, lo que llevó a la reconversión de los cultivos y fue en 1993 cuando aparecieron las primeras hileras de zarzamora de la variedad “Brazos”, sin embargo, la frutilla no encontró mercado y se vendía a granel a dos o tres pesos por kilogramo, a fábricas de mermelada del municipio de Zamora e Irapuato (Paleta, 2012).

La situación comenzó a cambiar cuando en 1996, la empresa norteamericana “Sierra Fruit”, quien ya contaba con experiencia en la comercialización de frutillas en otros países, detectó las bondades del cultivo de zarzamora y abrió un centro de acopio, estableciéndose también dos empresas comercializadoras de capital extranjero, “Hortifrut” empresa chilena y “Driscoll’s” empresa norteamericana, que impulsaron las exportaciones del producto y contribuyeron a mejoras en las tecnologías de producción utilizadas, estableciendo las primeras bases de logística, inocuidad y trazabilidad en la región (Thiébaud, 2011).

El éxito en la región de la empresa “Hortifrut” y “Sierra Fruit”, así como el continuo incremento de la disponibilidad de frutillas contribuyó a que otras empresas comercializadoras se establecieran en la región y actualmente se cuenta con 17 empresas comercializadoras de la frutilla (SAGARPA, 2009).

El comportamiento de la producción desde el año 2003 se ha incrementado de manera considerable especialmente en el año 2009 en donde la producción alcanzó un total de 70,000 toneladas producidas. De igual manera se han registrado caídas en la producción, principalmente en el año 2010 con una producción de 26,000 toneladas, situación que fue producto del cambio climático (Grafica 3). Actualmente una gran parte de los productores realizan la reconversión productiva y sustituyen a la variedad “brazos” por la variedad tupi, se consideran 5,250 hectáreas plantadas en esta región, generadora de 5000 empleos permanentes y 10000 temporales, contribuyendo como la tercera derrama económica agrícola estatal (Sánchez, 2008).

**Comportamiento de la producción de zarzamora en Los Reyes, Michoacán, 2003-2012**



Gráfica 3. Comportamiento de la producción de zarzamora en Los Reyes Michoacán 2003-2012

## 2.8. Clasificación taxonómica del género *Helicotylenchus*

Clasificación taxonómica del género *Helicotylenchus* (Cobb 1893 y Golden 1956).

Reino: Animal

Filo:	Nematoda
Orden:	Tylenchida
Superfamilia:	Tylenchoidea
Familia:	Hoplolaimidae
Subfamilia:	Hoplolaiminae
Género:	<i>Helicotylenchus</i>

## 2.9. Diagnosis

Las hembras: tienen cuerpo en forma de espiral cuando está relajado. El marco cefálico es fuertemente esclerotizado. El estilete es bien desarrollado. El bulbo medio es redondeado u ovalado. El poro excretor, usualmente, se ubica cerca de la unión del esófago con el intestino. Las glándulas del esófago tienen traslape dorso-ventral, con respecto al intestino. Tienen dos ovarios anfidelficos y espermateca. La cola es curvada dorsalmente. Los machos: son abundantes solo en algunas especies. La bursa es corta y sin proyección visible. La espícula tiene la mitad distal estrechada con flanges ventrales pequeñas (Siddiqi 2000).

### 2.9.1. Características de hembras de *Helicotylenchus multincinctus* (Siddiqi, 1973).

- Longitud de 0,47-0,53mm (promedio de 0,50 mm).
- Cuerpo arqueado con forma de C cuando está relajado; anulaciones distintivas, cerca de 1,5 $\mu$ m de ancho en la mitad del cuerpo.
  - Campos laterales no areolados, con 4 incisuras, aproximadamente una cuarta parte del ancho del cuerpo.
  - Región labial hemisférica, ligeramente compensada, con 3-5 (usualmente 4) anulaciones y una depresión oral prominente terminal, marco cefálico

fuertemente esclerotizado, con conspicuas márgenes exteriores extendiéndose posteriormente a través de 3 a 4 anulaciones del cuerpo, las cuales son mucho más estrechas en esa región que en las otras.

- Cefálicas anterior y posterior generalmente indistintos (borroso), de 0 a 1 y de 4 a 6 anulaciones posteriores al marco cefálico, respectivamente.

Tubo guía del estilete prominente, bulboso. Estilete bien desarrollado, 21-24  $\mu\text{m}$  de longitud, con perillas basales prominentes con un diámetro de 5-6  $\mu\text{m}$ , tienen un margen externo dirigido hacia adelante, resultando en que la superficie anterior aparece aplanada o cóncava.

- Pre-corpúsculo usualmente expandido anteriormente.
- Bulbo medio del esófago redondeado a ovalado con una válvula pequeña en el centro, cerca de 6 anulaciones de largo.
- Glándulas de esófago compactas, todas envueltas frente al final del intestino; la glándula dorsal anterior a las sub-ventrales.
- Nivel del poro excretor con o cerca de la unión del esófago con el intestino.
- Hemizonido usualmente distintivo, 2-3 anulaciones de largo, 0-3 anulaciones anterior al poro excretor.
- Hemizonido pequeño, 6-8 anulaciones detrás del poro excretor.
- Dos ovarios, simétricos, pero algunas veces el posterior es reducido.
- Espermateca levemente compensada, redondeada, usualmente llena con esperma.
- Vulva prominente, una hendidura transversal deprimida.
- El intestino no traslapa con el recto.
- Cola ligeramente disminuyendo, con una terminación anulada hemiesférica, usualmente con curvatura más grande dorsalmente que ventralmente, desprovista de cualquier proyección ventral o mucrón, con 6-13 anulaciones.
- Las incisuras interiores de los campos laterales usualmente no se fusionan a una cierta distancia de la cola.
- Fasmidios como un poro, 1-6 anulaciones anteriores al nivel del ano.

Características de los machos de *Helicotylenchus multincinctus*.

- Longitud de 0,43-0,55mm.
- Similar a la hembra, excepto el dimorfismo sexual, son abundantes.
- Un solo testículo, extendido anteriormente, espermatozoides pequeños y redondeados, espermateca pequeña redondeada.
- Bursa corta, sin proyección visible más allá del contorno del cuerpo en el campo lateral, crenados y adjuntando la cola.
- Espícula ligeramente cefalizada con la mitad distal estrechada usando flanges ventrales pequeñas.
- Gubernáculo individual (Figura 1. A-G).

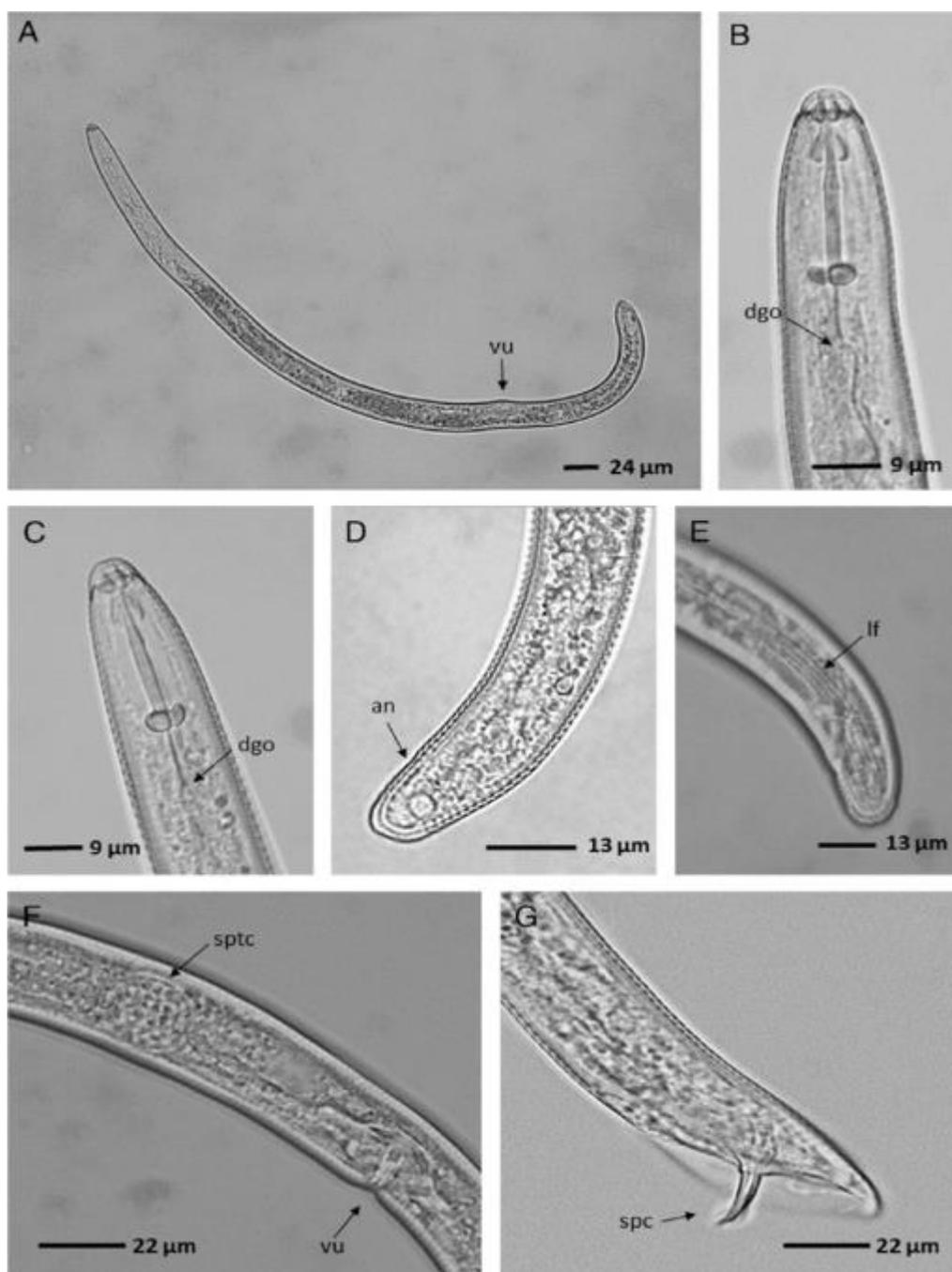


Figura 1 (A-G). *Helicotylenchus multicinctus*.

**2.9.2. Características de las hembras de *Helicotylenchus dihystra* (Sher, 1966; Siddiqi, 1972; Mai *et al.*, 1996).**

- Longitud de 0,61-0.86 mm (promedio de 0,67 mm).
- Cuerpo en forma de espiral, más posteriormente; estrías visibles.
- Región labial hemi-esférica, con 4 ó 5 anulaciones; margen externa de marco labial sobresaliente, extendiéndose 2-3 anulaciones dentro del cuerpo.
- Cefálicas anteriores 3-4 anulaciones detrás de la región labial; cefálicas posteriores indistinto, 5-7 anulaciones detrás de los anteriores.
- Campo lateral de un cuarto a un tercio del ancho del cuerpo, con 4 incisuras, no areoladas, usualmente aerolado sólo anteriormente.
- Estilete bien desarrollado de 24,5-27,5 (promedio de 26 $\mu$ m), disminuyendo hacia la parte anterior 11,0-15,5  $\mu$ m de largo; perillas basales con un diámetro de 4,5  $\mu$ m de ancho por 2.5  $\mu$ m de alto, con superficie cóncava o sangrado (mellado) hacia la parte anterior.
- Anillo guía prominente, aparentemente provee una superficie de unión para los músculos protractor del estilete.
- El orificio de la glándula dorso esofágica se encuentra a menos que de la mitad de la longitud del estilete detrás de las perillas basales.
- Bulbo medio del esófago oval, 6-8 anulaciones de la longitud del cuerpo.
- Poro excretor usualmente cerca de la unión del esófago con el intestino, 0-2 anulaciones detrás de las 2-3 anulaciones de longitud del hemizonido.
- Hemizonido indistinto.
- Glándulas del esófago parcialmente bordean la parte anterior del intestino, traslapándolo dorsallatero-ventralmente, el traslape más largo es usualmente ventral; las glándulas sub-ventrales ligeramente más largas que la dorsal.
- Dos ovarios, extendidos, anfidélficos, con oocitos principalmente en una sola fila.
- No presenta epiptigma.

- Tricolumela distintiva con 12 células en una fila. Espermateca compensada sin espermatozoides.

- Cola curvada dorsalmente, convexa–conoide, con terminación hemiesférica a elongada ventralmente, la cual puede formar una proyección leve, con 8-12 anulaciones ventralmente.

- Fasmidios ubicado 6-12 anulaciones, en frente del ano, usualmente colocado en el centro de los campos laterales; incisuras interiores sobre la cola usualmente no se fusionan distalmente para alguna distancia.

- Fasmidios pequeños cerca al ano.

Características de machos de *Helicotylenchus dihystra*.

- Similar a la hembra, excepto que el cuerpo no posee forma de espiral y dimorfismo sexual. Es extremadamente raro encontrarlos, y no son esenciales para la reproducción.

- Estilete, espícula y gubernáculo de 22-27., 20-23. y 7-8  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Figura 2).

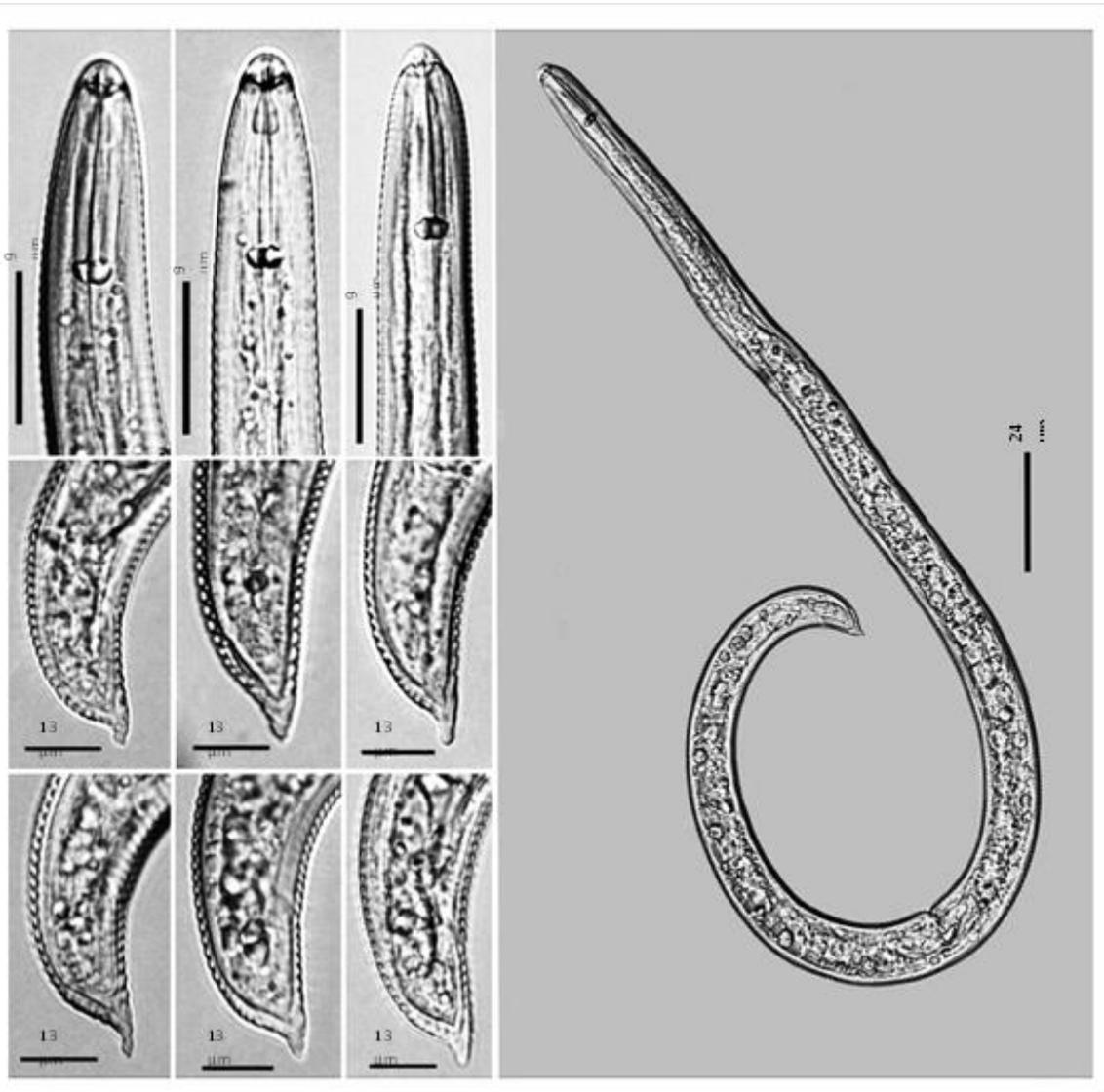


Figura 2. *Helicotylenchus dihystra*.

## 2.10. Biología

Biológicamente y dependiendo del hospedante, el hábito alimenticio de *Helicotylenchus* spp., se caracteriza generalmente como ectoparásito, del griego ecto (=exterior), para (=con, en), sitio (=alimentación), lo que implica, que el nematodo es un parásito que vive en la superficie externa de su hospedante, aunque algunas especies pueden comportarse como semiendoparásitos (semi=mitad y endo=interior), es decir, que la parte del cuerpo se encuentra en el interior del tejido cortical de la raíz. 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 & Geraert, 2006), pero la migración de *H. multincinctus* a través del tejido no ha sido registrada (Siddiqi, 1973). La mayoría de especies como *H. dihystra* y otras se reproducen por partenogénesis mitótica, es decir, reproducción asexual (Hirschmann & Triantaphyllou, 1968), mientras *H. multincinctus*, se reproduce por anfimixis, o sea por unión de gametos masculino y femenino (Siddiqi, 1973; Luc *et al.*, 2005).

*H. multincinctus*, a diferencia de otras especies de *Helicotylenchus*, es considerada una especie semiendoparásita, ya que dentro del tejido cortical de la raíz se pueden encontrar todos los estados de desarrollo (Zuckerman & Strich-Harari, 1963). Blake (1966) inoculó *H. multincinctus* en raíces de banano en condiciones de asepsia, y encontró que la epidermis de las raíces fue penetrada por éste fitonemátodo después de 36 horas. Después de 4 días, los nematodos ingresaron completamente en las células parenquimatosas del córtex de la raíz hasta 4 a 6 células de profundidad, alimentándose directamente sobre ellas y causando daños como citoplasma contraído, ruptura de paredes celulares e incremento en el tamaño del núcleo; tornándose decoloradas y algunas veces necróticas (Figura 1). Todos los cambios histológicos estaban confinados a la subepidermis del tejido parenquimatoso en el córtex, con poca evidencia de migración en éste (Blake, 1966; Siddiqi, 1972; Orion *et al.*, 1999).

En la India, el ciclo de vida de *Helicotylenchus spp.*, tiene una duración de 26 a 34 días a 25°C. Una reducción relativa en la duración del desarrollo fue observada en todos los estados larvales a ésta temperatura: 9 a 12 días para incubación del huevo y del primer estado juvenil dentro de éste, 8 a 10 días para el segundo estado juvenil (j2), 6 a 7 para el tercer estado juvenil (j3), y solamente 3 a 5 días para el estado juvenil cuatro (j4) (Krall, 1985). La primera muda dentro del huevo, y los 3 estados juveniles pueden ser distinguidos por el sistema reproductivo (Siddiqi, 1972). Durante la cuarta muda, las gónadas masculinas y femeninas completan su desarrollo, y la vulva como la vagina en las hembras se

distinguen en la cutícula del cuarto estado juvenil (Zuckerman & Strich-Harari, 1963).

*H. multincinctus* coloca los huevos en grupos de 8 a 26 en las células del tejido cortical decolorado. Entre 48-51 horas a 30°C fueron requeridos para que los huevos recién puestos incubaran en agua corriente (Siddiqi, 1973). Los huevos son colocados en forma longitudinal en el eje de la raíz y usualmente ocupan dos a tres filas de células. Es posible que más de 3 huevos sean colocados en el mismo nido dentro de la raíz (Zuckerman & Strich-Harari, 1963). El tejido cortical que rodea el nido es siempre de color castaño al igual que las lesiones sobre la superficie de la raíz (Krall, 1985).

### **2.11. Daños y lesiones en los cultivos**

El daño mecánico directo causado por los nematodos mientras se alimenta es muy leve. La mayoría de daños parece ser causados por la secreción de saliva introducida en los tejidos de las plantas durante el proceso de alimentación. Ellos perforan la pared celular, introducen saliva dentro del citoplasma, extraen parte del contenido celular, y se movilizan en unos pocos segundos (Agrios, 2005). El proceso de alimentación causa una reacción en las células de las plantas afectadas, resultando en la muerte o debilitamiento de los extremos de las raíces y yemas, formación de lesiones y rompimiento de tejidos, arrugamiento y deformación en tallos y hojas. Algunas de estas manifestaciones son causadas por la descomposición del tejido afectado por las enzimas del nematodo, la cual, con o sin la ayuda de metabolitos tóxicos, causa desintegración del tejido y muerte de las células (Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006; Castillo & Vovlas, 2007).

*Helicotylenchus* spp. produce lesiones pequeñas y longitudinales, en las células parenquimatosas del córtex de la raíz. Estas lesiones son poco profundas y de color castaño o de rojizo a negro (Araya 2004). Las raíces terciarias, de plantas afectadas por este nematodo, aparecen necróticas y se desprenden con facilidad (Gowen 2000). De acuerdo con Hague (s.f.), Thorne (1961), Sasser (1989), Villota & Varón (1997), Volcy (1997), Manzanilla-López *et al.* (2004), Agrios (2005), Luc *et al.* (2005), Perry & Moens (2006), Guzmán-Piedrahita *et al.* (2009) y

Perry *et al.* (2009), los síntomas más importantes causados por nematodos fitoparásitos que atacan el sistema radical son:

- Menor cantidad y longitud de raíces, especialmente las raíces secundarias de alimentación como en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) atacada por *Helicotylenchus dihystra*.
- Agrietamiento y encrespamiento de las raíces como en pitahaya afectada por *Helicotylenchus dihystra*.
- Raíces de color violeta como en plátano atacado por *Helicotylenchus spp.*

Cuando las plantas crecen en condiciones óptimas y son fuertemente atacadas por fitonematodos, pueden mostrar síntomas leves en la parte aérea. Bajo tales circunstancias, los nematodos se reproducen mejor y pueden representar una amenaza oculta y severa para los cultivos subsiguientes (Williams & Bridge, 1985; Sasser, 1989; Manzanilla-López *et al.*, 2004; Agrios, 2005). Así mismo, de acuerdo con Thorne (1961), Pitcher (1965), Ayoub (1980), Sarah *et al.* (1996), Castaño & Salazar (1987), Montiel *et al.* (1997), Guzmán Piedrahita & Castaño-Zapata (2004), Agrios (2005), Gowen *et al.* (2005) y Guzmán-Piedrahita & Castaño Zapata (2010), los síntomas secundarios en la parte aérea de las plantas ocasionados por nematodos que atacan el sistema radical, son el amarillamiento del follaje (clorosis), similar a síntomas de deficiencias nutricionales, en pitahaya por *Helicotylenchus dihystra*.

## 2.12. Sintomatología

Como consecuencia de la alimentación de *Helicotylenchus spp.*, en las células parenquimatosas del córtex de la raíz, el nematodo produce lesiones pequeñas longitudinales, entre 3 y 10 cm, que generalmente no profundizan al parénquima cortical; son de color castaño rojizo a negro (Araya, 2004). En altas infestaciones, estas lesiones pueden coalescer, causando necrosis extensiva de la raíz en la capa más externa del córtex, y muerte descendente de ésta (Quénéhervé & Cadet, 1985). De igual forma el efecto del ataque de éste, ocasiona reducción en tamaño de la planta, alargando el ciclo vegetativo y reduciendo la vida productiva de los cultivos (Quénéhervé *et al.*, 1995).

## 2.13. Hospedantes

Las especies de *Helicotylenchus* poseen un amplio rango de hospedantes como arroz, sorgo, cacao, papa, caña de azúcar, café, piña, maíz, té, maní, olivo, forestales y algunas arvenses asociadas a dichos cultivos (Goodey *et al.*, 1965; Stoyanov, 1967; Siddiqi, 1972).

Quénéhervé *et al.* (2006) encontraron en cultivos de banano de Martinica, 23 especies de arvenses hospedantes de *Helicotylenchus sp.*, de las cuales se destacan *Amaranthus dubius* y *A. spinosus* (*Amaranthaceae*), *Xanthosoma nigrum* (*Araceae*), *Commelina diffusa* (*Commelinaceae*), *Euphorbia heterophylla* y *Phyllanthus amarus* (*Euphorbiaceae*), *Echinochloa colonna*, *Eleusine indica* y *Setaria barbarata* (*Poaceae*), *Physalis angulata* y *Solanum americanum* (*Solanaceae*) y *Phenax sonneratii* (*Urticaceae*). De estas especies, *A. dubius* y *A. spinosus* con  $888 \pm 1.968$  y  $2.354 \pm 2.415$  nematodos por gramo de suelo, respectivamente, tuvieron una cantidad similar a la encontrada en Musa AAA Cavendish con  $2.700 \pm 4.575$ .

#### **2.14. Diversidad de *Helicotylenchus***

El género *Helicotylenchus* contiene más de 160 especies, siendo uno de los más abundantes del orden *Tylenchida*, al cual pertenece la mayoría de nematodos fitoparásitos. Las especies más comunes a nivel mundial por su amplia distribución geográfica y por el gran número de plantas que parasitan son: *Helicotylenchus multicinctus* (Gowen *et al.*, 2005), *Helicotylenchus dihystra* (Fortuner *et al.*, 1987).

#### **2.15. Distribución de *Helicotylenchus spp.***

El género *Helicotylenchus* se encuentra distribuido en diversos países de todos los continentes como: África (Angola, Camerún, Islas Canarias, Etiopía, Costa de marfil, Madagascar, Nigeria, Sur África, Túnez, Uganda, Zimbabwe), Asia (Bangladesh, India, Israel, Líbano, Malasia, Pakistán, Filipinas), Australia e islas del océano pacífico (Fiji, Hawái, Nueva Gales del Sur, Queensland, Samoa), Sur América (Argentina, Brasil, Colombia, Perú, Surinam, Venezuela), América Central (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Cuba, República Dominicana, Martinica, Jamaica, Trinidad) y

Norte América (Estados Unidos: California y Florida). Siddiqi (1972) y Fortuner et al. (1981), reportan a *H. dihystra* como un nematodo cosmopolita y polífago en todo el mundo.

### **2.16. Supervivencia y medios de diseminación**

Algunas especies como *H. dihystra* puede sobrevivir 6 meses en suelo almacenado a temperaturas variables entre 18-24°C en bodegas y tan bajas como 1.1-1.4°C en refrigeradores, pero a una temperatura del suelo de 24 a 35°C no sobrevive 80 días (Ferris, 1976; Willmontt *et al.* 1975). Otras como *H. multincinctus* puede sobrevivir en suelo sin plantas hospedantes por 4 meses en ambiente de laboratorio. Ésta capacidad le permiten al nematodo parasitar e incrementar sus poblaciones en las raíces secundarias ramificadas y superficiales de diferentes especies de plantas (Siddiqi, 1972).

Los nematodos fácilmente son introducidos en lotes vírgenes por medio de suelo y rizomas, usualmente en plantaciones viejas infestadas. En los sistemas de producción de agricultores con áreas pequeñas de cultivos, la venta y el intercambio del material de siembra es común, y esto contribuye a que la persistencia de los fitonematodos sea un problema (Gowen *et al.*, 2005).

### **2.17. Control químico**

Debido al uso de plaguicidas que tiene efectos negativos al ambiente y a la salud humana se han desarrollado investigaciones sobre el uso de ciertos productos biológicos (Mohamed *et al.*, 2012).

Es importante clasificar los métodos preventivos y de control, los primeros se pueden considerar para reducir infestaciones como son: la desinfección de herramientas, manejo del riego, tener cuidado al transportar plantas, semillas, bulbos, cormos, tubérculos, varetas y en métodos de control cuando las infestaciones ya están presentes como: son la inundación del suelo, manejo del riego, eliminación de residuos de plantas, control de malezas, cultivar en períodos específicos, selección adecuada de métodos de labranza, utilización de productos sintéticos, métodos basado en el uso de calor, enmiendas orgánicas, extractos de

plantas, control biológicos, cada una con características particulares en su aplicación y uso. Indican además dos direcciones en el futuro que deben tomarse en cuenta, primero, mejorar la concepción actual del manejo de plagas, donde se incluyan los nematocidas de origen natural (extractos de planta, control biológicos y uso de metabolitos secundarios) y adaptar los sistemas de cultivo a cada tipo de suelo, tomando en cuenta sus características químicas y biológicas, tomando en cuenta diversos factores como la preservación ambiental (Collange *et al.*, 2011).

El impacto de los nematodos puede estimarse por las estrategias de control empleadas. Sin embargo, en décadas recientes, la utilización de plaguicidas químicos ha sido poco recomendado debido a los problemas severos al ambiente, contaminación de mantos freáticos, toxicidad a las aves y mamíferos, así como la acumulación en alimentos basado en límite máximo de residuos (LMR) (Brand *et al.*, 2010).

## **2.18. Control biológico**

Las BPCV son bacterias de vida libre o asociativa que habitan la rizosfera y pueden estimular el crecimiento de las plantas a través de varios mecanismos como síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, producción de sideróforos y control de fitopatógenos del suelo. Los microorganismos más estudiados pertenecen a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*; algunos de los cuales sobreviven en condiciones de estrés (Loredo, López & Espinosa, 2004).

Como una medida para favorecer la absorción y asimilación de los nutrientes minerales del suelo están las MA que son un grupo de hongos habitantes del suelo que forman simbiosis con las raíces de las plantas (Cruz, *et al.*, 1989; Sieverding, 1991; Smith & Read, 1997; Ulloa & Hanlin, 2001; Rivillas, 1995). Las esporas o hifas de los hongos que forman MA se adhieren a las raíces, después de reconocerse bioquímicamente con la planta, colonizan las células de la corteza radical y luego penetran al interior de algunas de ellas, allí forman una

estructura llamada arbusculo, donde ocurre el mayor intercambio entre los dos simbioses: la planta provee al hongo de fuentes de azúcares y este, a su vez, proporciona minerales a la planta, especialmente fósforo. La importancia de la MA radica en la absorción de nutrientes (Fósforo, Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio y otros elementos), en la resistencia al ataque de patógenos, en el reciclaje de nutrientes, etc. (Guzmán & Rivillas, 2007; Sánchez, 2007). La existencia de hongos nematófagos asociados a cultivos afectados por nematodos son una herramienta de manejo; sin embargo, es fundamental la inactivación de juveniles y adultos de los diferentes géneros para considerar su eficaz parasitismo, de hongos nematófagos como son *Dactillela* sp., *Arthrobotrys* sp., y *Nematoctonus* sp., (Sanchez *et al.*, 2016).

Las BPCV generalmente se encuentran en la zona de influencia de las raíces como la rizosfera, siendo capaces de adherirse a ellas y colonizar la superficie radical como respuesta a los exudados radicales, así como de inducir la germinación de semillas y el desarrollo vegetal (Sánchez, 2007). Muchos de estos procariontes, producen y secretan en su sitio de crecimiento metabolitos estimuladores del crecimiento vegetal (fitohormonas) y ayudan en la fijación o solubilización de elementos del suelo (Nitrógeno o Fósforo) (Kloepper, Mahaffee, McInroy & Backman, 1991; Loredó *et al.*, 2004). En otros casos actúan como competidores o antagonistas de patógenos del suelo, liberando a la planta de los efectos nocivos de estos con mecanismos de antibiosis, competencia o resistencia sistémica inducida (Jaizme & Rodríguez, 2004).

El género *Bacillus* (Ehrenberg) Cohn, pertenece a la familia Bacillaceae, donde actualmente se incluyen más de 60 especies. Los mecanismos de acción de *Bacillus* spp. incluyen competencia por espacio y nutrientes, antibiosis e inducción de resistencia. Además, *Bacillus* tiene un efecto comprobado en la promoción de crecimiento de las plantas. La capacidad de *Bacillus* de formar esporas que sobreviven y permanecen metabólicamente activas bajo condiciones adversas, las hace apropiadas para la formulación de productos viables y estables para el control biológico. *B. subtilis* es uno de los más eficientes agentes de

biocontrol, el cual exhibe actividad antagonista contra varios hongos y bacterias patogénicas. Este antagonismo se ha atribuido a la producción de antibióticos y a la capacidad de colonización en las plantas (Chaves, 2007).

### **III. Hipótesis**

El raquitismo en plantas de zarzamora y un adecuado procedimiento taxonómico permitirá confirmar e identificar especies de nematodos asociados al cultivo de zarzamora.

### **IV. Objetivos**

#### **4.1. Objetivo general**

Identificar las diferentes especies de nematodos fitoparásitos que se encuentran asociados al cultivo de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.), en el valle de Los Reyes, Michoacán, México.

#### **4.2. Objetivos específicos**

-Identificar mediante características morfológicas las especies de nematodos fitoparásitos asociadas con el cultivo de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.).

-Determinar la susceptibilidad de acuerdo a frecuencia de población en las distintas C.V. variedades de zarzamora establecidas en la región: Vanessa, Elvira y Tupy.

### **V. Materiales y métodos**

#### **5.1. Área de estudio**

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola 2019-2020 y 2020-2021, en el mes de febrero respectivamente en el Valle de los Reyes, Michoacán, México (Tabla 7). Se seleccionaron diversos lotes de productores cooperantes donde se muestrearon cultivos de zarzamora, los cuales presentaban registros de problemas con nematodos.

Localidad	Municipio	Georeferencia	Cultivo	Variedad	Altitud
Los Reyes de Salgado	Los Reyes	19°35'00"N 102°28'00"O	Zarzamora	-Vanessa -Elvira -Tupy	1536

Tabla 8. Área de muestreos en zona de Los Reyes.

## 5.2. Recolección de nematodos

Se recolectaron 10 muestras, cada una consistió de 2.5 kilogramos de suelo, las etapas de muestreo en el cultivo se definieron de acuerdo con los estados de desarrollo vegetal (Figura 3) Las muestras se procesaron con los métodos de tamizado de Cobb y Embudo de Baermann, que permiten trabajar con rapidez muestras numerosas de nematodos y son eficientes en la separación de los mismos (Ayoub, 1977; Hooper, 1969).



Figura 3. Recolección de muestras en cultivo de zarzamora.

Las tomas de muestra se tomaron en plantas con raquitismo y plantas donde se observaron un menor número de síntomas característicos del raquitismo por la presencia de fitonematodos. (Imagen 4. A y B).

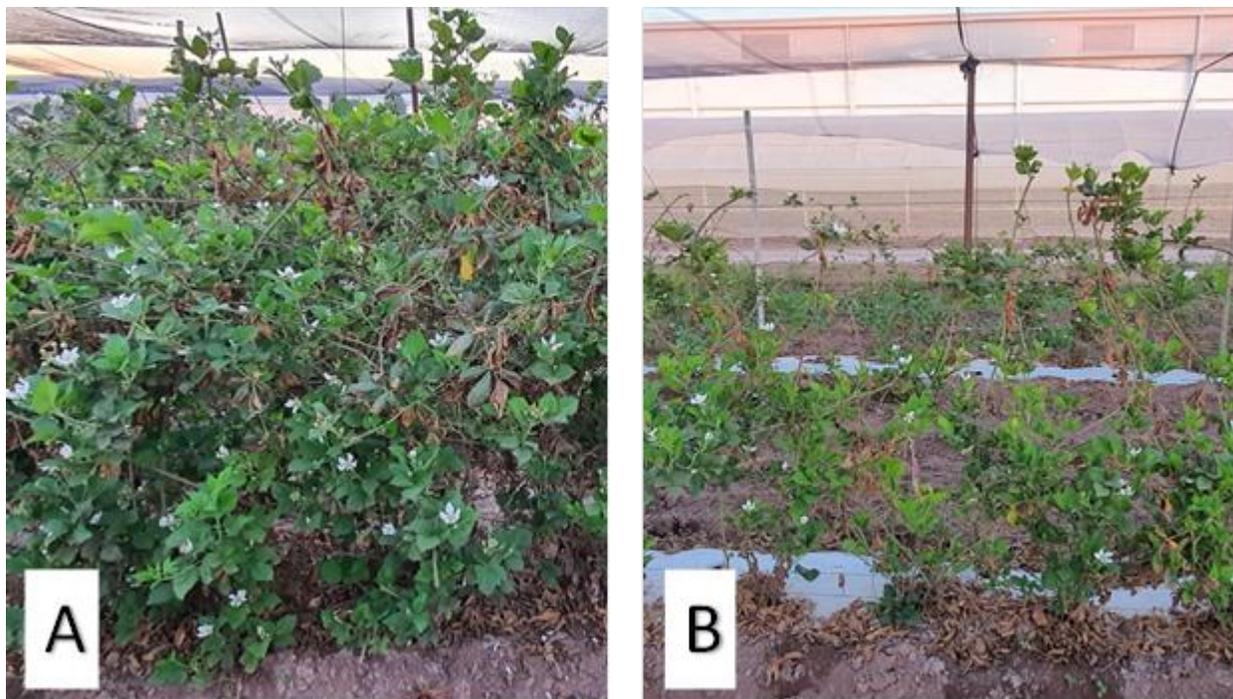


Figura 4. A) Plantas de zarzamora sin raquitismo e inciso B) Plantas con presencia de diferentes síntomas característicos de un raquitismo o presencia de fitonematodos.

Los géneros identificados fueron similares a continuación se indican las características de las especies de nematodos más abundantes de su población a través del tiempo en las dos fechas de muestreo.

### 5.3. Técnica de Tamiz-Centrífuga

Es una técnica que permite trabajar con rapidez más muestras y mayores volúmenes de cada una; además, esta es una técnica con una alta eficiencia en cuanto al número de nematodos recuperados (Ayoub, 1977; Hooper, 1986a).

#### **Material:**

- Tamices de 80, 200, 325, y 500 mallas.
- Probeta de 1 L.

- Dos cubetas.
- Frascos colectores para las muestras tamizadas.
- Piceta.
- Agitadores de vidrio o aluminio.
- Tubos de centrífuga 50 ml.
- Caolín.
- Centrífuga.
- Solución azucarada (460 g/l de agua destilada).

**Procedimiento** (Figura 4. 1-6):

1. Una vez obtenida la muestra de suelo previamente tamizada se coloca en tubos de ensayo de plástico, cada uno con la misma cantidad de suelo más caolín proporción 1:1.
2. A cada tubo con suelo se le agrega aproximadamente 1 g de caolín, se agitan y se centrifugan a 2500 rpm durante 5 minutos.
3. Una vez transcurrido este tiempo, el sobrenadante de cada tubo se descarta y la fracción sedimentada se resuspende en una solución de sacarosa al 46% (densidad 1.18° Baumé), para luego centrifugar a 2500 rpm durante 1 minuto.
4. El sobrenadante se colecta en un tamiz de 500 mallas y se agrega agua inmediatamente para eliminar el exceso de azúcar. Se debe evitar que las muestras permanezcan mucho tiempo en contacto con la solución de sacarosa, ya que los nematodos pueden sufrir daños por plasmólisis.

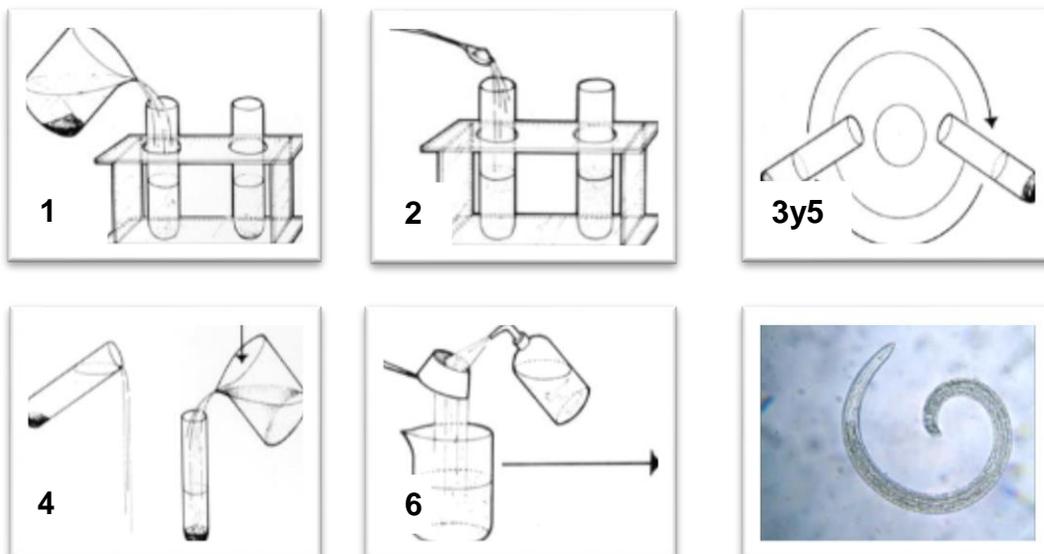


Figura 5. 1. Vaciado de suelo en tubos de ensayo; 2. Caolín. más suelo; 3. Centrifuga 2500 rpm/5 min; 4. Eliminación de sobrenadante y agregado de sacarosa 46%; 5. Centrifuga 2500 rpm/1 min; 6. Obtención de nematodos.

#### 5.4. Técnica Embudo de Baermann

Es un método barato y sencillo, pero de relativa baja eficiencia, ya que sólo pueden trabajarse muestras pequeñas y se obtienen muy bajas cantidades de nematodos de movimiento lento, como por ejemplo los de la Familia *Criconematidae* (*Criconema*, *Criconemella*, *Hemicriconemoides*) y *Longidoridae* (*Xiphinema*, *Longidorus*) (Ayoub, 1977; Hooper, 1986a).

##### **Material:**

- Columna de collman.
- Embudos de Baermann y Tamices de 80, 200, 325 y 500 poros/pulgada<sup>2</sup>
- Manguera para los embudos.
- Mallas de alambre.
- Pañuelos desechables.
- Pinzas de Mohr.
- Vasos de precipitados de 250 y 500 ml de capacidad.
- Muestras de suelo y/o tejido vegetal.

##### **Procedimiento:**

1. Coloque un embudo con su manguera sobre la columna de Collman.
2. Ponga la malla de alambre en la boca del embudo y coloque una pinza Mohr en la parte inferior de la manguera.
3. Coloque un pañuelo kleenex sobre la malla y encima de esta ponga la muestra de suelo (50 g) o de material previamente tamizado.

4. Una vez montado el dispositivo, llene el embudo con agua hasta que el nivel ésta entre en contacto con la muestra. Es necesario eliminar el aire del embudo.
5. Etiquete la muestra y procure mantenerla húmeda durante el tiempo que dure la extracción.
6. Después de 24 horas colecte los nematodos, drenando el agua del fondo de la manguera y observe la muestra en el microscopio estereoscópico.

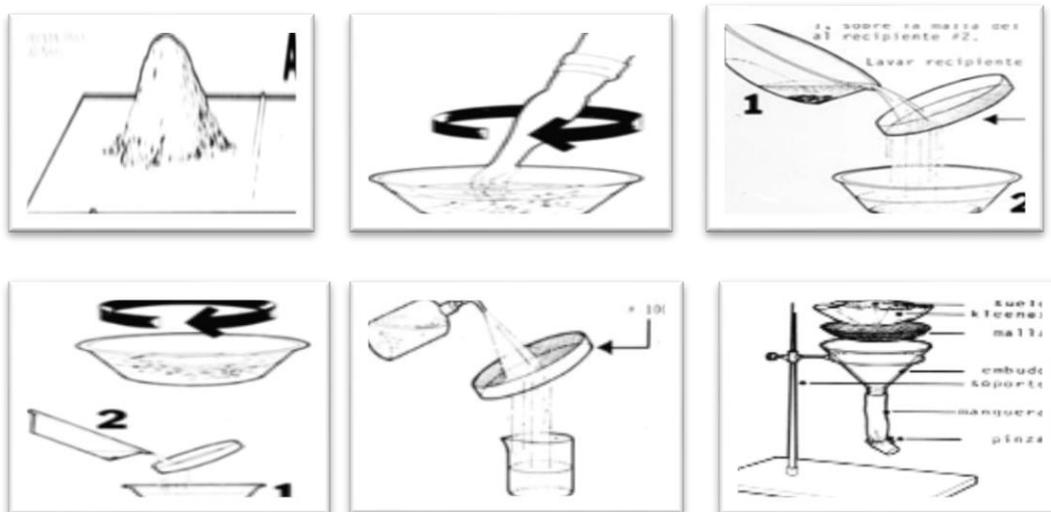


Figura 6. Técnica del Embudo de Baermann. Material y montaje del dispositivo de extracción.

### 5.5. Morfometría e identificación

Las observaciones, fotografías y mediciones de la morfometría de los nematodos se realizaron con un microscopio Nikon Modelo eclipse E200LED MV R, con una cámara digital Lumenera Infinity1 MOD 2000760, adaptada con conector TV Lens 0.55x DS NIKON color, calibrado con la escala Dino-Lite P/N TC20001, Calibration Sample Min. Pitch=0.2mm (Imagen 5A). Además, se utilizaron claves taxonómicas especializadas que a continuación se mencionan:

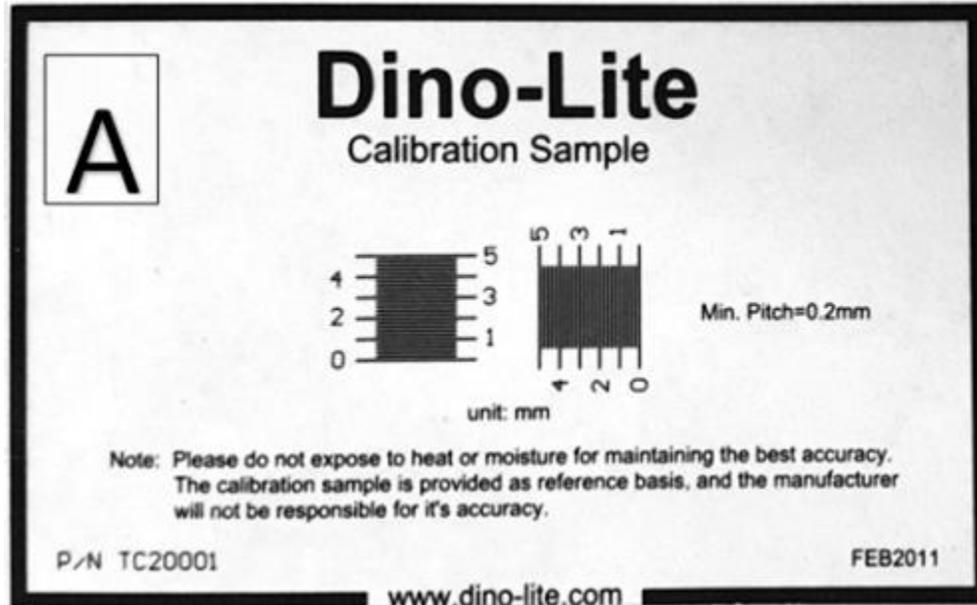


Figura 7. A) Escala de calibración Dino-Lite.

### 5.6. Clave para identificar a los nematodos fitopatógenos considerando su localización y sintomatología en la planta (traducido y modificado de Hooper, 1969).

- 1a. Presencia de nematodos en tallos, hojas, yemas o inflorescencias ..... 2
- 1b. Presencia de nematodos en raíces, bulbos, tubérculos y rizomas ..... 5
- 2a. Presencia de nematodos en las inflorescencias ..... 3
- 2b. Presencia de nematodos en tallos, hojas y yemas ..... 4
- 3a. Con producción de agallas en lugar de semillas. Los nematodos se encuentran dentro de las agallas ..... ***Anguina spp.***
- 3b. Con producción de semillas, aunque la inflorescencia y/o la semilla pueden deformarse. Los nematodos pueden adherirse a, o permanecer dentro de la semilla ..... ***Aphelenchoides besseyi* (arroz), *Ditylenchus angustus* (arroz), *D. dipsaci* (haba, trébol, cebolla, alfalfa).**

- 4a. Tallos, hojas o yemas con agallas que contienen a los nematodos  
.....**Anguina spp., Nothanguina spp.**
- 4b. Tallos, hojas o yemas achaparrados, torcidos y/o hinchados y cloróticos.  
Hojas con necrosis intervenal marcada. Ecto y endoparásitos: **Aphelenchoides  
spp.** Tejido infectado frecuentemente hipertrofiado en la base del tallo.  
Endoparásitos: **Ditylenchus.** Con torcimiento y marchitez de las hojas. Estados  
inmaduros ectoparásitos: **Anguina spp.**
- 4c. En coco o palma aceitera. Tejidos del tallo infectados; en un corte transversal  
generalmente se presenta un anillo rojo característico ..... **Bursaphelenchus  
cocophilus**
- 5a. En raíces..... 6
- 5b. En bulbos, tubérculos o rizomas ..... 17
- 6a. Raíces con agallas o hinchazones ..... 7
- 6b. Raíces sin agallas o hinchamiento..... 9
- 7a. Agallas o hinchazones generalmente en la punta de las raíces. Sin nematodos  
adentro. Síntomas ocasionados por ectoparásitos ..... **Hemicycliophora,  
Longidorus, Xiphinema.**
- 7b. Agallas o hinchazones a lo largo de todas las raíces, las cuales presentan a  
los nematodos adentro, o como una reacción de hipersensibilidad debido a la  
invasión de larvas de *Meloidogyne*, las cuales ya han muerto ..... 8
- 8a. Agallas o hinchazones distribuidas a lo largo del sistema de raíces, con  
nematodos adentro de forma esférica: **Meloidogyne spp.** Agallas a lo largo de la  
raíz, espaciadas entre sí en forma de cuentas de rosario, dentro de las cuales se  
encuentran varios estadios vermiformes del nematodo (juveniles J3, J4  
espiralados, hembras hinchadas de forma irregular -salchicha-): **Nacobbus  
aberrans.**
- 8b. Agallas con tendencia a ser grandes, bien formadas, y hacia la punta de las  
raíces; adultos vermiformes, huevos y larvas en el interior ..... **Ditylenchus  
radicicola**

- 8c. Hinchamientos en o justo antes de la punta de las raíces; presencia de nematodos vermiformes dentro de la raíz ..... ***Pratylenchus spp.***
- 9a. Raíces acortadas y en muñones, sin nematodos adheridos, necrosis evidente .... ***Trichodorus spp.***
- 9b. Raíces con nematodos en su interior o adheridos a ella..... 10
- 10a. Raíces con los nematodos dentro del tejido ..... 11
- 10b. Raíces con nematodos adheridos a ellas, generalmente sólo con la región del cuello embebida en los tejidos de la raíz..... 12
- 11a. Corteza de la raíz con lesiones necróticas extensas, con frecuencia podrida; nematodos dentro del tejido ..... **(*Pratylenchus* y *Radopholus* – en plátano).**
- 11b. Raíces con lesiones más pequeñas ..... ***Hoplolaimidae***
- 12a. Hembras subesféricas a esféricas con cutícula gruesa; en ocasiones presentan un saco de gelatina adherido y son aproximadamente del tamaño de la cabeza de un alfiler. Nematodos con capacidad de formar quistes..... ***Heterodera spp.*, *Globodera spp.* (papa), *Punctodera spp.* (maíz), *Cactodera spp.***
- 12b. Nematodos adheridos a la raíz, vermiformes o saculares; color blanquecino y no forman quiste..... 13
- 13a. Hembras esféricas a subesféricas ..... 14
- 13b. Hembras vermiformes o de forma irregular, alargadas, hinchadas y generalmente con el cuerpo encorvado o enroscado ventralmente ..... 15
- 14a. Hembras pequeñas y esféricas a subesféricas, las cuales permanecen adheridas a la raíz ..... ***Sphaeronema spp.*, *Meloidodera spp.***
- 14b. Hembras pequeñas subesféricas, con su cuerpo dentro de la raíz..... ***Rhizonema***

- 15a. Hembras vermiformes, no hinchadas ..... ***Criconematidae*,  
*Hoplolaimidae***
- 15b. Hembras hinchadas de forma irregular, alargadas y generalmente con el cuerpo encorvado o enroscado ventralmente..... 16
- 16a. Hembras saculares, en forma de riñón, con un saco de gelatina generalmente presente ..... ***Rotylenchulus* spp. (zonas tropicales y subtropicales).**
- 16b. Hembras de forma sacular, irregular, con cuerpo encorvado ventralmente y poro excretor cercano a la vulva. Hembras y huevos por lo general cubiertos por una matriz gelatinosa a la cual se adhieren las partículas de suelo ("raíces sucias" en cítricos) ..... ***Tylenchulus* spp.**
- 16c. Hembras pequeñas, más o menos hinchadas y en forma de "C" . ***Gracilacus* y *Paratylenchus* spp.**
- 17a. En bulbos, las escamas presentan lesiones pardas las cuales en un corte transversal se observa que forman un anillo de color amarillo ..... ***D. dipsaci*,  
*D. destructor*, *Aphelenchoides subtenuis***
- 17b. En tubérculos o rizomas ..... 18
- 18a. En tubérculos (papa y dalia), con áreas granulosas ("harinosas") de color café debajo de una corteza áspera o cuarteada, infestadas con nematodos vermiformes..... ***D. destructor***
- 18b. En tubérculos o rizomas (papa, camote, yuca y dioscóreas), con áreas rugosas, mismas que presentan gran cantidad de hinchamientos a nivel de la superficie; en dichos hinchamientos se encuentran hembras saculares de forma esférica: ..... ***Meloidogyne* spp.**
- 18c. En tubérculos o rizomas (especialmente dioscóreas), con áreas necróticas que contienen a los nematodos ..... ***Hoplolaimidae* (especialmente *Scutellonema bradys*), posiblemente *Pratylenchidae* (*Pratylenchus* spp.).**

## VI. Resultados y discusión

De las muestras obtenidas en el muestreo preliminar tomadas en la localidad de Los Reyes Michoacán, se obtuvieron los siguientes géneros de nematodos fitopatógenos: *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Tylenchus*; se observó que cierta profundidad la población disminuyó hasta obtener ningún espécimen localizándose la mayor concentración de nematodos en las muestras tomadas de 20 y 35cm.

En el primer muestreo la presencia de *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* fueron con una frecuencia del 70% y 30% en las variedades C.V., Vanessa y Elviras en grado de susceptibilidad respectivamente, al igual que sus poblaciones en suelo y raíces comparado con los demás géneros de fitonematodos antes mencionados, demuestran cómo dicho nematodo en el cultivo de zarzamora, tiene mayor actitud biológica para sobrevivir así como mejores oportunidades de alimentación en comparación con otros fitonematodos habitantes del suelo. Características relacionadas con su hábito alimenticio de ectoparásito, semi-endoparásito o endoparásito de raíces (LUC et al., 2005). (Tabla 8).

En el segundo muestreo de la variedad C.V. Tupy, preliminar los géneros identificados fueron: *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Mesocriconema*; con una frecuencia del 50%, 30%, 15% y 5% respectivamente, el comportamiento de las poblaciones fue semejante a las observaciones en el primer muestreo a diferencia de la obtención de un género de la familia *Criconeematidae*. Estos resultados indicaron que la mayor cantidad de nematodos se localiza en los primeros 35 cm lo cual concuerda con (Loddo Vega, et al., 2017); el mismo autor indica que a nivel mundial *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* son dos de los géneros de mayor dispersión en el cultivo de caña de azúcar. Las poblaciones más elevadas correspondieron al género *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* mientras que los géneros *Tylenchus* y *Mesocriconema* alcanzaron niveles bajos, estando ausentes en alguna de las fechas de muestreo. Es importante señalar que los nematodos presentan diferente importancia económica como el caso de *Pratylenchus*, *Tylenchus* tienen hábitos micófagos que pueden

destruir a las micorrizas y predisponer a las plantas al ataque de otros patógenos (Rhuele, 1973, Dropkin, 1980, Castillo y Vovlas, 2008).

### **6.1. *Helicotylenchus* spp.**

En zarzamora *Helicotylenchus* spp., tiene al menos los hábitos alimenticios de ectoparásito y semi endoparásito por haberse encontrado en raíces y suelo. Igualmente, producto del parasitismo, en la epidermis de la raíces produce lesiones pequeñas circulares de color café oscuro trance necróticas.

Hay que resaltar que *Helicotylenchus* spp., es un nematodo fitoparásito polífago y cosmopolita en áreas tropicales y subtropicales, corroborando sus características biológicas para sobrevivir y su potencial como nematodos fitoparásitos en los cultivos como plátano, banano, arroz, maíz, etc. Según (WILLMONT *et al.*, 1975), *H. dihyseria* puede sobrevivir 6 meses en suelo almacenado en sacos de plástico a temperaturas tan altas como 18 a 24 °C en bodegas y tan bajas como 1.1 a 4.4 °C en refrigeradores. Esta capacidad de sobrevivir en el suelo a diferentes temperaturas y por varios meses, permiten al demás todo para citar a incrementar sus poblaciones en las raíces secundarias a unificadas y superficiales de la zarzamora (SIDDIQI, 2000; LUC *et al.*, 2005).

En los sitios de muestreo, se evidenció como la población total de *Helicotylenchus*, presentó poblaciones superiores a los 1500 individuos en 100 g de raíz y suelo entre 4000 y 6000 siendo variable en número de individuos de las diferentes variedades de zarzamora (Tabla 8).

Se obtuvo una relación sin resultados significativos en los 3 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de zarzamora. En el caso del análisis de suelo las poblaciones de fitoparásitos y sus características de diagnóstico es decir; potencial de hidrogeno (p.H.), conductividad eléctrica (C.E.) y materia orgánica (M.O.), no existió diferencia significativa para ninguna de estas variables.

Estos Resultados indican que los nematodos fitoparásitos son capaces de adaptarse a un amplio rango de condiciones físicas y químicas del suelo como a

continuación se mencionan las variedades de muestreo de acuerdo al orden de susceptibilidad.

VARIEDAD	GENEROS	FRECUENCIA J2 SUELO (%)	FRECUENCIA J2 EN RAICES (%)
VANESSAS	<i>Helicotylenchus</i> sp.	6000	1500
	<i>Pratylenchus</i> sp.	2500	640
ELVIRA	<i>Helicotylenchus</i> sp.	4000	600
	<i>Pratylenchus</i> sp.	1700	260
TUPY	<i>Helicotylenchus</i> sp.	250	80
	<i>Pratylenchus</i> sp.	150	48
	<i>Meloidogyne</i> sp.	75	24
	<i>Mesocriconema</i> sp.	25	8

Tabla 9. Muestreo preliminar y segundo muestreo en Los Reyes, Michoacán.

Debido a la importancia que está adquiriendo *Helicotylenchus*, en el área de estudio, se realizó identificación de la especie, para lo cual se recurrió a caracteres morfológicos y morfo-métricos, utilizando las claves taxonómicas de las poblaciones más frecuentes fue *Helicotylenchus* spp., (Figura 6 y 7) y *Pratylenchus* spp., (Figura 9), asociadas a los cultivos de zarzamora que fueron

colectadas, en el área de estudio, se realizó identificación de la especie, para lo cual se recurrió a caracteres morfológicos y morfo-métricos utilizando las claves taxonómicas de (Willmontt *et al.*, 1975), Fortuner (1987); Mai et al, (1996) y Siddiqi (2000). Las características morfológicas de las hembras fueron el cuerpo en espiral, estomato-estilete bien desarrollado, esófago dividido en tres partes con meta-corpus valvulado, desembocadura de glándula dorso esofágica en pre-corpus, traslape dorsal del esófago con el intestino, región labial hemisférica, cola dorsalmente convexa-conoide con terminación estrecha y leve proyección, las cuales permitieron junto con la descripción morfo-métrica de la hembra, identificar la especie *Helicotylenchus dyhysteria* (Figura 7). Esta especie también fue registrada en el cultivo caña de azúcar donde originalmente es hospedero descrito por (Damaris *et al.*, 2011).

<b>DESCRIPCIÓN DE HEMBRAS DE <i>Helicotylenchus dyhysteria</i></b>	<b>Longitud (µm)</b>
<b>Longitud total del cuerpo</b>	<b>668</b>
<b>Longitud total del cuerpo dividido en el máximo ancho del cuerpo</b>	<b>22</b>
<b>Longitud total del cuerpo dividido longitud del esófago</b>	<b>4.85</b>
<b>Longitud de la cola dividido ancho del cuerpo en la región anal</b>	<b>0.96</b>
<b>Posición de la vulva desde la parte anterior expresada como porcentaje de la longitud del cuerpo (=V)</b>	<b>65</b>
<b>Longitud estilete (Es) (Figura 6 D)</b>	<b>27</b>
<b>Distancia del poro excretor desde la parte anterior del cuerpo de nematodo (Pe) (Figura 6 A)</b>	<b>107</b>

Longitud de la porción y hialina en la región posterior del cuerpo. (Figura 6 B y C)	8.79
--	------

Tabla 10. Descripción de las características morfométricas de hembras de *Helicoylenchus dihysteria*, extraídas del suelo y raíces de zarzamora.

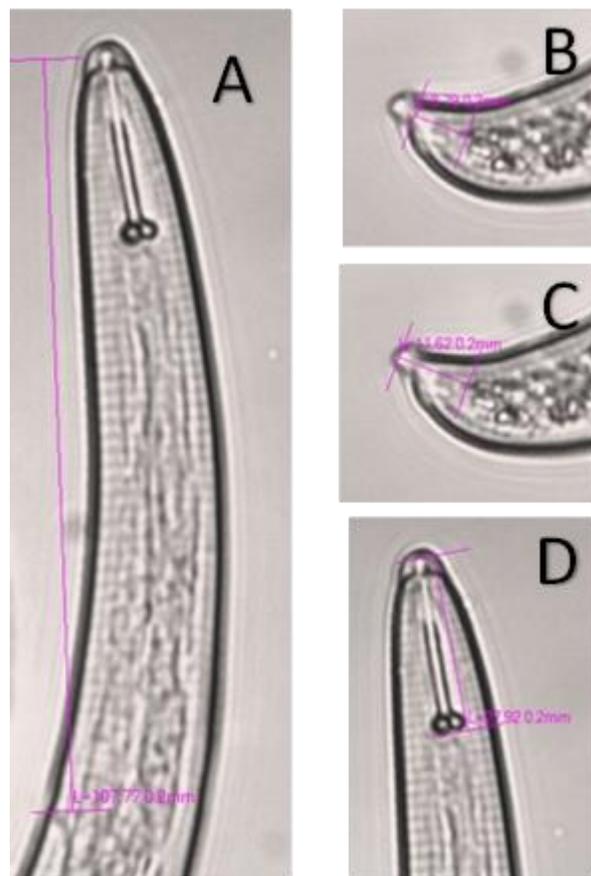


Figura 8. Longitud en  $\mu\text{m}$ . A) Distancia del poro excretor (Pe), desde la región anterior, B) Longitud de la porción hialina de la cola hasta antes del término de la misma, C) Longitud de la porción hialina de la cola hasta el término de la cutícula e inciso D) Longitud del estilete (Es) desde la punta del cono hasta la base de los nódulos del estilete.

## 6.2. Descripción *Helicotylenchus* spp.

Cuerpo generalmente en forma de espiral cuando se fija. Cutícula fuertemente estriada con anillos de 1.5 a 2.0 $\mu$ . Región labial continúa con el cuerpo y semiesférica o conoide con cuatro a seis anillos y la zona esclerotizada moderadamente desarrollada. En vista apical no se observan labios individualizados y sólo las aberturas anfidiales. Canal de la glándula dorsal largo, típico del género, redondeada o puntiaguda, con una prolongación ventral anillada y relativamente larga, lado ventral de la cola con seis a 19 anillos. Estilete moderado con los nódulos basales redondeados., planos o cóncavos. Lóbulo de la glándula esofágica superponiéndose ventralmente el intestino. Campo lateral con cuatro líneas o incisiones que pueden estar aeroladas en la región anterior crenadas y aeroladas posteriormente, separadas a todo lo largo del cuerpo hasta la cola. Oro excretor si todo cerca de la unión entre el esófago y el intestino. Espermáticas bien desarrolladas, pero sin espermatozoides. Ovarios rectos, con una fila de oocitos. Cola curvada dorsal, redondeada o puntiaguda, con una prolongación ventral anillada y relativamente larga, lado ventral de la cola con seis a 19 anillos.

Medidas: (Diferentes autores)

L=431-820 $\mu$  a= 18-34, b= 3.8-8.2; c= 24-52; c'= 0.9-1.5; V=59-70; estilete= 17-30 $\mu$ ; DEGO =8.0-16.0 $\mu$ ; poro excretor= 89-135 $\mu$ .

Diagnosís:

La especie se caracteriza por la presencia de espermática desarrolladas pero sin espermatozoides, en la apéndice caudal variable pero anillado, la ausencia de machos y el estilete largo.

Distribución: Cosmopolita.

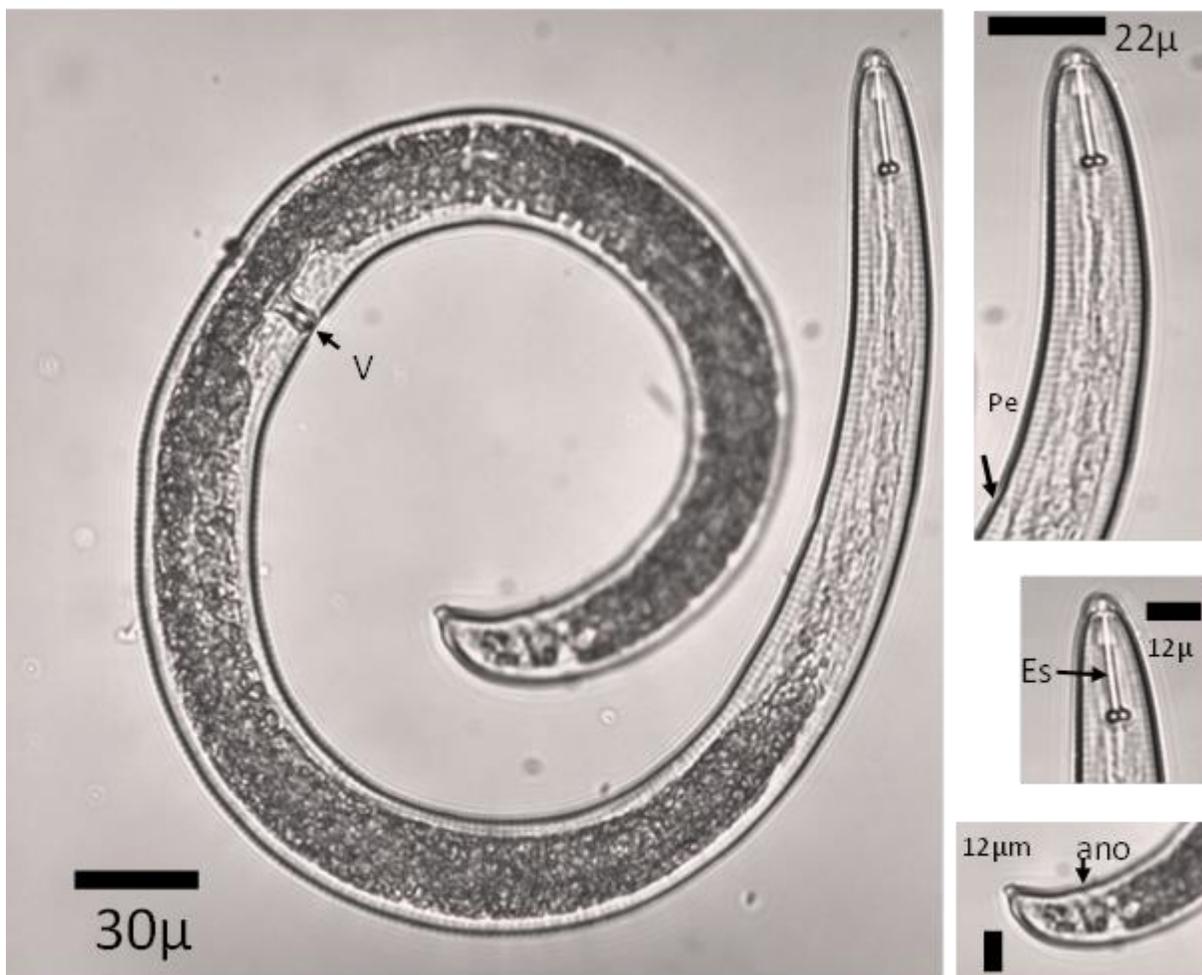


Figura 9. Espécimen de *Helicotylenchus dihystra* colectado en la zona de estudio.

### 6.3. Descripción *Pratylenchus* spp.

♀♀: Región labial separada del cuerpo, con dos anillos bien definidos angulados en el margen anterior externo; región apical no dividida, es decir con labios medianos y laterales unidos, las seis papilas labiales situadas alrededor de la abertura bucal, que es ovalada, y las dos grandes aberturas anfidiales laterales. Zona esclerotizada de los labios bien marcada. Campo lateral con 4 incisuras o líneas en la mitad del cuerpo, aunque puede haber 5 o 6 a nivel de la vulva y terminan solo dos a nivel de la cola. Estilete fuerte, robusto con los nódulos basales redondeados y fuertes. Poro excretor a la altura de la unión del esófago con las glándulas esofágicas, las que se superponen al intestino ventral y

lateralmente. Gónadas extendidas, ocasionalmente flexionadas y en ocasiones llegando hasta los lóbulos de la glándula esofágica. Vulva al 82-89 % de la longitud corporal; saco uterino postvulvar menor que el ancho del cuerpo a su altura, 10-30  $\mu$  de longitud. Espermateca inconspicua. Cola en forma de cono amplio, lisa, con la punta redondeada, espatulada o truncada, con 13-24 anillos ventrales; Fasmidios cerca de la mitad de la cola.

♂♂: Muy raros, similares a la hembra. Fasmidios ligeramente posteriores a la mitad de la cola y no prolongándose hasta el ala caudal que es muy delicada y poco conspicua. Espículas arqueadas, gubernáculo simple.

Medidas: (Diferentes autores)

♀♀: L = 390 - 750  $\mu$ ; **a** = 15 – 29; **b** = 3.4 – 10.0; **c** = 13 – 28; **c'** = 1.7 – 2.2; V = 82 – 89; estilete = 17 – 22.

♂♂: L = 460 – 560  $\mu$ ; **a** = 27 – 29; **b** = 6.0; **c** = 21; estilete = 19  $\mu$ .

Diagnosis:

La especie se caracteriza por estar en una lista de CUARENTENA dentro de su importancia económica lo cual se debe considerar todo material vegetal que tenga movimiento de una zona a otra y reducir la introducción de nuevas plagas, su región labial que tiene 2 anillos angulados en el borde externo-anterior (figura 7 A), el estilete es robusto con los nódulos basales fuertes y redondeados, la vulva al 72-89 % del cuerpo, saco uterino posterior más corto que el ancho del cuerpo a nivel de la vulva, espermateca inconspicua, cola en cono amplio, lisa y terminando.



Figura 10. A) Especimen de hembra de *Pratylenchus brachyurus*, B) Imagen del estomatoestilete, región labial evidente e incisivo C) Variación en su cola colectado en la zona de estudio.

De las poblaciones menos frecuentes fueron *Meloidogyne* spp., (Figura 8 A), *Tylenchus* spp., (Figura 10) y un espécimen de la familia *Criconematidae*, la cual se hizo la descripción e identificación del género *Mesocriconema* spp, (Figura 11), asociadas al cultivo de zarzamora.

Se realizó identificación de la especie, para lo cual se recurrió a caracteres morfológicos y morfo-métricos utilizando las claves taxonómicas de (Willmontt *et al.*, 1975), Fortuner (1987); Mai *et al.*, (1996) y Siddiqi (2000).

#### 6.4. Descripción *Meloidogyne* spp.

**Hembra:** Cuerpo color marrón, en forma de pera alargada, con un cuello largo. Región labial ligeramente separadas variable en su forma y terminando en un capuchón labial generalmente formado por un solo anillo plano. Zona

esclerotizado presente pero poco desarrollada. Estilete pequeño pero fuerte, con una ligera curvatura dorsal y los nódulos redondos. Canal esofágico marcado con paredes fuertes que se afinan en el bulbo medio, el tejido esofágico anterior al bulbo medio presenta una constricción es una unión con el bulbo que es muy desarrollado y generalmente esférico. Campo lateral ausente. Cutícula estriada. Por excretor visible y generalmente situado en el anillo 13 a partir de la cabeza y con el conducto exterior visible a considerable distancia posteriormente. Patrón perineal caracterizado por un arco bajo, en la parte dorsal liso o ligeramente ondulado, en la región de la punta de la cola es amplia, atravesada por estrías formando círculos concéntricos formando un patrón apical distintivo, las estrellas están muy cercanas y son muy finas.

**Machos:** Cuerpo alargado, vermiforme adelgazando se ligeramente en los extremos, sobre todo en el anterior. Cabeza claramente separada del cuerpo, en forma de cúpula con un gran anillo postlabial no segmentado. Anillos curriculares bien visibles y anchos, de 3.0 a 4.6 micras. Campo lateral a todo lo largo del cuerpo con cuatro líneas, comenzando con dos aeroladas, de manera que las dos bandas externas están aeroladas, a veces hay una tercera banda aerolada. Estilete fuerte, con los nódulos basales ovoides. Bulbo medio pequeño, alargado. Glándula dorsal con un lóbulo largo y delgado superponiéndose al intestino lateralmente. Ponle excretor bien visible. Testículo flexionado en su extremo anterior. Espículas ligeramente arqueadas ventralmente y gobernáculo simple, bien definido. Fasmidios a la altura de la cloaca. Cola corta redondeada.

**Larvas/ juveniles:** cuerpo pequeño y agusado en ambos extremos, en especial posteriormente. Región labial ligeramente separada del cuerpo, constituida por el disco labial y un anillo postlabial. Campo lateral con cuatro líneas, aeroladas solo las dos exteriores, aunque en algunos casos esto también ocurre en la banda central. Estilete bien desarrollado. Bulbo medio ovoide glándulas esofágicas bien desarrolladas. Cola con una zona hialina corta, con la punta redondeada.

**Medidas:** (Diferentes autores)

♀♀ L = 430 – 740  $\mu$ ; A máximo = 344 – 518  $\mu$ ; **a** = 1.1 – 1.8; **b** = 3.8 – 5.0; estilete = 11.0 – 12.5  $\mu$ ; DEGO = 3.4 – 5.5  $\mu$ ; distancia al bulbo medio = 52 – 80  $\mu$ ; poro excretor = 10 – 27  $\mu$ ; abertura vulvar = 19 – 32  $\mu$ ; distancia vulva-ano = 13 – 22  $\mu$ .

♂♂: L = 887 – 1268  $\mu$ ; **a** = 28 – 46; **b** = 5.6 – 9.0; **c** = 140 – 226; estilete = 18 – 19  $\mu$ ; DEGO = 2.2 – 3.4  $\mu$ ; distancia al bulbo medio = 61 -77  $\mu$ ; espículas = 26 – 29; gubernáculo = 6.5 – 8.2  $\mu$ ; cola = 4.7 – 9.0  $\mu$ .

LARVA 2: L = 336 – 417  $\mu$ ; **a** = 24.5 – 29.8; **b** = 3.3 – 3.8; **c** = 7.9 – 9.6; estilete = 9.0 – 10.3  $\mu$ ; DEGO = 2.6 – 3.9  $\mu$ ; distancia al bulbo medio = 43 – 56  $\mu$ ; cola = 39 – 47  $\mu$ ; zona hialina terminal = 8.6 – 13.8  $\mu$ .

HUEVOS: L = 79 – 92  $\mu$ ; A = 40 – 46  $\mu$ .

### Diagnosis:

La especie es cercana a *Meloidogyne* spp., 1949 de la que se diferencia por el patrón perineal, la forma de la región hialina en las larvas, con la punta redondeada y especialmente por la presencia de las pequeñas vesículas en la región anterior del bulbo medio. Los machos pertenecen al grupo 2 de Jepson (1983) caracterizados por la región labial no separada del cuerpo, redondeada y el estilete < 19  $\mu$ .



Figura 11. Especimen de *Meloidogyne* spp., colectado en la zona de estudio.

### 6.5. Descripción *Tylenchus* spp.

**Hembra:** Cuerpo generalmente en forma de espiral cuando se fija. Cutícula fuertemente estriada con anillos de 1.5-2.0  $\mu$ . Región labial continua con el cuerpo y semiesférica o conoide, con cuatro a seis anillos y la zona esclerotizada moderadamente desarrollada. En vista apical no se observan labios individualizados y solo las aberturas anfidiales. Canal de la glándula dorsal largo, típico del género. Estilete moderado con los nódulos basales redondeados, planos o cóncavos. Lóbulo de la glándula esofágica superponiéndose ventralmente al intestino. Campo lateral con cuatro líneas o incisiones que pueden estar aeroladas en la región anterior y crenadas y aeroladas posteriormente, separadas a todo lo largo del cuerpo hasta la cola. Poro excretor situado cerca de la unión entre el esófago y el intestino. Espermateca bien desarrolladas, pero sin espermatozoides. Ovarios rectos, con una fila de oocitos. Fasmidios situados desde 2 anillos posteriores al ano hasta 14 anteriores. Cola curvada dorsal, redondeada o puntiaguda, con una prolongación ventral anillada y relativamente larga, lado ventral de la cola con 6 a 19 anillos.

**Machos:** desconocidos.

**Medidas:** (diferentes autores).

♀♀: L = 431 – 820  $\mu$ ; a = 18 – 34; b = 3.8 – 8.2; c = 24 – 52; c' = 0.9 – 1.5; V = 59 – 70; estilete = 17 – 30  $\mu$ ; DEGO = 8.0 - 16.0  $\mu$ ; poro excretor = 89 – 135  $\mu$ .

**Diagnosis:** La especie se caracteriza por la presencia de espermateca desarrolladas, pero sin espermatozoides, el apéndice caudal variable pero anillado, la ausencia de machos y el estilete largo.

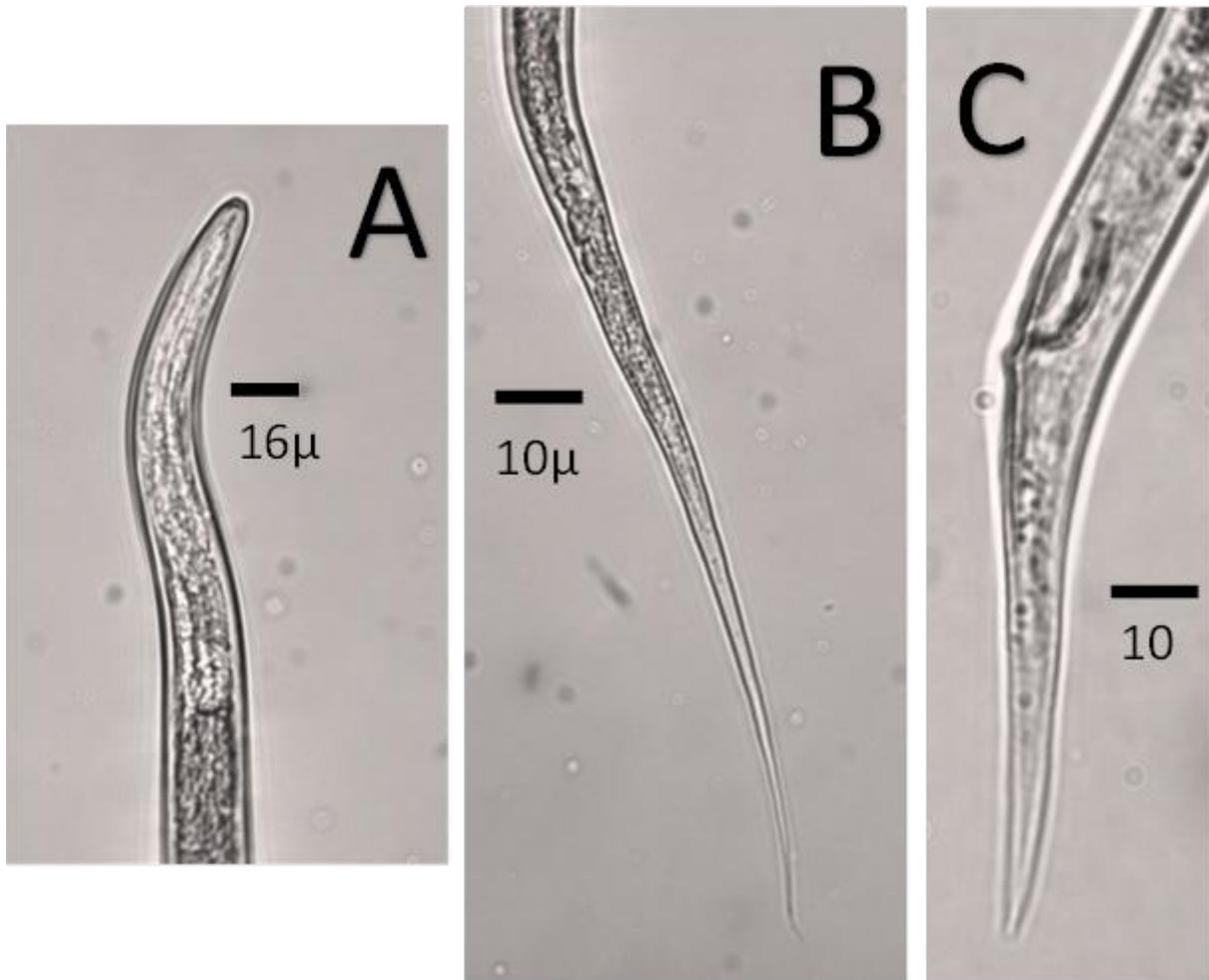


Figura 12. A) Espécimen de *Tylenchus* spp. A) Región esofágica del macho, B) Termino de cola e inciso C) Región de la espícula, colectado en la zona de estudio.

### 6.6. Descripción *Mesocriconema* spp.

Estos nematodos presentan una cutícula gruesa, todo el cuerpo intensamente anillado, con una longitud promedio del cuerpo de 402.292  $\mu\text{m}$  y mostrando un estilete grande y fuerte, con nódulos basales dirigidos hacia la parte anterior, con una longitud de 74.248  $\mu\text{m}$ . Son robusto y ligeramente pequeños, su cuerpo es muy estriado, la parte anterior de cuerpo es redondeada y la posterior cónica. Estas dimensiones se encuentran dentro del rango que señala Perry y Moens (2013), quienes especifican que tanto machos como hembras tienen una longitud entre 200 a 1000  $\mu\text{m}$ . De acuerdo a la longitud del estilete Tihohod (2000), menciona que puede variar de 59 a 65  $\mu\text{m}$ . Son considerados ectoparásitos migradores perjudiciales en diferentes especies vegetales de importancia

económica. Están ampliamente distribuidos en diferentes partes del mundo, afectando, varias especies de frutales, dentro los cuales, principalmente está el duraznero, ameixa, damasquero, y ceresera; pomelo, vid, manzana, y, más recientemente, pequeñas frutas como la amora y el mirtilo (Santo y Bolander, 1977; Whitehead, 1998; Jagdale, *et al.*, 2013; peraza-Padilla, 2014).

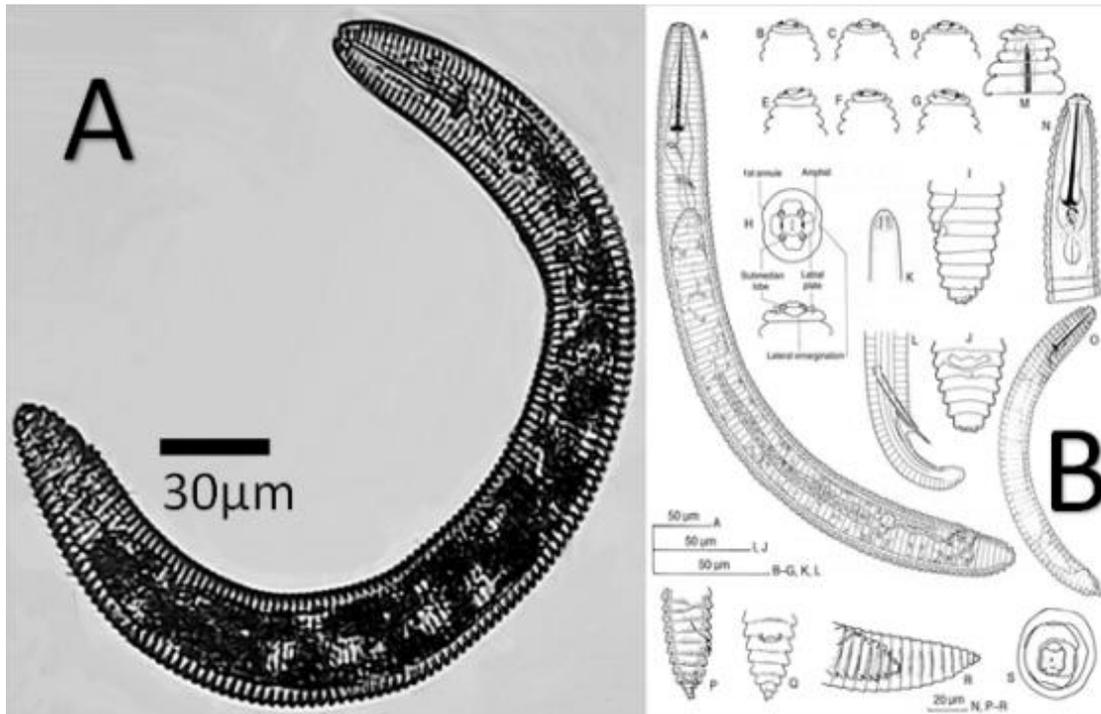


Figura 13. A Espécimen de *Mesocriconema* spp., colectado en la zona de estudio.

A pesar de la frecuencia y población de los anteriores géneros, es muy importante continuar el monitoreo de dicho nematodo parásitos para reducir sus poblaciones y pueden llegar a causar daño fitonematodo en el cultivo de zarzamora ya que por ejemplo *Pratylenchus* spp., es un nemátodo cosmopolita con un amplio rango hospedantes (Castillo y Vovlas, 2008).

## VII. Conclusiones

Los géneros de nematodos fitoparásitos identificados fueron *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Mesocriconema* y *Pratylenchus*, siendo *Helicotylenchus dihystera* la especie más frecuente y abundante en las muestras analizadas, seguido por *H. multincinctus*. Cabe señalar que estas especies de nematodos fitoparásitos son endémicas del cultivo de la caña, dicho cultivo anteriormente se encontraba establecido en los suelos en los que hoy se explota el cultivo de la zarzamora, lo que confirma que una vez que se dejó de explotar el cultivo de la caña, las especies del Nematodo *Helicotylenchus* pasaron a ser hospederos del cultivo de zarzamora. Con respecto al espécimen del género *Pratylenchus brachyurus* hay que hacer mención, de que es un género con restricción cuarentenaria, es decir se debe tener medidas preventivas en el movimiento de vegetales o plántulas de una región a otra como es el caso para Sinaloa, como es el establecimiento de nuevos cultivos como son: los berries de la familia de las Rosáceas, ya que tanto planta de zarzamora como suelos son traídos del estado de Michoacán, específicamente de la zona de Los Reyes, lo cual es probable, en un futuro encontrar a este nematodo en Sinaloa, parasitando el cultivo en estudio.

### VIII. Literatura citada

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, New York.
- Araya, M. 2004. Los fitonematodos del banano (*Musa* AAA Subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery y Williams) su parasitismo y combate. 84-105 p.
- Ayoub, S. M. 1977 y 1980. Plant Nematology an Agricultural Training Aid. NemaAid Publication. State of California Department of Food and Agriculture, Sacramento, USA, 157 y 195 p.
- Ayoub, S.M. 1980. Plant Nematology. An agricultural training aid. NemaAid Publication, Sacramento, CA.
- Blake, C.D. 1966. The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12, 129–137.
- Bongers, T; Ferris, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution* 14(6):224-228.
- Borrer, D. J. 1960. Dictionary of word roots y combining forms. Mayfi eld Publishing Company, 1280 Villa Street, Mountain View, California. Original copyright 1960. Copyright renewed 1988 by Arthur C. Borrer. Nombres de nematodes compilados por S. A. Lewis.
- Brand D, Soccol CR, Sabu A and Roussos S. 2010. Production of fungal biological control agents through solid state fermentation: a case study on *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematodes. *Micología Aplicada Internacional* 22:31-48.
- Calderón, Z. G. 2006. Producción forzada de zarzamora en México. Simposio Nacional, Encuentro sobre pequeñas frutas y nativas. México. 2-6 pp.
- Castaño, O. & Salazar, H. 1987. Reconocimiento de problemas fitosanitarios de la pitahaya en Colombia. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Castillo, P. & Vovlas, N. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: *Pratylenchidae*): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill leiden, Boston.
- Castillo, P. and Vovlas, N. 2008. *Pratylenchus* (Nematoda, *Pratylenchidae*): diagnosis, biology, pathogenicity and management. *Nematology Monographs and Perspectives*. Brill Academic Publishers. 529 p.

- CHAVES, A.; MELO, L. J. O. T.; SIMÕES NETO, D. E.; COSTA, I. G.; PEDROSA, E. M. R. Declínio severo do desenvolvimento da cana-de-açúcar em tabuleiros costeiros do estado de Pernambuco. *Nematologia Brasileira*, v.31, n.2, p.93-95, 2007.
- Chávez, B.A., Alonso, O.C., & Garcia, S. P. (2012). Proteómica de la maduración de frutos de zarzamora (*Rubus* sp.), cultivados en México, una primera aproximación. *Ra Himhai*, 8(3), 143-157.
- Clark, J. (2006). World production and perspectives. Encuentro sobre pequeñas frutas y frutas nativas del Mercosur, (págs. 11-16).
- Cobb, N. A. 1893. Banana disease in Fiji. *Bull. Misc. Info.*, Royal Gardens, Kew (London). pp. 48-49.
- Collange B, Navarrete M, Peyre G, Mateille T and Tchamitchian M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: the challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection* 30 1251-1262.
- Cruz, J. C., Sánchez, M. & Sieverding, E. (1989). Estudio de la simbiosis micorriza vesículo-arbuscular en el cultivo del café *Coffea arabica* Var. Caturra. *Fitopatología Colombiana*, 13(2), 56-64.
- Decraemer, W., & Geraert, E. 2006. Ectoparasitic nematodes. En: Perry, R., Y Moens, M. *Plant Nematology*. London: CAB International. (pp: 153-184). CAB, International, U.K.
- Dropkin, V. H. 1980. *Introduction to plant nematology*. Wiley, J. and Sons Inc. New York. 293 p.
- DUNCAN, L. & MOENS, M., 2006.- Migratory endoparasitic nematodes. 2006. pp. 123-152. In: PERRY, R. N., MOENS, M. *Plant Nematology*, eds. CABI, Wallingford, UK.
- Fernández, G. E. Manejo de fitonemátodos en la agricultura cubana. *Fitosanidad* [Internet]. 2007; 11(3). Disponible en: <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/193>.
- Ferris, H., McKenry, M.V. & McKinney, E.H. 1976. Spatial distribution of nematodes in peach orchards. *Plant Dis. Rep.* 60: 18-22.

- Fortuner, R., Merny G., & Roux, C. 1981. Morphometrical variability in: 3 Observations on *Helicotylenchus* Steiner, 1945. African populations of *Helicotylenchus dihystra* and- considerations on related species. *Revue Nématol.* 4 (2): 235-260.
- Fortuner, R., Geraert, E., Luc, M., Maggenti, A. R. & Rask, D. J. 1987. A reappraisal of *Tylenchina* (Nemata). 8. The family *Hoplolaimidae* Filip'ev, 1934. *Revue Nématol.* 10 (2): 219-232.
- Godfrey, G. H. 1929. A destructive root disease of pineapple and other plants due to *Tylenchus brachyurus*. *Phytopathology* 19:611-629.
- Golden, A.M. 1956. Taxonomy of the spiral nematode (*Rotylenchus* and *Helycotylenchus*), and the developmental stages and host-parasite relationship of *R. buxophilus*, n, sp., attacking boxwood. *Maryland Agric. Exp. Sta. Bull.* A85. 28p.
- GOODEY J. B., FRANKLIN M. T. and HOOPER D. J., 1965: The T. Goodey's Nematode Parasites of Plants Catalogued under their Host. *Comm. Agrie. Bur.* Farnham Royal Bucks, England: 214 pp
- Gowen, S. 2000. Spiral nematode. In Jone, D. ed. 2000. *Diseases of banana, Abacá and Enset.* Wallingford, UK, CABI Publishing. 306-307 p.
- Gowen, S., Queneherve, P. & Fogain, R. 2005. Chapter 16: Nematodes parasites of bananas and plantains. En Luc, M., Sikora, J., y J. Bridge (eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (pp. 611-643). CABI publishing.
- Guzmán-Piedrahita, O.A. & Castaño-Zapata. J. 2004. Reconocimiento de nematodos fi topatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*), África, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, Municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* 28(107):295-301.
- Guzmán-Piedrahita, O., Castaño-Zapata, J. & Villegas-Estrada, B. 2009. Diagnóstico de enfermedades de plantas de origen biótico. *Agronomía.* 17(2):7-24.

- Guzmán-Piedrahita, O.A. & Castaño-Zapata, J. 2010. Identificación de nematodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 34(130):117-125.
- Guzmán-Piedrahita, O. 2011b. El nematodo Barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Revista Luna Azul* 32:137-153.
- Guzmán, O. & Rivillas, C. (2007). Relación de *Glomus manihotis* y *G. fasciculatum* con el crecimiento de plantas de café y la severidad de la Mancha de hierro. *Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café CENICAFÉ*, 58(3), 236-251.
- Hague, N.G. s.f. Nematodes, the unseen enemy. A guide to nematode damage. Du Pont.
- Hirschmanhn & Triantaprylloau, C. 1968. Mode of reproduction and development of the reproductive system of *Helicotylenchus dihystra*. *Nematologica*, 13: 558-574.
- Hooper, D. J. 1969. Extraction and handling of plant and soil nematodes. *Nematodes of Tropical Crops. Commonw. Bur Helminth., Tech. Commun. No. 40, St Albans, UK, 37-66p.*
- Hooper DJ. 1986. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. Pp. 59–80 in J. F. Southey, ed. *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*. London, United Kingdom: MAFF.
- Hugot, J.P., Baujard, P. & Morand, S. 2001. Biodiversity on helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*. 3:199-208.
- Hunt, D., Luc, M. & Manzanilla-López, R. 2005. Chapter 2: Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes (pp 11-52).
- Jagdale, G. B.; Holladay, T.; Brannen, P. M.; Cline, W. O.; Agudelo, P.; Nyczepir, A. P.; Noe, J. P. Incidence and Pathogenicity of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Blueberry (*Vaccinium* spp.) Replant Disease in Georgia and North Carolina. *Journal of Nematology* 45(2): 92-98, 2013.

- Jaizme, M. C. & Rodríguez, A. S. (2004). Uso de Micorrizas en banano: Logros y perspectivas Mycorrhizae and banana: Currents achievements and perspectives. XVI Reunión Internacional ACORBAT. p. 143-160.
- Krall, E.L. 1985. Root parasitic nematodes, family Hoplolaimidae. Oxoniam Press, New Delhi. p. 583.
- Loddo V. Zoila, O. Rivas B., M. Rodríguez R., C. Granado R., y E. Lorente G. 2014. Fitonematodos asociados al cultivo de la caña de azúcar en la región sur oriental de Cuba. XXXVI Convención y Expo ATAM 2014 del 26 al 29 de agosto en Boca del Río Veracruz, México. Disponible en: [www.atamexico.com.mx](http://www.atamexico.com.mx)
- Loredo, (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas. Revista TERRA Latinoamericana, 22(2), 224-239.
- Luc M., R. Sikora., & J. Bridge. 2005. Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. p.871.
- Mai, W., Mullin, P., Lyon, H., Y Loeffler, K. 1996. Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press. p. 277.
- Manzanilla-López, R., Evans, K. & Bridge, J. 2004. Plant diseases caused by nematodes. Capítulo 13. pp. 637-716. In: Chen, Z.X., Chen, S.Y. & Dickson, D.W. (eds.). Nematology: Advances and perspectives. Volume II: Nematode management and utilization. CAB International.
- Martínez, R. L. y Martínez, T. L. O. 2005. Plan de negocios: cultivo de berries (frambuesa y zarzamora) en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A. C. En: <http://documents.mx/documents/cultivo-de-berries-frambuesa-y-zarzamora-fumiaf.html> Consultado el 10 de abril de 2016.
- Mohamed SK, Kenawy A, Gohrab MA and Mohammed EE. 2012. Impact of microbial agents on *Meloidogyne incognita* management and morphogenesis of tomato. Journal of Biopesticides 1:28-35.
- Montiel, C., Sosa, L., Medrano, C. & Romero, D. 1997. Nematodos fitoparásitos en plantaciones de plátano (*Musa AAB*) de la margen izquierda del río Chana.

- Estado Zulia, Venezuela. Departamento Fitosanitario, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, Venezuela.
- Muñoz. (1995). *El mercado mundial de la frambuesa y zarzamora*. Chapingo, México: Centro De Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.
- Muñoz, R. M. y Juárez, R. M. 1996. El mercado mundial de la frambuesa y zarzamora, Vol1. UACH-ASERCA-CIESTAAM, Chapingo, México. PP: 89.
- Orion, D., Levy, Y., Israeli, Y. & Fisher, E. 1999. Scanning electron microscope observations on spiral nematode (*Helicotylenchus multicinctus*). *Nematropica* 29: 179–183.
- Paleta Guillermo. (2011). *Territorios y ruralidades: jornaleros agrícolas en el cultivo de zarzamora en el valle de Los Reyes, Michoacán*. México. UNAM.
- Peraza-Padilla, W. First report of two Mesocriconema (Nematoda: Criconematidae) species in mulberry trees in Costa Rica. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 223-229, Apr./Jun. 2014.
- Perry, R. & Moens, M. 2006. *Plant nematology*. CAB International, London.
- Perry, R., Moens, M. & Starr, J. 2009. *Root knot nematodes*. CAB International, London.
- Perry, R., y Moens, M. (2013). *Plant Nematology 2nd edition*. Printed and bound by Gutenberg Press Ltd, Tarxien, Malta, 542p.
- Pitcher, R.S. 1965. Interrelationships of nematode and other pathogens of plants. *Helminthological Abstracts*. 34:1-17.
- PROCAL. (2011). México, en riesgo producción de zarzamora. *Productores Agropecuarios por la Calidad*.
- Quénéhervé, P. & Cadet, P. 1985. Localisation des nematodes dans les rhizomes du bananier cv Poyo. *Revue de Nematologie* 8: 3–8.
- Quénéhervé, P., Drob, F. & Topart, P. 1995. Host status of some weeds to *Meloidogyne* spp. *Helicotylenchus* spp. and *Rotylenchulus reniformis* associated with vegetables cultivated in polytunnels in Martinique. *Nematropica* 25: 149–157.

- Quénéhervé, P., Chabrier, C., Auwerkerken, A., Topart, P., Martiny, B. & Marie-Luce, S. 2006. Status of weeds as reservoirs of plant parasitic nematodes in banana fields in Martinique. *Crop Protection* 25: 860–867.
- Rivillas, C. A. (1995). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on two different coffee varieties from Colombia and their biochemical detection in roots. Kent, University of Kent. Research School Of Biosciences. (Tesis: Magister Science).
- Ruehle, J. L. 1973a. Influence of plant parasitic nematodes on long leaf pine seedling. *J. Nematol.* 5:7-9.
- Sánchez, G. (2008). *El clúster de Los Reyes Michoacán, un ejemplo de reconversión competitiva*. Morelia: fundación PRODUCE.
- Sánchez, J.F. (2016). Búsqueda y Aislamiento de hongos nematófagos VS *Meloidogyne* spp., en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Numero 8. p. 1829-1839.
- Sánchez, M. (2007). *Las Endomicorrizas: Expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Santo, G. S.; W. J. Bolander. Effects of *Macroposthonia xenoplax* on the growth of Concord grape. *Journal of Nematology*, v. 9, p. 215–217, 1977.
- Sarah, J.L., Pinochet, J. & Stanton, J. 1996. El nematodo Barrenador del Banano *Radopholus Similis* Cobb. *Plagas de Musa - Hoja Divulgativa* No. 1. INIBAP, Francia.
- Sasser, J.N. & Freckman, D.W. 1987. World perspective on nematology: The role of society. pp. 7-14. In: Veech, J.A. & Dicson, D.W. (eds.). *Vistas on Nematology: A commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the society of Nematologist*. Society of nematologist, Inc Hyattsville, MD.
- Sasser, J.N. 1989. *Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy*. University Graphics, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- SAGARPA. (2008). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. México.
- SAGARPA. (2009). *Sistema Producto Zarcamora en Michoacán A.C. Plan Rector 2010-2012*.

- SAGARPA. (2012). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Sasser, J.N. 1989. *Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy*. University Graphics, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- SE. (2012). *Michoacán de Ocampo, Inversión y comercio*. México: Secretaría de Economía.
- SEDER. (2012). *Zarzamora: perfil comercial*. México: Secretaría De Desarrollo Rural.
- Sher, S.A. 1966. Revision of the *Hoplolaiminae* (Nematoda). VI. *Helicotylenchus* Steiner, 1945. *Nematologica* 12: 1-56.
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en 2014.
- Siddiqi, M.R. 1972. *Helicotylenchus dihystrera*. CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 1, No. 9. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Siddiqi, M.R. 1973. *Helicotylenchus multincinctus*. CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 2, No. 23. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Siddiqi, M. 2000. Morphological characters and taxonomic methods. In Siddiqi, M. ed. 2000. *Tylenchida: parasites of plants and insects*. 37-85 p.
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn (Alemania), GTZ. 371p. Ing. (Schriftenreihe der GTZ No. 224).
- Smith, S. E. & Read, D. J. (1997). *Mycorrhizal symbiosis*. 2 ed. San Diego (Estados Unidos): Academic Press.
- STOYANOV, D. 1967. Especies de nematodos parásitos del plátano en Cuba y posibilidades de control. *Rvta. Agrie, Cuba*, 1, 9-47.
- Ruiz, M. M., & Urela, D. V. (2009). *Situación actual y perspectivas del mercado de la mora en Colombia*. Colombia: Economic Research Service, Componente de Agrinegocios, programa MIDAS.

- Thiébaud, V. (2011). Paisajes rurales y cultivos de exportación. Valle De Los Reyes, Michoacán. *Trayectorias*, 52-70.
- Tihohod, D. (2000). Nematología Agrícola Aplicada. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472p.
- Thorne, G. 1961. Principles of nematology. McGraw-Hill, New York.
- Ulloa, M. & Hanlin, R. T. (2001). Illustrated dictionary of mycology. St. Paul (Estados Unidos): American Phytopathological Society.
- Villota, F. & Varón, F. 1997. Evaluación de materiales de guayaba (*Psidium guajava* L.) por su comportamiento al ataque de *Meloidogyne incognita* Raza 2. Fitopatología Colombiana. 21(2):31-37.
- Volcy, C. 1997. Nematodos. Tomo 1. El ABC de la nematología. Primera edición. Ecográficas Ltda., Medellín.
- Whitehead, A. G. Plant nematode control. Wallingford: CABI International, 1998, 384p.
- Williams, T.D. & Bridge, J. 1985. Nematodos Fitoparásitos. En: Manual para patólogos vegetales. Recopilado por Commonwealth.
- Willmontt, S.; Gooch, P.S. & Siddiqi, M.R., 1975.- *Helicotylenchus dihystra*. C.I.H. Description of plantparasitic nematodes, Set 1, No. 9. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. Mycological Institute, CAB. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Lamport Gilbert.
- Zuckerman, B.M. & Strich-Harari, D. 1963. The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) in banana roots. Nematologica 9: 347–353.

## **IX. Anexos**

### **9.1. Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos**

Las muestras de suelo colectadas en campo se colocaron en papel estraza bajo condiciones de temperatura ambiente por un tiempo indefinido hasta la desecación completa de la muestra. Seca la muestra, se pesaron 50 g. de suelo tamizado y se depositaron en un vaso de precipitado de 250 ml., al cual se le adicionó agua purificada hasta cubrir el sustrato, se adicionaron 25 ml. de solución dispersante (hexametáfosfato de sodio). El contenido de la muestra se agitó y se dejó reposando por un lapso de 15 minutos para transferirlo al vaso de aluminio. Con el empleo de una batidora marca Oster® por 4 minutos se homogenizó el contenido de la muestra. Posteriormente, la mezcla se vació en una probeta de 1000 ml. se aforó con agua purificada y se agitó 30 veces. Se introdujo el hidrómetro en la solución por 40 segundos; transcurrido este tiempo se registró la primera lectura y temperatura que comprueban la separación de partículas arcilla-limo ( $>0.002$  mm) y después de 2 horas se tomaron las partículas más pequeñas que son las arcillas ( $< 0.002$  mm).

### **9.2. Determinación del pH del suelo**

La determinación de los valores de pH en los 40 sitios de muestreos se realizó secando y tamizando el sustrato (suelo), posteriormente se procedió a pesar 10 g de suelo en vasos de precipitado de 50 ml. A la muestra se le adicionaron 20 ml. de agua destilada y se agitó vigorosamente por 2 minutos, dejándose en reposo por un lapso de 15 minutos. Finalmente, se procedió a la agitación por 1 minuto y se midió el valor de pH; esto se realizó utilizando un potenciómetro o pHmetro calibrado con la disolución amortiguadora de pH 7.0.

### **9.3. Determinación de materia orgánica basado en el método de Walkley y Black**

Para la determinación de materia orgánica se utilizaron 0.5 g. de suelo tamizado en un malla con abertura de sus poros en 0.25. Estas muestras se

depositaron en un matraz de 500 ml. y se agregaron lentamente 10 ml. de dicromato de Potasio (K) en una concentración 1 N, además de 20 ml. de ácido sulfúrico; se agitaron y dejaron reposar por 30 minutos. Posteriormente, se agregaron 200 ml. de agua destilada, 5 ml. de ácido fosfórico y 7 gotas de indicador difenilamina. Las muestras se titularon con la disolución sulfato ferroso hasta el vire del indicador (de negro a verde claro), registrándose los valores del volumen empleado en la titulación.

#### **9.4. Determinación de conductividad eléctrica por el método de pasta**

##### **saturada**

Para la determinación de conductividad eléctrica se utilizó suelo previamente secado y tamizado, pesándose 120 g. de suelo; los cuales fueron depositados en recipientes de plástico de 1 litro. Se agregaron de 50-65 ml. de agua destilada hasta llegar al punto de saturación (pasta); llegado a este punto, se dejó tapado el envase por un tiempo aproximado de 20 minutos. Transcurridos los minutos se pasó la pasta de suelo al papel filtro del embudo Büchner conectado al matraz kitasato y se extrajo el líquido final mediante el empleo de una bomba de vacío. La medición de la conductividad eléctrica (CE) se realizó empleando el potenciómetro marca Hanna instruments del laboratorio de nutrición vegetal.

#### **9.5. Diversidad de especies**

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas (Gove, 1994). Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies. Desde hace ya bastante tiempo la mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida

en al menos tres niveles: La diversidad local o diversidad  $\alpha$ , la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad  $\beta$  y la diversidad regional. (Smith L, 2001).

### **9.6. Índices para medir la diversidad alfa**

Existen varios índices para medir la diversidad alfa, cada uno ligado al tipo de información que se desea analizar, es decir, que algunas de las variables, tienen maneras diferentes de analizarse. Si las dos variables respuesta que se están analizando son número de especies (riqueza específica) y datos estructurales (por ejemplo abundancias), cada uno de ellos se podrá analizar diferencialmente para obtener más información complementaria. Existen varios métodos para cuantificar la diversidad a nivel local o alfa (Moreno. 2001.).

### **9.7. Índice de Simpson**

Los índices de dominancia se basan en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toman en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad, para lo cual el índice más común para utilizar es el índice de Simpson. El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. (Pielou. 1969). A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por ello el Índice de Simpson se presenta habitualmente como una medida de la dominancia, como se acaba de indicar. Por tanto, el índice de Simpson sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies. Entonces entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye. (Pielou. 1969).

Este índice de Simpson de dominancia  $D=p^2$  estima si en un área determinado hay especies muy dominantes al sumar términos al cuadrado le da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo que toma el índice, si la

dominancia es alta la diversidad será baja como ya fue mencionado. (Lamprecht. 1962).

El índice de Simpson precisa el valor de  $p_i$ , Siendo  $p_i = n_i / N$ , donde  $n_i$  es el número de individuos de la especie „i” y  $N$  es la abundancia total de las especies. Con otras palabras,  $p_i$  es la abundancia proporcional de la especie „i”: Si bien este índice depende de la cantidad de categorías que es posible reconocer, da también una idea de homogeneidad general partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa. Tomando en cuenta que el valor mínimo para este índice es 1 que indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta. (Lamprecht. 1990.).

### **9.8. Índice de Shannon**

El índice de Shannon se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). (Magurran 2001).

Es una de las medidas de diversidad relacionadas con la teoría de información. Estas medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análoga a un sistema en la cual existe un número finito de individuos, los cuales pueden ocupar un número, también finito- de categorías (especies, análogo de estados). (Magurran 2001). La estadística para describir esta situación: un sistema con un número finito de individuos y de categorías (especies); sin restricciones en cuanto al número de especies ni de individuos por categoría (especie), está dada por la Fórmula; equivale a la incertidumbre acerca de la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de  $N$  elementos distribuidos en  $s$  categorías, sin importar el número de elementos por categoría ni el número de categorías. Dicha incertidumbre aumenta con el número de categorías (riqueza) y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una categoría. (Moreno, 2001).

Este índice fue desarrollado para medir la cantidad de información que se puede transmitir, donde  $p_i$  representa la proporción (o abundancia relativa) de cada especie en la población y "log" es la abreviatura del logaritmo (la base del logaritmo no importa, puede ser base 10 (decimal), base 2 (binaria) o base "e" = 2.7182..., la base de los logaritmos naturales, es la más utilizada actualmente). La sumatoria es sobre las "S" especies ( $i = 1, 2, \dots, S$ ) de la población. Si llamamos  $n_i$  al número de individuos de la especie "i" y N a la población total de la colección, entonces  $p_i = n_i/N$ . El tamaño de la población (N) se calcula sumando los individuos de todas las especies, es decir N: (Halffter et al., 1992).

La Fórmula de Shannon-Weaver que es la forma en la cual normalmente se presenta la diversidad de especies basada en la teoría de información; De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia) (Mercado, 2000).

Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio. (Moreno, 2001).

