

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

PROSPECCIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS DE CEBOLLA Y SU RELACIÓN CON
Fusarium oxysporum f. sp cepae EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA
TESIS DE GRADO

ADILIO DE JESÚS MORALES CARÍAS
CARNET 23378-11

JUTIAPA, MAYO DE 2017
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

PROSPECCIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS DE CEBOLLA Y SU RELACIÓN CON
Fusarium oxysporum f. sp cepae EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
ADILIO DE JESÚS MORALES CARÍAS

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

JUTIAPA, MAYO DE 2017
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA
MGTR. VICTOR MANUEL VENTURA PERDOMO
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL

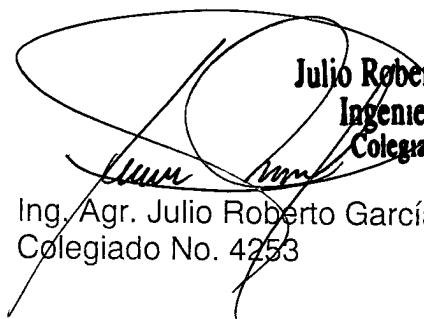
Guatemala, 28 de marzo de 2017.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante **Adilio de Jesus Morales Carías**, que se identifica con carné **2337811**, titulado: "**Prospección de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de Cebolla y su relación con *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* en el valle de Asunción Mita**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


Julio Roberto Garcia Morán
Ingeniero Agrónomo
Colegiado No. 4253

Ing. Agr. Julio Roberto García
Colegiado No. 4253



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06713-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ADILIO DE JESÚS MORALES CARIÁS, Carnet 23378-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 0642-2017 de fecha 6 de mayo de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROSPECCIÓN DE NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS DE CEBOLLA Y SU RELACIÓN CON *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de mayo del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la salvación, la sabiduría y la bendición de superarme, eternamente agradecido.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación académica.

MGTR. Julio Roberto García Morán, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación, eternamente muy agradecido por compartir su experiencia y dedicar parte de su tiempo en mi aprendizaje.

Ing. Ambiental Pamela Camarero Barreda, por su incondicional apoyo, por compartir su tiempo y experiencia en el laboratorio de Edafología de la universidad Rafael Landívar.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre me ha dado su infinito amor, quien siempre me dio fuerzas y nunca se separó de mi lado para poder llegar a la meta que tanto soñé, eternamente agradecido.

Mi Madre: Gilma Erceli Carias Orellana a quien quiero mucho y por ser la segunda persona después de Dios quien nunca me dejó cuando más lo necesitaba, brindándome buenos consejos y acercarme más a Dios.

Mis tíos: Rudy Carias, Heberto Carias, Sergio Carias, Efrén Carias, quienes han sido mis padres durante toda mi vida, una muy buena fuente de apoyo Espiritual, Moral durante el periodo de estudio.

Mi familia: Abuelos, hermanas, tíos, tías, primos, que han contribuido de una u otra forma en mi formación como profesional, brindándome su apoyo incondicional.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral y profesional, con mucho aprecio en especial al Ing. Agrónomo Francisco Roberto Curley Guerra, que en paz descase.

INDICE

	página.
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2 .MARCO TEORICO	3
2.1 CULTIVO DE LA CEBOLLA	3
2.1.1 Descripción del cultivo.....	3
2.1.3 Taxonomía	6
2.2 NEMATODOS FITOPARÁSITOS.....	6
2.3 <i>Fusarium</i> sp.....	21
2.6.4 Síntomas de <i>Fusarium</i> en cebolla.....	24
2.3 INTERACCIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS CON <i>Fusarium oxysporum</i>	26
2.7.1 Antagonismo	28
2.7.2 Sinergismo	29
2.7.3 Interacciones de <i>Meloidogyne artiellia</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>ciceris</i> Raza 5 con garbanzo.....	29
2.7.4 Fases iniciales de la interacción DAI (Análisis de Disputa e Investigación) ..	30
2.7.5 Fases avanzadas de la interacción. DAI (Análisis de Disputas e Investigaciones).....	30
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	32
4. OBJETIVOS	34
4.1. GENERAL	34
4.2. ESPECÍFICOS	34
5. METODOLOGÍA	35
5.1 AMBIENTE	35
5.2 SUJETOS O UNIDADES DE ANÁLISIS.....	35
5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
5.4 INSTRUMENTO	35

5.5 PROCEDIMIENTO	37
5.5.1 Localización	37
5.5.2 Muestreo de suelos y raíz	38
5.5.3 Identificación y cuantificación de géneros de nematodos	39
5.5.4. Incidencia de <i>Fusarium</i>	40
5.6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS GÉNEROS DE NEMATODOS PRESENTES EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA.....	42
6.2 CUANTIFICACIÓN DE POBLACIONES POR GÉNEROS DE NEMATODOS....	55
6.3 CUANTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA DE <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>cepae</i> .	58
6.4 RELACIÓN DE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS CON LA INCIDENCIA DE <i>FUSARIUM</i>	61
7. CONCLUSIONES.....	64
8. RECOMENDACIONES.....	65
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
10. ANEXOS	69

INDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Superficie y producción de cebolla por país.	4
Cuadro 2. Boletas de forma de muestreo de nematodos.	36
Cuadro 3. Cuantificación por daños de <i>Fusarium</i> en parcelas de 1 metro cuadrado por parcela muestreada.....	60
Cuadro 4. Coeficientes de correlación de nematodos fitoparásitos encontrados en el Valle de Asunción Mita con la incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i>	62

INDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Producción de cebolla por departamento en Guatemala.....	5
Figura 2. Género <i>Aphelenchoides</i> spp.	8
Figura 3. Género <i>Helicotylenchus</i> spp.....	10
Figura 4. Género <i>Meloidogyne</i> spp, (hembra).	11
Figura 5. Género <i>Paratrichodorus</i> spp.....	12
Figura 6. Género <i>Pratylenchus</i> spp.	14
Figura 7. Género <i>Scutellonema</i> spp.	15
Figura 8. Género <i>Criconemoides</i> spp, (Hembra).....	17
Figura 9. Género <i>Hoplolaimus</i> spp.	18
Figura 10. Género <i>Tylenchorynchus</i> spp.....	20
Figura 11. Género <i>Tylenchus</i> spp.	21
Figura 12. Morfología higroscópica a partir del cultivo de <i>Fusarium</i> spp. Hifas hialinas septadas y delgadas y microconidios elipsoidales en acumulo.	22
Figura 13. Clamidosporas: las células hifas aumentan de tamaño y se rodean de paredes gruesas.	23
Figura 14. Características morfológicas microscópicas del género <i>Fusarium</i>	24
Figura 15. Daños iniciales por <i>Fusarium</i> en cebolla.	25
Figura 16. Mapa de Guatemala, Jutiapa y Asunción Mita.	37
Figura 17. Muestra de todos los puntos de Muestreo en el Valle de Asunción Mita,	38
Figura 18. Diseño de la extracción de muestra suelo.	39
Figura 19. Ficha técnica del género <i>Aphelenchoides</i> spp.	43
Figura 20. Ficha técnica del género <i>Criconemoides</i> spp.	44
Figura 21. Ficha técnica del género de <i>Helicotylenchus</i> spp.....	45
Figura 22. Ficha técnica del género género <i>Hoplolaimus</i> spp.	46
Figura 23. Ficha técnica del género <i>Meloidogyne</i> spp.....	47
Figura 24. Ficha técnica del género <i>Paratrichodorus</i> spp.....	48
Figura 25. Ficha técnica del género de <i>Pratylenchus</i> spp.	49
Figura 26. Ficha técnica del género <i>Scutellonema</i> spp.	50

Figura 27. Ficha técnica del género <i>Tylenchorhynchus</i> spp.....	51
Figura 28. Ficha técnica del género <i>Tylenchus</i> spp.....	52
Figura 29. Morfología de los nematodos fitoparásitos.....	55
Figura 30. Cuantificación de géneros de nematodos presentes en el Valle de Asunción Mita.....	56
Figura 31. Distribución de nematodos en el Valle de Asunción Mita.	57
Figura 32. Cuantificación de <i>Fusarium</i> en parcelas matrices de 1mts cuadrado..	58
Figura 33. Bulbo de cebolla dañado por <i>Fusarium oxysporum</i> , encontrado en las parcelas donde se cuantifico <i>Fusarium</i> en el Valle de Asunción Mita.	59
Figura 34. Distribución de <i>Fusarium oxysporum</i> en el Valle de Asunción Mita. ...	61
Figura 35. Gráfico de dispersión de nematodos totales vrs incidencia de <i>Fusarium</i> en el Valle de Asunción Mita, Jutiapa.....	63
Figura 36. Daño en cebolla por nematodo <i>Ditylenchus dipsaci</i>	69
Figura 37. Ciclo de la enfermedad del tallo y el bulbo nemátodo <i>Ditylenchus dipsaci</i>	69
Figura 38. Material y equipo utilizado para la extracción de nematodos..	70
Figura 39. Extracción de nematodos fitoparásitos, en laboratorio de edafología Universidad Rafael Landívar, campus central.	70

PROSPECCIÓN DE NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACIÓN CON *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar una prospección de nematodos fitoparasitos asociados al cultivo de cebolla en el Valle de Asunción Mita y relacionarlos con la presencia de *Fusarium oxysporum*. Se realizaron muestreos de suelo en diferentes puntos del Valle de Asunción Mita en parcelas con cebolla. En cada punto se tomaron 10 submuestras para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1-2 Kg. Se trasladaron al laboratorio de Patología Vegetal en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Para la extracción de los nematodos se utilizó el método de tamizado y centrifugado con flotación en azúcar y para la identificación de los géneros de nematodos fue necesario utilizar la clave de identificación para hembras de Mai y Mullin (1996). Se cuantificó la incidencia de *Fusarium oxysporum* en parcelas matrices de un metro cuadrado colocando un marco de madera en tablonces con plantas sintomáticas y se contó la cantidad de plantas afectadas el total de plantas que cabían dentro del marco. Los resultados indicaron la presencia de diez géneros de nematodos: *Aphelenchoides*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Scutellonema*, *Hoplolaimus*, *Criconemoides*, *Tylenchorynchus* y *Tylenchus*. En promedio se encontraron con mayor presencia el género *Helicotylenchus*, (26.5 nematodos/100cc de suelo) y menor cantidad los géneros *Meloidogyne* y *Paratrichodorus* (20 nematodos/100cc de suelo). Se pudo observar una incidencia de *Fusarium oxysporum* distribuido en parcelas en el Valle de Asunción Mita que va de un 10%-50%. Los resultados indicaron que no existe relación de la incidencia de *Fusarium oxysporum* con la cantidad total de nematodos, lo cual se concluye que los nematodos fitoparasitos en el Valle de Asunción Mita no es un factor inductivo de esta enfermedad. El género *Scutellonema* que presentó un leve asocio a *Fusarium* por lo cual se sugiere dirigir los estudios siguientes a este género de nematodo fitoparásito.

PROSPECTION OF FITOPARASITE NEMATODES ASSOCIATED WITH THE CULTIVATION OF ONION AND ITS RELATIONSHIP WITH *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* IN THE VALLEY OF ASUNCIÓN MITA

SUMMARY

The objective of the present study was to realize a prospection of fitoparasite nematodes associated with the cultivation of onion in the valley of Asunción Mita and relate them to the presence of *Fusarium oxysporum*. Samples of soil were taken at different places in the valley of Asunción Mita in parcels of land with onion. In each place 10 subsamples were taken to obtain a sample composed of approximately 1-2 Kg. The samples were moved to a laboratory of Vegetable Pathology in the Central Campus of the University Rafael Landívar. For the extraction of the nematodes, the method of sieve and centrifuge was used with flotation in sugar and for the identification of the nematode genders it was necessary to use the identification key for females of Mai y Mullin (1996). The incidence of *Fusarium oxysporum* was quantified in a matrix of one square meter placing a wooden frame on planks with symptomatic plants and the quantity of affected plants was counted, the number of plants that fit within the frame. The results indicated the presence of ten kinds of nematodes: *Aphelenchoides*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Scutellonema*, *Hoplolaimus*, *Criconemoides*, *Tylenchorynchus* and *Tylenchus*. On average, the greatest presence was of *Helicotylenchus*, (26.5 nematodes/100cc of soil) and the ones with the lowest quantities were *Meloidogyne* y *Paratrichodorus* (20 nematodes/100cc of soil). An incidence of *Fusarium oxysporum* was observed distributed in parcels in the valley of Asunción Mita at a rate of 10%-50%. The results indicate that no relationship exists between the incidence of *Fusarium oxysporum* and the total quantity of fitoparasite nematodes, which brings us to the conclusion that fitoparasite nematodes in the valley of Asunción Mita is not a factor that gives rise to this ailment. The genus *Scutellonema* presented a slight association to *Fusarium* therefore it is suggested that continued studies be directed at this type of fitoparasite nematode.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebolla en el Valle de Asunción Mita, es uno de los cultivos con mayor presencia, junto a melón, maíz, sorgo y sandía. Actualmente se cultivan aproximadamente 300 a 400 manzanas en la época de octubre al mes de marzo. El cultivo de cebolla se ha visto perjudicado actualmente por el hongo *Fusarium*, agricultores de la región mencionan que este problema se ve muy relacionado con los nematodos.

Se menciona que los nematodos en ocasiones denominados anguílulas, tienen un aspecto vermiforme pero taxonómicamente son bastante distintos de los verdaderos gusanos. La mayoría de los varios miles de especies de nemátodos viven grandemente en el suelo y un cierto número en aguas saladas o dulces, alimentándose de plantas y animales microscópicos (Agrios, 2006).

El Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, (2012). Hace mención de algunos género de nematodos y sus especies que tienen asocio con el cultivo de cebolla a nivel mundial, entre ellos se encuentran: *Ditylenchus dipsaci*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus penetrans* y *Paratrichodorus* sp.

Para el Valle de Asunción Mita fueron encontrados 10 géneros de nematodos los cuales son; *Aphelenchoides* spp, *Helicotylenchus* spp, *Meliodogyne* spp, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus* spp, *Scutellonema* spp, *Hoplolaimus* spp, *Criconemoides* spp, *Tylenchorynchus* spp, *Tylenchus* spp.

Semangún (2001), menciona que *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* es un hongo que ataca a las plantas entre ellas destaca el cultivo de cebolla. Este hongo es contagioso, si no hay plantas hospederas en el campo de este hongo puede sobrevivir más 10 años en el suelo.

Según Atkinson (1892), citado por Palomares, (2009), menciona que los nematodos fitoparásitos pueden influir en la actuación de otros organismos fitopatógenos del suelo y el papel que juegan en la interacción con otros hongos fitopatógenos es diferente en función de los distintos tipos de parasitismo que aquellos desarrollan.

En los últimos años la incidencia de enfermedades en el Valle de Asunción Mita ha aumentado. La presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* en el cultivo de cebolla es uno de los factores que amenaza la producción de este cultivo, debido a que se estima que se tiene entre un 15 a un 20 % de pérdidas que son causadas por esta enfermedad según los agricultores del área.

Con el propósito de brindar ayuda a los productores de cebolla de todo el Valle de Asunción Mita, con la problemática ya expuesta fue necesario realizar un estudio prospectivo de nematodos fitoparásitos, y una cuantificación de *Fusarium*, en parcelas de hasta 1 metro cuadrado donde se identificó el patógeno. Donde así mismo se determinó que no existe ninguna relación entre los nematodos y *Fusarium*, excepto el género *Scutellonema*, que si presenta un leve asocio con *Fusarium*.

2 .MARCO TEORICO

2.1 CULTIVO DE LA CEBOLLA

La cebolla se conoce desde cinco siglos antes de Cristo (a. c.), en la pirámide de Keops en Egipto, los obreros que la construyeron la consumían. En Egipto, Desde 1,500 hasta 3,200 a.c formaba parte de la dieta. Entre las hortalizas más cultivadas en el mundo, ocupa el segundo lugar solo superado por el tomate en el mundo en cuanto a súper pie de siembra. Los egipcios evidenciaban en sus tumbas, también se hacen referencias de la cebolla en la Biblia. En la India se hace mención de esta especie en algunos tratados médicos de la era cristiana según (Montes y Hollé, 1990, Sarita 1991, Acosta, Gaviota y Galmarini, 1993), citado por: El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales –IDIAF-(2008).

2.1.1 Descripción del cultivo

La cebolla es originaria de las regiones secas de Irán y el Oeste de Pakistán. Según la referencia de algunos botánicos, la misma no se encuentra en estado silvestre. La distribución y desarrollo de la especie ocurrió desde Asia Occidental y países del mediterráneo, hasta América, donde fue introducida, por los viajeros conquistadores en el 1492. Según (Montes y Holle, 1990, Sarita, 1991, Acosta *et al.*, 1993), citado por – IDIAF-, (2008).

2.1.2 Información comercial

Según (Oficina De Estudios y Políticos Agrarios -ODEPA- (2013), de acuerdo a las estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, -FAO-(2011), la cebolla es la segunda hortaliza más cultivada en el mundo (después del tomate), alcanzando en el año 2011 más de 4,3 millones de hectáreas cosechadas y una producción de 86 millones de toneladas.

Cuadro 1. Superficie y producción de cebolla por país.

País Superficie	miles (ha)	Volumen (miles/ton)
China	1.015	24.765
India	1.110	15.930
Estados Unidos	60	3.361
Irán	70	2.497
Egipto	64	2.304
Turquía	65	2.141
Rusia	96	2.123
Pakistán	148	1.940
Países Bajos	30	1.541
Brasil	63	1.523
Otros países	1.644	28.220
Total	4.364	86.344

(Odepa, 2013).

La FAO (2011), menciona que la superficie mundial anual dedicada al cultivo de cebolla ronda las 3,5 millones de hectáreas con una producción estimada de 70 millones de toneladas. En 2010 se produjo casi un 50% más y se sembró un 30% más de superficie que en el año 2000.

Estudios realizados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA- (2013), estiman que la producción del cultivo de cebolla por hectárea para el Valle de Asunción Mita alcanzó, un total de 3 millones de quintales. El costo unitario de producción se aproxima aun total Q31, 500.00 por hectárea, generando un total de

empleos directos de 5,895 jornales en aproximadamente 4 meses y medio (durante el ciclo del cultivo).

El Banco de Guatemala (2013), detalla que los departamentos de mayor importancia y producción de la cebolla, se encuentran distribuidos de la siguiente manera: Quiché (33%), Jutiapa (18%), Huehuetenango (14%), Quetzaltenango (13%), Santa Rosa (5%), Sololá (5%) y los demás departamentos de la República suman el (11%) restante.

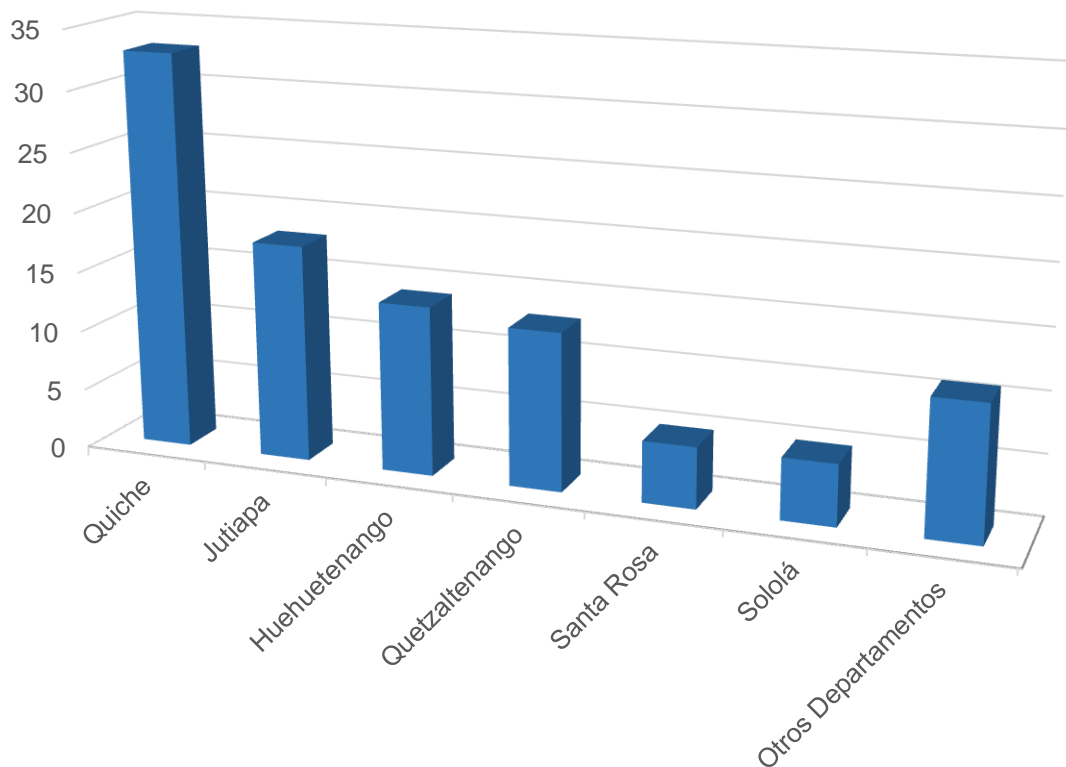


Figura 1. Producción de cebolla por departamento en Guatemala (Banguat, 2013).

El Valle de Asunción Mita, perteneciente al departamento de Jutiapa, cuenta con un porcentaje de producción de 18%, siendo así el segundo departamento con mayor producción de cebolla, lugar donde se realizó el estudio prospectivo de nemátodos, y su relación con *Fusarium*.

2.1.3 Taxonomía

Sistema de Información Taxonómica Integrada -ITIS- (2015), menciona la clasificación taxonómica del cultivo de cebolla:

Reino: Plantae.

Filo: Tracheophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Asparagales.

Familia: Amaryllidaceae.

Género: *Allium*-.

Especie: *A. cepa*.

2.2 NEMATODOS FITOPARÁSITOS

2.2.1 Descripción

Los nematodos tienen un aspecto vermiforme. Los nematodos viven en aguas saladas o duces y en el suelo alimentándose de plantas y animales. Numerosas especies de ellos atacan y parasitan a los humanos produciendo diversas enfermedades, sin embargo se sabe que varios centenares de sus especies se alimentan de plantas vivas en las que producen en gran variedad de enfermedades (Agrios, 2006).

Los nematodos fitopatógenos son organismos pequeños de 300 a 1000 μm , siendo algunos mayores a 4, de longitud por 15 a 35 μm , de ancho. Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista pero se puede ver con facilidad en el microscopio. Los nematodos tienen en general forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas y otros apéndices. Sin embargo algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides (Agrios, 2006).

2.2.2 Nematodos reportados en Cebolla

- *Aphelenchoides* spp.

Llamado también nemátodo foliar, este género de nematodos posee hábito ecto y endoparásito, los órganos aéreos de las plantas, los síntomas que causa este nematodo en las plantas afecta las yemas o las zonas del crecimiento del tallo que han sido afectadas y plantas pequeñas que con frecuencias se ven anormalmente tupidas y presentan entre nudos cortos, las zonas de crecimiento pueden ser dañadas en una forma tan severas que los vástagos no se desarrollan.

Aphelenchoides spp, es un nematodo largo y delgado que mide aproximadamente 1 mm de largo por 20 mm de diámetro, este género de nematodos puede pasar toda su vida dentro de las hojas o dentro de la superficie de otros órganos de la planta. La hembra oviposita en los espacios intercelulares de la hoja, los huevecillos se incuban y producen las cuatro etapas larvarias y finalmente los adultos todos ellos en el interior de la hoja. El ciclo de vida concluye al cabo de 2 semanas. Este nematodo no tiene que pasar alguna etapa de su ciclo de su vida en el suelo, ya que con frecuencia se encuentra ahí debido que va en sus hojas inertes e infectadas que han caído en el suelo o que escurre en el agua del riego o de las lluvias cuando se encuentran por azar sobre las superficie de los tejidos de la planta. Este nematodo también inverna como adulto en las hojas muertas o entre las escamas de las yemas de los tejidos infectados. Los nematodos infestan a las nuevas plantas sanas al nadar sobre el tallo cuando este se encuentra cubierto por una película de agua durante los climas durante los climas húmedos o la temporada de lluvia (CABI, 2016a).

Cuando los nematodos llegan a las hoja penetran a través de los estomas, la presencia del nematodo entre las células de las hojas hace que estas últimas tornen de color café, las células del mesófilo comienzan a degradarse formando grandes cavidades, en las etapas avanzadas de la infección dichas células se degradan y los nematodos y la necrosis foliar avanzada a través de la nervadura sobre toda la superficie de la hoja. Las hojas severamente infestadas junto a las células degradadas

tienen una capa gruesa de una sustancia café sobre sus paredes donde básicamente la epidermis se rompe en ciertos puntos y las hojas se contraen después de mantenerse adheridas al tallo durante cierto tiempo caen al suelo (CABI, 2016a).



Figura 2. Género *Aphelenchoides* spp.

- *Helicotylenchus* spp

Este género de nematodos presenta un asocio como plaga primaria y secundaria en cebolla. También es conocido como “nematodo espiral” por la posición que adquiere en la región posterior y la posición del cesilo. Posee un campo lateral con 4 fisuras, la región cefálica o semiesférica de la cabeza, con 4-5 anillos posee una cutícula fuertemente esclerotizada, su estilete bastante fuerte por lo general 24-28 micras de largo, *Helicotylenchus* es básicamente un ecto o semi-endoparásito de raíces, se ha determinado que grandes poblaciones se encuentran en la rizosfera del suelo (CABI, 2016c).

La alimentación en la raíz se da por el rompimiento de la cutícula por la combinación de la presión del cuerpo hacia delante y la perforación por el estilete, después de la penetración la alimentación de una única célula continúa durante varios días con la salivación y la ingestión alterna (CABI, 2016c).

En el caso de caña de azúcar los adultos y juveniles invaden las raíces, el extremo anterior del cuerpo entrar en los tejidos corticales y el exterior restante pero a menudo entran a las raíces completamente. Las raíces muestran lesiones pequeñas alrededor del punto de penetración de los nematodos y en los casos de infestación severa puede haber desprendimiento de las células de la epidermis y parte de la corteza. Como consecuencia de la alimentación de *Helicotylenchus* spp., en las células parenquimatosas del córtex de la raíz como en el caso de banano, el nematodo produce lesiones pequeñas longitudinales entre 3 y 10cm, que generalmente no profundizan al parénquima cortical son de color castaño rojizo a negro. Sin embargo en altas infestaciones estas lesiones pueden aparecer necrosis extensiva de la raíz en la capa más externa del córtex y muerte descendente de ésta. Las lesiones también pueden ser encontradas en cormos. En el caso de musáceas infestadas por dicho nematodo, las raíces terciarias aparecen necróticas y se desprenden fácilmente al tratar de manipularlas (CABI, 2016c).

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). La primera muda dentro del huevo, y los 3 estados juveniles pueden ser distinguidos por el sistema reproductivo (CABI, 2016c).

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. *Helicotylenchus multicinctus*, 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. 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 (CABI, 2016c).



Figura 3. Género *Helicotylenchus* spp.

- *Meloidogyne* spp

Los nematodos formadores de nódulos de la raíz se encuentran en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones con clima cálido y tórrido e inviernos cortos y moderados. Atacan más de 2,000 especies de plantas, incluyendo la mayoría de las plantas cultivadas (CABI, 2016e).

Los nematodos formadores de nódulos de la raíz dañan a las plantas al debilitar las puntas de la raíz y al inhibir su desarrollo o estimular una formación radical excesiva, pero principalmente al inducir la formación de hinchamientos en las raíces llamadas “agallas”, las cuales no solo privan a las plantas de su nutrientes si no también deforman y disminuyen en valor comercial de muchas raíces de los cultivos (CABI, 2016e).

Los síntomas de los órganos aéreos son similares a los que producen muchas otras enfermedades de la raíz, factor del medio ambiente los cuales disminuyen el volumen

de agua disponible para las plantas, las plantas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad de hojas pequeñas (CABI, 2016e).

Los nematodos machos y hembras son fáciles de diferenciar morfológicamente dado a su dimorfismo sexual marcado. Los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 1.2 a 1.5 mm de largo por 30 a 36 μ m de diámetro, las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm. Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce. La primera etapa larvaria se produce en el interior del huevecillo y después de sufrir la primera muda dentro de él se desarrolla en la segunda etapa larvaria (CABI, 2016e).



Figura 4. Género *Meloidogyne* spp, (hembra).

- *Paratrichodorus* spp

Género que se relaciona como plaga primaria en cebolla. Se reportan dos especies principales, *Paratrichodorus minor*, *Paratrichodorus porosus*. Es un género de nematodo que al igual que otros géneros daña las raíces de las plantas como

remolacha, apio y maíz dulce. Existen pocas investigaciones sobre los ciclos de vida de especies de *Trichodorus* y *Paratrichodorus*. Es un ectoparásito migratorio, se alimentan de las células de la epidermis y las células corticales externas de todas las áreas de raíces y pelos de la raíz, por lo general cerca de la punta de la raíz. En la tapa de la raíz, el nematodo penetra entre las células exteriores, aparentemente, se alimenta de las células del meristemo apical. El daño resultante al tejido meristemático causa el cese del crecimiento de las raíces que lleva a las raíces cortas retraso en el crecimiento, y una reducción general en el desarrollo de las raíces (CABI, 2016f).

A medida que las primeras raíces de la plántula se desarrollan, las puntas son atacadas y el crecimiento se detiene; las raíces forman entonces ramas, y las puntas son atacadas. De vez en cuando una o dos raíces pueden escapar de la lesión y, por un tiempo al menos crecer más o menos normalmente. Sin embargo parecen multiplicarse rápidamente a temperaturas adecuadas en un buen hospedero. La temperatura óptima para la reproducción por *Paratrichodorus minor*, de América del norte se reporta que está entre 16-24 ° C y el nematodo completa su ciclo de vida en 21-27 días a 22 ° C y en 16-17 días a 30 ° C (CABI, 2016f).

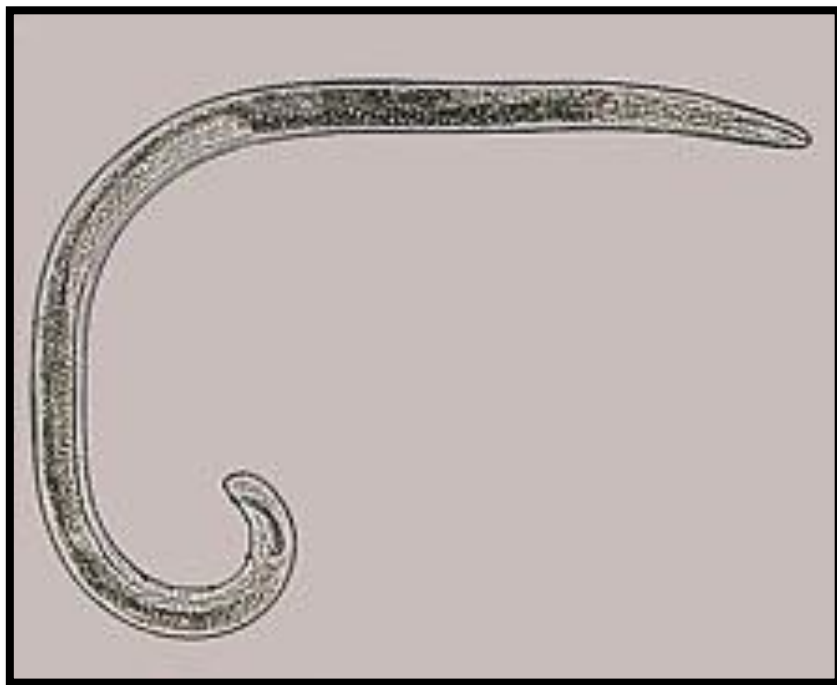


Figura 5. Género *Paratrichodorus* spp.

- *Pratylenchus* spp

El nematodo lesionador se encuentra en todos suelos del mundo, donde ataca las raíces de las plantas en diferentes sistemas productivos. La gravedad de los daños que ocasiona el nemátodo lesionador varía dependiendo del cultivo, el cual consiste en una reducción o inhibición del desarrollo de la raíz. El síntoma principal de la actividad de *Pratylenchus penetrans*, es la presencia de lesiones distintivas en las raicillas de plantas hospederas. Otras especies del género también pueden causar lesiones pero la decoloración puede ser menos intensa (CABI, 2016g).

El nematodo puede penetrar cualquier parte de la raíz, pero prefiere las zonas en donde hay mayor cantidad de pelos absorbentes. La forma de penetración a los tejidos es de la siguiente manera: los nematodos sondan, pinchan y parcialmente digieren la pared de las células en la epidermis luego se dirigen hacia el contenido de la célula. El mismo patrón de ataque es repetido cuando los nematodos migran de un lado a otro y se alimentan de la corteza de la raíz, por otra parte las raíces absorbentes pueden ser escasa en comparación con los sistemas de raíces. Los órganos de la planta sobre el suelo no muestran síntomas específicos de este nematodo. Comúnmente las hojas presentan color clorótico o color verde pálido a amarillo; las plantas se atrofian y debilitan con una tendencia a marchitarse en situaciones de sequía; y la fruta puede ser insuficiente (CABI, 2016g).

En el campo, los cultivos de hortalizas pueden presentar parches con plantas de crecimiento deficiente y una disminución del rendimiento. Los síntomas tales como la muerte regresiva puede ser causada por *Pratylenchus penetrans*, pero también pueden ser causadas por otros patógenos. Del mismo modo pudrición de la raíz secundaria pueden resultar de la invasión de bacterias u hongos en heridas por el nemátodo (CABI, 2016g).

Los nematodos tienen aproximadamente de 0.4 a 0.7 mm de longitud por un diámetro de 20 a 25 μ m. Son nematodos endoparásitos migratorios. El ciclo de vida es dependiente de la temperatura más a menudo requiriendo alrededor de 30 días. La

duración del ciclo de vida de *Pratylenchus penetrans*, necesita de 30 días a 30 ° C, 37 días a 25 ° C y 92 días a 15 °. (CABI, 2016g).



Figura 6. Género *Pratylenchus* spp.

- *Scutellonema* spp

Género de nematodo donde se reporta una especie asociada como plaga secundaria en cebolla. Este nematodo daña las raíces de las plantas y causa lesiones color rojizo. Se informó de lesiones necróticas en el sistema de la raíz y éstos se asociaron con el amarillamientos de las partes foliares de las plantas; para los cacahuetes las densidades más altas del nematodo siempre se asociaron con un crecimiento pobre y plantas cloróticas y retraso en el crecimiento. El nematodo se consideró como la causa de "crecimiento de cacahuete variabilidad, los síntomas eran evidentes 3 a 4 semanas después de la emergencia de las plántulas (CABI, 2016h).

Poco se sabe acerca de la biología y ecología de *Scutellonema*. Los factores bióticos y abióticos que afectan la tasa de multiplicación y la patogenicidad hacia maní y mismos cultivos de una población procedente de Mali, África Occidental, y señalaron que este nematodo parecía estar adaptado a las condiciones climáticas de las que requiere alta temperatura del suelo (32-34 ° C) y 7-11% de humedad del suelo para la multiplicación óptima: necesita zonas tropicales tanto semiáridas y lluviosos de África Occidental. El nematodo fue capaz de reproducirse, en el sorgo, mientras que el maní no era un huésped en condiciones de laboratorio. El nematodo parecía ser capaz de entrar en anhidrobiosis con una tasa de supervivencia de 40 a 80% (CABI, 2016h).

El nematodo se limita principalmente a una profundidad del suelo de 0 a 15 cm en el momento de la siembra y no se encontró por debajo de 45 cm en cualquier momento durante el período de crecimiento del cultivo; Los estudios de dinámica de poblaciones de campo mostraron una disminución significativa de la densidad de población del suelo durante el período de crecimiento del cultivo. Su hábito alimenticio es endoparásito migratorio, tiende a tener ciertas características en común con *Helicotylenchus* (CABI, 2016h).



Figura 7. Género *Scutellonema* spp.

2.2.3 Nematodos presentes en el Valle de Asunción Mita, sin reportes oficiales en el cultivo de cebolla.

- *Criconemoides* spp

Nematodo anillado que deriva su nombre por su cutícula que está profundamente estriada. Con dimorfismo sexual marcado. Las hembras poseen un cuerpo de longitud variable (0,1 mm). Estos nematodos anillados son ectoparásitos y se alimentan en puntas de las raíces o raíces más maduras, el nematodo anillado *Criconemoides* spp, se caracteriza por su cuerpo corto, robusto e intensamente anillado son de movimientos lentos, el estilete es muy largo en comparación con la longitud del cuerpo, y con los nódulos basales con proyecciones hacia la parte interior. Sexualmente di mórficos (CABI, 2016b).

La hembra mide de 0.20-1mm de longitud, cuerpo corto y robusto, generalmente curvado, la parte anterior de su cuerpo es redondeada y la posterior cónica. El área labial está unida al resto del cuerpo y separada por uno o dos anillos delgados. Posee un estilete fuerte, con nódulos basales dirigidos hacia la parte inferior. Su esófago con un fuerte bulbo medio, el cual se fusiona con el pro corpus; La posición de la vulva es posterior. El sistema reproductor consta de un solo ovario dirigido hacia la parte anterior, con la espermateca situada lateralmente. El macho es de cuerpo delgado y corto, la parte inferior es redondeada, no presenta estilete, esófago degenerado, espículas cortas, suavemente curvadas. Bursa débilmente desarrollada, su cola terminada en punta (CABI, 2016b).

Los síntomas generales que presenta este género de nematodos involucran lesiones en las raíces absorbentes que degradan o pudren los tejidos, permitiendo la invasión de patógenos secundarios, produce una reducción del sistema radical, amuñonamiento y en algunos casos proliferación de raicillas. Los síntomas se presentan también en la parte aérea: amarillamientos, achaparramiento, raquitismo, marchitez recurrente, especialmente en horas de gran intensidad solar y volcamiento de plantas aún con vientos moderados.

Es un ectoparásito de hábitos alimenticios externos a las raíces. Son de distribución mundial y asociados a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas. La temperatura es determinante para el desarrollo y aumento de las poblaciones, con un óptimo desarrollo a 15-30°C. *Criconemoides* se desarrolla mejor en suelos húmedos, situación que le permite establecerse en zonas con riego y en la estación lluviosa aumentar sus poblaciones (CABI, 2016b).



Figura 8. Género *Criconemoides* spp, (Hembra).

- *Hoplolaimus* spp

Este género se caracteriza por generar lesiones superficiales en el lugar del ataque, reduce el crecimiento de la raíz y retrasa el crecimiento de las partes aéreas. Las hojas pueden llegar a distorsionarse y volverse cloróticas y poco crecimiento. *Hoplolaimus* es un nematodo ectoparásito. *Hoplolaimus seinhorsti* es esencialmente un endoparásito, se alimenta de las células corticales, pero también puede alimentarse como un ectoparásito (CABI, 2016d).

La alimentación de los nematodos causa una decoloración amarillenta de los tejidos. Cuando los tejidos en los sitios de alimentación se destruyen los nematodos se mueve a partes no afectadas, saludables que resulta en la formación de grandes cavidades en la corteza que en última instancia parece despegarse, dejando el núcleo central de elementos. De vez en cuando el nematodo se alimenta de nódulos de *Rhizobium*. Una semana después de la germinación de las plántulas, las etapas de desarrollo, los adultos y los huevos son visibles dentro de las raíces. Después de 6-8 semanas, se puede marcar necrosis en las raíces laterales ambos laterales y secundaria es visible. Nueve semanas después de la germinación de las raíces de alimentación del huésped pueden ser vistos a ser más necrosado o desaparecidos. La planta afectada muestra visiblemente más corta longitud de brotes; también se reducen los pesos de las raíces y retoños frescos y secos (CABI, 2016d).

Las condiciones óptimas para crecimiento de la población se han informado de que una temperatura de 30°C, el pH del suelo de 7, suelo franco arenoso y contenido de humedad 16% su ciclo de vida es de 4 a 5 semanas (CABI, 2016d).



Figura 9. Género *Hoplolaimus* spp.

- *Tylenchorynchus* spp

Este género nematodo se encuentra presente en el suelo al igual que los sistemas radiculares de las plantas, en las que pueden causar estrés o enfermedades en las plantas. Puede producir lesiones de color marrón en el sitio de alimentación en las raíces y puede causar el retraso del crecimiento grave y clorosis. Cuerpo de tamaño mediano marco cefálico leve a muy esclerotizado. Campo lateral con dos, tres, cuatro, o cinco líneas crestas longitudinales a veces presentes en el cuerpo, la cola es casi tres veces más largo que ancho a veces con la cutícula más gruesa en la porción 15 a 30 micras de largo y delgado estilete que presenta perillas fuertes, con el cono casi tan largo como el eje, a veces en forma de aguja, la glándulas esofágicas vinculadas por una membrana en un bulbo basal de gran tamaño. Comparecer a tope en el intestino (CABI, 2016i).

Los síntomas en las raíces se manifiestan por la adhesión de partículas de suelo en los lugares donde se encuentra alojada la hembra adulta, la presencia del género *Tylenchorhynchus*, en plantaciones como tabaco, cereales, plantas ornamentales, coníferas, maíz y algodón constituye uno de los factores limitantes de los cultivos debido a las grandes pérdidas producidas por la reducción de 48 a 57 % en el rendimiento. Su hábito es ectoparásito en las raíces y habita en la rizosfera. Su ciclo de vida se completa a 28 ° C en 31-38 días .La primera muda se produce en el interior del huevo. Los huevos son puestos 8-10 días después de la última muda los sexos pueden ser reconocidos en la tercera etapa juvenil por la estructura. A 24 °C, los huevos eclosionan después de 6 días y los juveniles se desarrollan a adulto en 33 días (CABI, 2016i).



Figura 10. Género *Tylenchorynchus* spp.

- *Tylenchus* spp

Género que se encuentra frecuentemente en suelos agrícolas y asociado a las raíces de muchos tipos de plantas, también es frecuentemente encontrarlo en muestras de suelo de zonas boscosas, estos nematodos se alimentan principalmente de algas, líquenes, hongos y musgos. Algunos géneros relacionados como *Lelenchus*, *Filenchus*, *Aglenchus*, podrían ser confundidos con este género. *Tylenchus* se ha detectado en una variedad de cultivos, pero en ningún caso en altas densidades poblacionales que sugiera un efecto negativo en el cultivo. La característica principal de este género es la cola filiforme, vulva muy por debajo de la mitad del cuerpo (CABI, 2016j).



Figura 11. Género *Tylenchus* spp.

2.3 *Fusarium* sp

2.3.1 Descripción taxonómica

La sistemática del hongo fitopatógeno *Fusarium* sp, se resume de la siguiente manera ITIS (2015),

Reino: Fungi.

Filo: Ascomycota.

Clase: Sordariomycetes.

Orden: Hypocreales.

Familia: Nectriaceae.

Género: *Fusarium*.

2.3.2 Importancia fitosanitaria en cebolla

El organismo causal es el hongo perteneciente a la clase Deuteromycete denominado *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*, por ser esta clase de los llamados

hongos imperfectos, carece de fase sexual. Por lo general se presenta como saprófito en el suelo. Este presenta numerosas estructuras llamadas esporodocios donde se agrupan las esporas. Existen dos tipos de conidios, los macroconidios que son hialinos, tabicados, generalmente con tres tabiques y microconidios más pequeños hialinos, unicelulares. Posee células de paredes engrosadas que actúan como estructuras de resistencias denominadas clamidosporas pueden ser terminales o intercalares (Nelson, 1981).

La especie tiene la capacidad de atacar un gran número de plantas de importancia agrícola y ocasiona principalmente marchitamientos vasculares, seguidos de la muerte de la planta (Nelson, 1981).

Las microconidias son esporas unicelulares sin septas hialinas de elipsoidales a cilíndricas, rectas o curvadas. Las macroconidias, son esporas de pared delgada, fusiformes largas, moderadamente curvadas, con varias células y de tres a cinco septas transversales, con la célula basal alargada y la célula basal atenuada (Nelson, 1981).

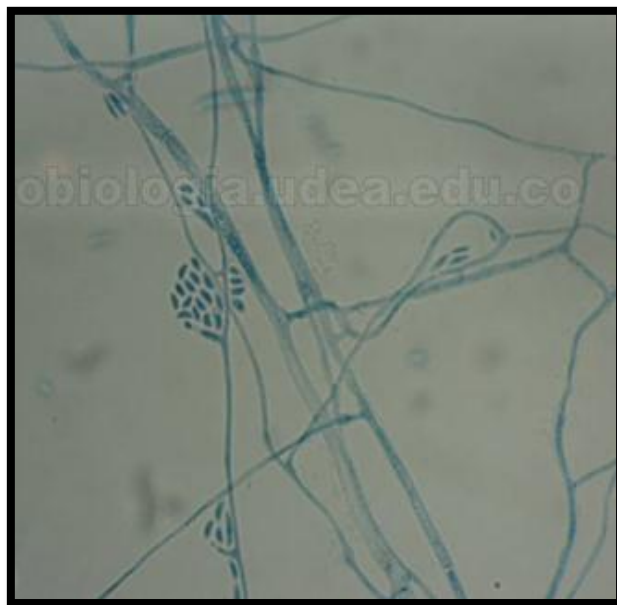


Figura 12. Morfología higroscópica a partir del cultivo de *Fusarium* spp. Hifas hialinas septadas y delgadas y microconidios elipsoidales en acumulo (Universidad de Antioquía, 2011).

Las clamidosporas son esporas formadas a partir de la condensación de células de las hifas o de las macroconidias y se caracterizan por poseer paredes bastante gruesas, lo que las hace muy resistentes a condiciones ambientales desfavorables o a la ausencia de plantas hospedantes. Las clamidosporas se forman simples o en pares, son terminales o intercalares y son las principales responsables de la sobrevivencia del hongo en tejidos muertos de plantas hospedantes o en el suelo (Nelson, 1981).

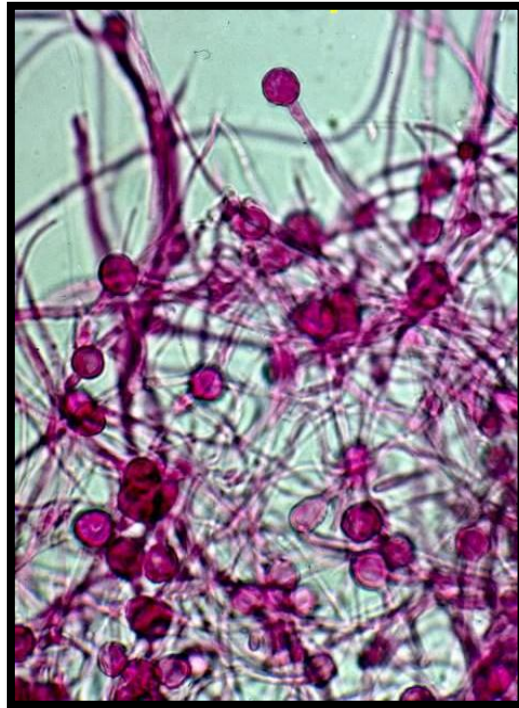


Figura 13. Clamidosporas: las células hifas aumentan de tamaño y se rodean de paredes gruesas.

El hongo sobrevive en el suelo como micelio de una estación a otra en restos vegetales o en todas sus formas conidiales, especialmente clamidosporas (Agrios, 2013).

Al establecer plantas sanas en suelo contaminado, los tubos germinales de las esporas o el micelio penetran directamente a las puntas de las raíces o ingresan a través de heridas, el micelio se propaga intercelularmente a través de las punteaduras, se mantiene solo en los haces vasculares y viaja a través de ellos, principalmente en sentido ascendente hacia el tallo y corona de la planta cuando llega a los vasos, el

micelio se ramifica y produce mitocondrias que se desprenden y son llevados hacia la parte superior de la planta. Estas germinan donde finaliza su movimiento ascendente, posteriormente penetra la pared superior del vaso y el patógeno produce más mitocondrias en el vaso siguiente (Agrios, 2013).

Rosas (2009), hace mención que las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de la enfermedad son bastantes similares a las requeridas por *Phytophthora terrestris*. El rango óptimo de temperatura de suelo para el desarrollo de la podredumbre basal se encuentra entre los 28 y los 32°C, la enfermedad se favorece con humedad relativa alta; sobre un 80%, las temperaturas óptimas para que ocurra la infección son de 26 a 28°C, con un rango entre 14 y 32°C.

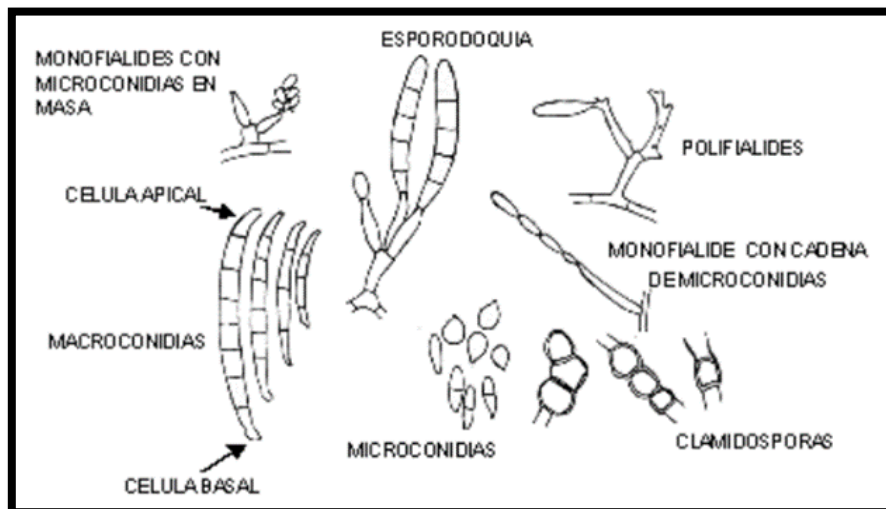


Figura 14. Características morfológicas microscópicas del género *Fusarium*.

2.6.4 Síntomas de *Fusarium* en cebolla

Fusarium oxysporum f. sp. *cepae* puede infectar la cebolla en todas las etapas de crecimiento de la planta, causa podredumbre de las plántulas, pudrición de la raíz de las plantas más viejas que pueden resultar en la muerte de la planta, y la pudrición

basal de bombillas, que puede causar ruptura de la bombilla en el campo o en almacenamiento (Smith, 2009).

Mientras tanto Lorbeer (1965), en su investigación encontró que *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cepae* es un invasor principal de la cebolla y que no es necesario heridas o daños para que se produzca la infección. *Fusarium* por lo tanto, se considera ser un patógeno primario de la cebolla.

Rosas (2009), hace mención en su estudio que los bulbos de la cebolla pueden llegar a ser infectados por el patógeno en cualquier momento durante su crecimiento en el campo. Los primeros síntomas de la enfermedad son hojas amarillentas y/o necrosis a partir de las puntas de las hojas, desarrollándose progresivamente hacia abajo. Los bulbos atacados pueden mostrarse descoloridos y al ser cortados los tejidos afectados muestran una tonalidad de color marrón y apariencia aguada.



Figura 15. Daños iniciales por *Fusarium* en cebolla.

Rosas (2009), describe también que las raíces se pudren eventualmente y aparece un micelio blanco en la base del tallo que después se convierte en una coloración marrón. Esta enfermedad es más evidente cuando se encuentra en fases fenológicas

avanzadas, es decir, en etapas tempranas del cultivo es menos frecuente observar daños en bulbos.

De acuerdo a Agrios (2004), *Fusarium oxysporum* es una de las especies más importantes del género *Fusarium*; Debido a las pérdidas económicas que causa en los cultivos comerciales, está entre las especies más abundantes, cosmopolitas y complejas pues tiene más de 120 formas especiales entre ellos se incluye: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cúbense* (mal de panamá del banano); *Fusarium oxisporum* f sp. *pahseoli* (marchitez del frijol); *Fusarium oxysporum* f, sp *ianthi* (marchitez del clavel) *Fusarium oxysporum* f sp. *chrysanthemi* (marchitez del crisantemo) *Fusarium oxysporum* f, sp. *Cepae* (marchitez de la cebolla).

Smith (2009), encontró que *Fusarium oxysporum* f sp *cepae* es un invasor principal de la cebolla y que las heridas o daños no es necesario para que se produzca la infección. *Fusarium oxysporum* f sp. *Cepae* por lo tanto se considera ser un patógeno primario de la cebolla.

Sin embargo Smith, (2009), menciona que otros autores reportan que las detonaciones de las raíces nunca ocurre en la cebolla cuando *Fusarium oxysporum* f sp. *Cepae* es el único patógeno, y que este síntoma sólo se produce en asociación con la enfermedad de la raíz rosada causada por *Pyronochaeta terrestris* (*Phoma*).

2.3 INTERACCIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS CON *Fusarium oxysporum*.

Los nematodos fitoparásitos pueden influir en la actuación de otros organismos fitopatógenos del suelo y el papel que juegan en la interacción con otros hongos fitopatógenos es diferente en función de los distintos tipos de parasitismo que aquellos desarrollan, dichos nematodos inducen cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales en la planta que pueden ser mínimos en el caso de nematodos ectoparásitos (organismo que vive en el exterior de otro organismo) extensos y complejos como en el caso de nematodos endoparásitos (parasito que vive en el interior de un huésped) sedentarios (*Meloidogyne* spp. y *Heterodera* spp.). Atkinson

demonstró estas interacciones en 1892, al demostrar que la infección por *Meloidogyne* spp incrementa la severidad de la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Atk.) (Palomares, 2009).

Más tarde Palomares (2009), demostraría que los nematodos fitopatógenos también interactúan con virus, bacterias y hongos dando lugar al complejo de enfermedades o variaciones en respuestas de la planta a la infección, en algunos casos la interacción entre nematodos fitoparásitos y establecimiento de los hongos aunque si puede alterar la incidencia y la severidad por las enfermedades causadas por estos.

Aunque inicialmente se sugirió que el papel del nematodo era más de tipo mecánico, ocasionando totalmente lesiones en las plantas que facilitaría físicamente la invasión de estas por el hongo, distintos estudios indicaron que el mecanismo es más complejo indicando en muchos casos interacción de tipo biológico, más de tipo físico. Así por ejemplo la penetración de juveniles de *Meloidogyne incognita* produjo heridas en las raíces de algodón que sin embargo no favorecieron la invasión de estas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Palomares, 2009).

Los cambios estructurales y fisiológicos de la planta huésped causados por el nematodo puede proporcionar al hongo un substrato más favorable o a ser ineficaces los mecanismos de defensa contra él, Taylor (1990), así mismo la inducción de cambios en los exudados de las raíces del huésped por el nematodo puede determinar una modificación de las poblaciones de microorganismos de la rizófora que repercute sobre la siguiente infección por el hongo como se ha observado con un incremento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.), y un decrecimiento de especies de actinomicetos en la rizosfera de tomate infectado por *Meloidogyne javanica*, siendo ésta otra posible forma de sinergismo entre ambos patógenos (Palomares,2009).

Aunque las interacciones referidas dependen principalmente de los organismos implicados., otros factores como densidad entre plantas y temperatura e inóculo de ambos patógenos se secuencia, de inoculaciones etc. Puede tener gran importancia en el desarrollo de aquellas (Palomares, 2009).

Palomares, (2009). Menciona que demostraron que en tomate no se producía interacción entre *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* a niveles bajos de densidad de inóculos para ambos patógenos e independiente de la capacidad de resistencia y susceptibilidad de la planta al nematodo aunque con densidades de inóculos elevadas (5×10^{-3} nemátodos/planta) o altas temperaturas (30-35 °C), la infección por *Meloidogyne incognita* incrementa significativamente la severidad de la marchitez causada por el hongo. La interacción de nematodos y hongos fitopatógenos puede desarrollarse según diversos escenarios, como se describe en los siguientes apartados.

2.7.1 Antagonismo

En ciertos casos, la interacción entre hongos y nematodos fitopatógenos tiene un efecto antagonista, siendo el perjuicio menor cuando ambos patógenos infectan la planta simultáneamente que cuando lo hacen por separado. Esto se observa por ejemplo en la infección conjunta por remolacha por *Heterodera schachtii* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* o *Fusarium solani*, que originaron una disminución de la población y nodulación de *Meloidogyne incognita*, que protegió a la planta contra el ataque de *Rhizoctonia solani* (Palomares, 2009).

La secuencia de inoculación por los patógenos también puede influir sobre el resultado de la interacción entre ambos, como en el caso de *Rhizoctonia solani* y *Heterodera cajani* Koshy en caupi (*Vigna unguiculata*), donde el antagonista observado cuando la planta era inoculado simultáneamente con ambos patógenos desaparecía. Cuando las plantas se inoculó primero con *Heterodera cajani* y después con *Rhizoctonia solani* (Palomares, 2009).

Entre los mecanismos que pueden explicar este tipo de interacciones están la competencia por puntos de infección de la raíz, la disminución de nutrientes la producción por el hongo de compuestos nematicidas o productos tóxicos para el nemátodo con efecto letal o limitante de su reproducción y por último la reproducción

en el crecimiento y reproducción del hongo en los tejidos infectados por los nematodo (Palomares, 2009).

2.7.2 Sinergismo

En otras combinaciones hongo-nematodo, la interacción entre ambos microorganismos ha dado lugar a un efecto sinérgico en la planta. En estos casos la coinfección de la planta por ambos patógenos origina mayor severidad de los síntomas en comparación con la ocasionada por cada agente individualmente.

Según Palomares (2009), en su investigación diferentes estudios han demostrado que dicho efecto se mantiene aun cuando ambas infecciones se produzcan en sitios separados d la planta de caupi (*Cajanus cajan* (L.) Mill.) se inocularon con *Meloidogyne* spp, y *Fusarium* y pudo demostrarse que el efecto sinérgico se mantenía a pesar de la separación de los agentes fitopatógenos interactuantes.

Palomares (2009). También menciona que varios mecanismos pueden explicar este sinergismo, como la producción por el nematodo por los cambios de producción en la rizosfera, cambios fisiológicos producción por el hongo o el nematodo en el huésped, y la disminución de la resistencia de la planta a uno de los patógenos causada por la infección del otro.

2.7.3 Interacciones de *Meloidogyne artiellia* y *Fusarium oxysporum* f. sp *ciceris* Raza 5 con garbanzo.

Para determinar los diferentes hitos parasíticos de *Meloidogyne artiellia* en plantas de garbanzo semillas del cultivar Uc 27 (que se avía mostrado susceptible a *Meloidogyne artiellia*. (Palomares, 2009).

Se desinfestaron superficialmente con una solución de Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 20% durante 3 min. Posteriormente las semillas las semillas se germinaron en cámaras humedad a 25°C en oscuridad durante 48 h, con objeto de utilizar semillas con una

longitud de radícula estandarizada. Las semillas germinadas se sembraron en macetas de arcilla. De 7,5 cm de diámetro conteniendo 400 cm³ de una mezcla de suelo, esterilizando e infestando con el aislado de *Meloidogyne artiellia* en el momento de la siembra. Las plántulas se mantuvieron en una cámara de crecimiento ajustada a 25° y 1° C y un fotoperiodo de 14 h/día de luz fluorescente. Estas condiciones son favorables para la infección y reproducción de *Meloidogyne artiellia* (Palomares, 2009).

2.7.4 Fases iniciales de la interacción DAI (Análisis de Disputa e Investigación).

En este experimento se estudió la respuesta proteínica de ambas líneas de garbanzo en periodos iniciales de la interacción, a los 4 y 8 DAI. Las semillas germinales, seleccionadas por uniformidad (Con raíces de 1 a 2 cm de longitud), se plantaron individualmente en frascos de plásticos estériles de 100 cm³ de volumen y contenido una mezcla de suelo, esterilizado e infestado con, 0 o 30.000 Clamidosporas de *Foc-5* por gramo de suelo, el experimento se llevó a cabo con un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por cada tiempo de muestreo y líneas, cada repetición consiste en 6 raíces de plántulas a los 4 DAI y 8 DAI. Las plántulas se mantuvieron en una cámara de crecimiento ajustada a las mismas condiciones ambientales indicado en el durante el tiempo de incubación del experimento. A los 4 y 8 DAI las raíces se levantaron primero con agua, para eliminar las partículas de suelo, y luego con agua destilada estéril, se congelaron rápidamente con nitrógeno líquido y se mantuvieron a -80 C hasta la extracción de proteínas (Palomares, 2009).

2.7.5 Fases avanzadas de la interacción. DAI (Análisis de Disputas e Investigaciones).

Palomares (2009), describe que para estudiar las respuestas proteicas en fases avanzadas de la interacción en el pato sistema garbanzo- *Foc-5- Meloidogyne artiellia* se utilizaron plantas de 35-40 DAI, Como en los experimentos anteriores las semillas se seleccionaron por uniformidad por uniformidad y se sembraron en macetas de arcilla de

15 cm, de diámetro (cuatro semillas por macetas) en una mezcla de suelo infestado con 0 o 30,000 Clamidosporas de *Foc-5* por gramo de suelo en combinación con 0 o 20 huevos más J2 por centímetro cúbico de suelo, se realizaron tres repeticiones biológicas por cada tratamiento, consistentes en el material vegetal obteniendo de cuatro plantas/ macetas.

Los cuatro tratamientos fueron suelo estéril y suelo infestado con *Meloidogyne artiellia* infestado por *Foc-5*; y suelo infestado con *Meloidogyne artiellia* y *Foc-5*, el inóculo de *Meloidogyne artiellia* se añadió en 5ml de agua destilada estéril y en el centro de las cuatro semillas germinadas, para favorecer la colonización de estas por el nematodo. Este método de recolección de material puede ser interesante, en estudios proteómicos en fitonematología, para concentrar la respuesta y eliminar/reducir al mínimo la contaminación por proteínas constituidas por el nematodo. *Meloidogyne artiellia* puede así mismo, ser un buen nematodo modelo para aplicar esta técnica por la escala nodulación que origina en las plantas huésped que parasitan, lo que contrasta con otras especies de *Meloidogyne*, Vito y Greco (1988), citado por (Palomares, 2009), las cuales producen una mayor división de células adyacentes a las células gigantes, con la posible dilución de la respuesta de estas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Según la Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala -FASAGUA- (2015), en Guatemala se siembra un estimado de 3,495.88 (he) del cultivo de cebolla, donde a nivel nacional se tiene una participación de Quiché (33%), Jutiapa (18%), Huehuetenango (14%), Quetzaltenango (13%), Santa Rosa (5%), Sololá (5%) y los demás departamentos de la República suman el (11%) restante.

Según Urrutia (2006), citado por Torres (2012), en el Valle de Asunción Mita, se ha mencionado que es una zona altamente productora de cebolla con una gran importancia a nivel del departamento de Jutiapa donde se estima que de 350 hectáreas (he) son cultivadas en el Valle de Asunción Mita, siendo este el segundo cultivo de mayor importancia económica de la región.

En los últimos años la incidencia de enfermedades en el Valle de Asunción Mita ha aumentado, la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* especial en el cultivo de cebolla es uno de los factores que amenaza la producción de este cultivo, debido a que se estima que se tiene entre un 15% a un 20% de pérdidas que son causadas por esta enfermedad según los agricultores del área.

Así mismo se desconoce totalmente los géneros de nematodos que predominan en las zonas productoras del Valle de Asunción Mita, los agricultores creen que existe un posible relación entre los nematodos y *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*, donde se cree que los nematodos favorecen a las condiciones adecuadas para que se presente esta enfermedad en la planta, sin aun estar definido con pruebas a nivel de laboratorio si existe una interacción entre nematodos y *Fusarium*.

Teniendo en cuenta antecedentes de daños por nematodos y el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*, que su distribución es a nivel mundial y que predominan en la mayoría de los campos de producción de cebolla, en una de estas áreas se encuentra la zonas productoras del Valle de Asunción Mita, que es una zona altamente productora de este cultivo y de gran importancia representativa para los habitantes de

Asunción Mita y Guatemala por el gran valor económico que representa nacional como regionalmente.

Con el propósito de brindar ayuda a los productores de cebolla de todo el Valle de Asunción Mita, con la problemática ya expuesta fue necesario realizar un estudio de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de cebolla y así mismo realizar una investigación sobre el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, determinar así mismo si existe una relación directa entre nematodos y *Fusarium* o un asocio entre ellos, explorar que géneros de nematodos están presentes en el Valle. Determinar cuáles son los nematodos de mayor importancia en cebolla y mayor riesgo para este cultivo, así mismo con *Fusarium* se pretende determinar la etapa fenológica donde ataca al cultivo, las condiciones que favorecen para que el hongo de desarrolle con más agresividad.

Esta investigación tuvo como propósito determinar la interacción entre nematodos y *Fusarium* debido a que no hay una documentación escrita de géneros de nematodos y un estudio sobre esta interacción en el Valle de Asunción Mita, que tuvo como propósito una prospección o exploración, esta investigación beneficiara a los productores de este cultivo en cualquier región productora y en especial a los productores de Asunción Mita para mejorar sus métodos de trabajo para poder contrarrestar o anticiparse a los daños que pueden causar los nematodos y *Fusarium*, y que puedan tener las más mínimas pérdidas por estos daños al momento de cosecha, así mismo esta información servirá a extensionistas de cualquier entidad privada o pública para dar una mejor recomendación y disminuir los ataques por nematodos y el hongo *Fusarium*.

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Realizar una prospección de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de cebolla en el Valle de Asunción Mita y relacionarlos con la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*.

4.2. ESPECÍFICOS

Identificar los géneros presentes de nematodos en el Valle de Asunción Mita.

Cuantificar poblaciones de géneros de nematodos identificados en el cultivo de cebolla.

Cuantificar la incidencia de *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae* en parcelas de cebolla del Valle de Asunción Mita.

Establecer la relación entre las poblaciones de cada género de nematodo con la incidencia de *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*.

5. METODOLOGÍA

5.1 AMBIENTE

El estudio se realizó en el Valle de Asunción Mita, en las áreas donde se cultiva el cultivo de cebolla. El Valle de Asunción Mita se encuentra ubicado bajo las coordenadas 14°18 '59 06.7"N 89°41'38.50.7"W, del meridiano de Greenwich, con una precipitación pluvial de 34% y 67% ml diarios en época lluviosa (2015) con una temperatura de 25° C a 32° C, se encuentra a 501 msnm (The wether channel, 2015).

5.2 SUJETOS O UNIDADES DE ANÁLISIS

Muestras de suelo de parcelas con cultivo de cebolla.

Muestras de tejido vegetal.

Especímenes de nematodos extraídos.

5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación de tesis es de enfoque cuantitativo tipo descriptiva interrelativa.

5.4 INSTRUMENTO

Los instrumentos utilizados para consignar la información consistió en las boletas de muestra de suelo, raíz y tejido vegetal.

Cuadro 2. Boletas de forma de muestreo de nematodos.

FORMULARIO DE MUESTRAS DE SUELO DE NEMATODO.											
Enviado por: _____						Fecha de toma de muestra: _____					
Dirección: _____						Presentación: _____					
País: _____				Tel: _____				Fecha recibida: _____			
Números de la clínica	Numero de Muestras	Tipo de suelo	Cultivos presentes (verano)		Cultivos anteriores (verano)		Cultivo ultimo 2 años (verano)		Próximo cultivo	Tratamiento con nematicidas pasados	
			Cosecha	Variedad	Cosecha	Variedad	Cosecha	Variedad		Año	Químico

5.5 PROCEDIMIENTO

5.5.1 Localización

El Valle de asunción mita se localiza en la parte Sur Oriente del País, en el departamento de Jutiapa, Guatemala.

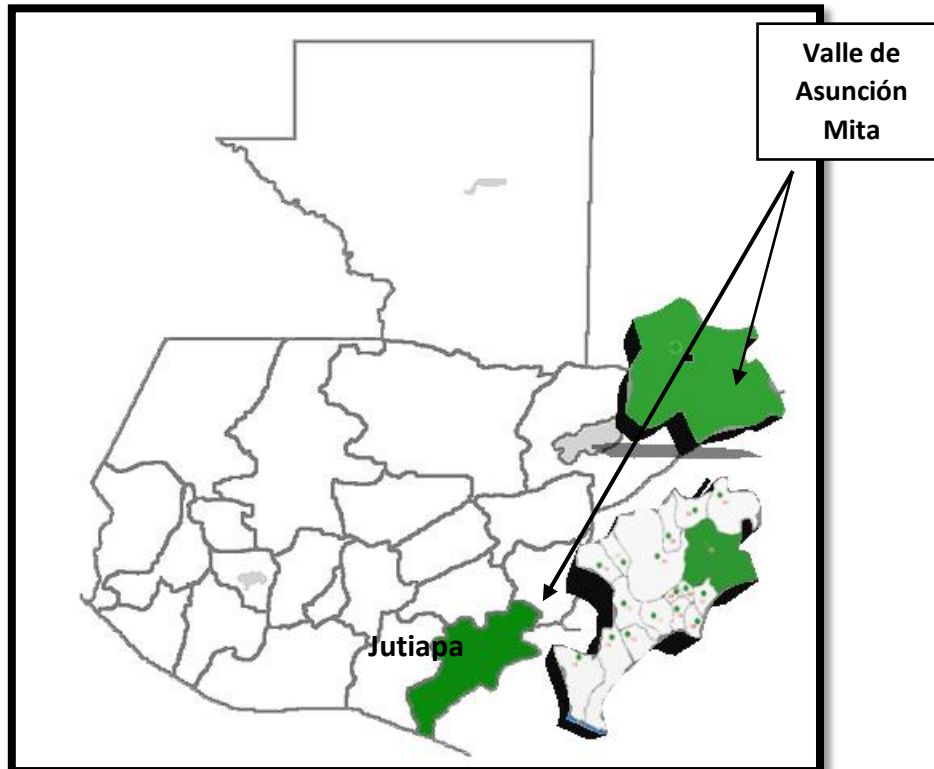


Figura 16. Mapa de Guatemala, Jutiapa y Asunción Mita.

Aldeas y caseríos donde están establecidos los campos de producción de cebolla

1. Caserío El Coco.
2. Aldea Valle Nuevo.
3. Aldea Tiucal.
4. Aldea San Matías.
5. Aldea los Amates.

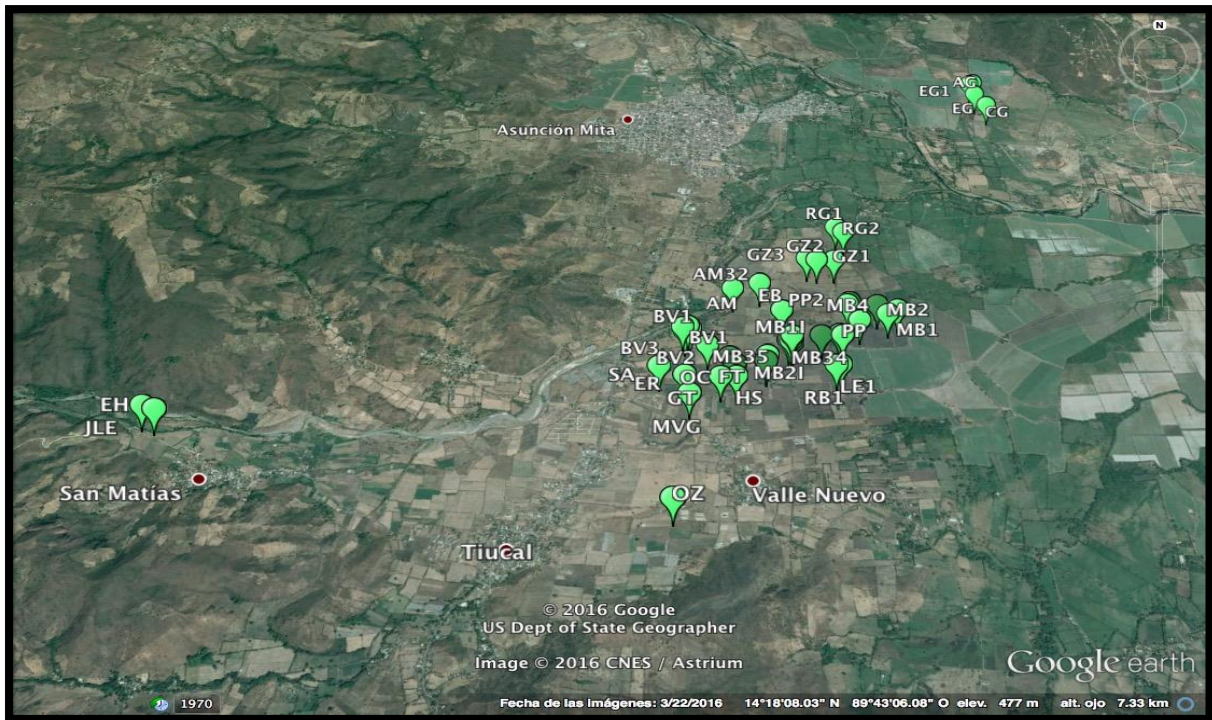


Figura 17. Muestra de todos los puntos de Muestreo en el Valle de Asunción Mita, (Google Earth, 2016).

5.5.2 Muestreo de suelos y raíz

Muestreo de suelo

El muestreo en suelo se realizó en áreas mayores hasta 1 Ha, donde se tomaron 10 sub-muestras (barrenos) y se procedió a combinarlas para hacer una muestra compuesta aproximadamente 1-2 kg. Se tomó la sub muestra de suelo de la zona de las raíces con una pala, barreno o herramienta similar que sea adecuada para el cultivo que se está muestreando, se colocó la muestra en una bolsa con mucho cuidado, se etiquetó y se cerró la bolsa con las muestras (Coyne *et al*, 2007).

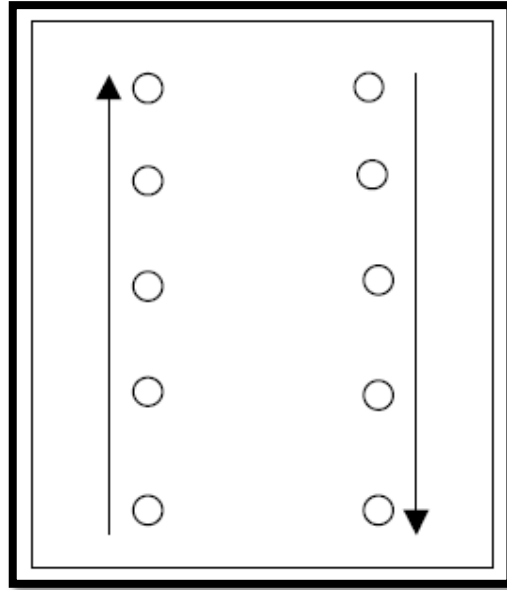


Figura 18. Diseño de la extracción de muestra suelo.

5.5.3 Identificación y cuantificación de géneros de nematodos

Para la identificación de géneros se procedió a extraer los nematodos utilizando el método de tamizado centrifugado con flotación en azúcar como se indica a continuación en la siguiente descripción:

- Extracción de suelo

La extracción de nemátodos en el suelo se realizó por el método de tamizado-centrifugado con flotación en azúcar descrito por Coyne *et al*, (2007). El procedimiento consistió en colocar 100 cc de suelo en un beaker, se llenó una cubeta a la mitad con agua, colocó el suelo en la cubeta y deshicieron los grumos, se revolvió hasta que quedase sin grumos.

Se utilizaron dos tamices uno de 20 mesh y uno de 500 mesh haciendo una torre donde fue hasta abajo el tamiz de 500 mesh y arriba el de 20 mesh, luego se agregó el contenido de la cubeta a los tamices, los dos tamices anteriores impedían que pasaran restos de suelo, piedras y basura al tamiz de 500 mesh, luego se hacía un leve

movimiento para que el agua pasara en el último tamiz y que los nematodos fueran atrapados en el tamiz de 500 mesh, para que luego fuesen recolectados con la ayuda de una pizeta en 2 tubos de ensayos. Se agito y se procedió a centrifugar por cinco minutos.

Los nematodos quedaron atrapados con el suelo al fondo del tubo, se descartara el sobrenadante y se llenaron los tubos con una solución azucarada 1:1, se agito bien cada tubo y se centrifugo por un minuto y medio, se recuperó el sobrenadante en un tamiz de 500 mesh y fue lavado con abundante agua para eliminar la solución azucarada, por último se recuperaron los nematodos del tamiz en un beaker para posteriormente ser puestos en la cámara de conteo y llevarlo al microscopio, y posteriormente hacer el conteo e identificar géneros presentes.

- Identificación de géneros

Para la identificación de géneros de nemátodos fitoparásitos extraídos se utilizó como base la clave para hembras Mai y Mullin (1996).

5.5.4. Incidencia de *Fusarium*

Para cuantificar la incidencia de *Fusarium* se realizó de la siguiente manera: se utilizaron parcelas matrices de 1 metro cuadrado con un marco de madera con la media ya mencionada, donde se cuantificaba el número total de plantas, y así mismo se identificaba el número de plantas con síntomas o dañadas, donde se calculó el % de incidencia de *Fusarium*.

Identificó el número de plantas con síntomas de *Fusarium* y se calculó el % de incidencia con la siguiente formula.

$$\% \text{Incidencia } *Fusarium* = \frac{\# \text{ plantas con síntomas de } *Fusarium*}{\# \text{ Plantas totales}} \times 100$$

Plantas totales

5.6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva para explorar lo observado. Se desarrollaron mapas de distribución de los nemátodos totales y de incidencia de *Fusarium* en las áreas de siembra para relacionar las poblaciones de cada género y totales con la incidencia de *Fusarium* a través de un análisis de correlaciones y regresión lineal, con la ayuda de la hoja de cálculo Microsoft Excel 2013.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS GÉNEROS DE NEMATODOS PRESENTES EN EL VALLE DE ASUNCIÓN MITA.

De las extracciones de suelo que se realizaron en el Valle de Asunción Mita, en los campos donde se cultiva cebolla se lograron identificar y determinar 10 géneros de nematodos los cuales son: *Pratylenchus* spp, *Meloidogyne* spp, *Helicotylenchus*, *Criconemoides* spp, *Aphelenchoides* spp, *Tylenchorynchus* spp, *Tylenchus* spp, *Paratrichodurus* spp, *Hoplolaimus* spp, *Scutellonema* spp, todos los géneros de nematodos se identificaron en base a la clave de Mai y Mullin (1996).

A continuación se presenta una ficha técnica de cada género de nematodos encontrado con descripciones taxonómica, reportes para Guatemala, especies asociadas en cebolla y fotografía.

FICHA TECNICA DE *Aphelenchoides* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROBECION DE NEMATODOS RTOPARÁBITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUJONCITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
CARIAS

Nombre científico: *Aphelenchoides* spp

Nombre común: Nematodo foliar

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Aphelenchida.

Familia: Aphelenchoididae.

Plaga primaria en cebolla: No se reportan especies

Plaga secundaria en cebolla: Se reportan dos especies como plaga secundaria

Especies: —

Especies: *Aphelenchoides besseyi*, *Aphelenchoides fragariae*

Reportado para Guatemala: Oficialmente no se reporta en Guatemala. Se ha reportado para El Salvador.

Descripción: Llamado también, nematodo foliar, Este género de nematodos posee un hábito ectoparásito, posee una cutícula marcada por estriás transversales finas; campo lateral con 2 cisuras que aparece como una banda estrecha. Región cefálica, lisa, aplanado en sentido anterior con directamente a los márgenes laterales curvos casi continuas con el contorno del cuerpo. Estilete delgado, de aproximadamente 10-11 micras

Fotografías:

Julio García



Bibliografía

CABI. (2016a). *Aphelenchoides* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/6378>

Figura 19. Ficha técnica del género *Aphelenchoides* spp.

FICHA TECNICA DE *Criconemoides* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSPECCION DE NEMATODOS ROTOPARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCIÓN MITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
CARIAS

Nombre científico: *Criconemoides* spp

Nombre común: Nematodo Anillado

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Tylenchida.

Familia: Criconematidae.

Plaga primaria en cebolla: No se reportan especies

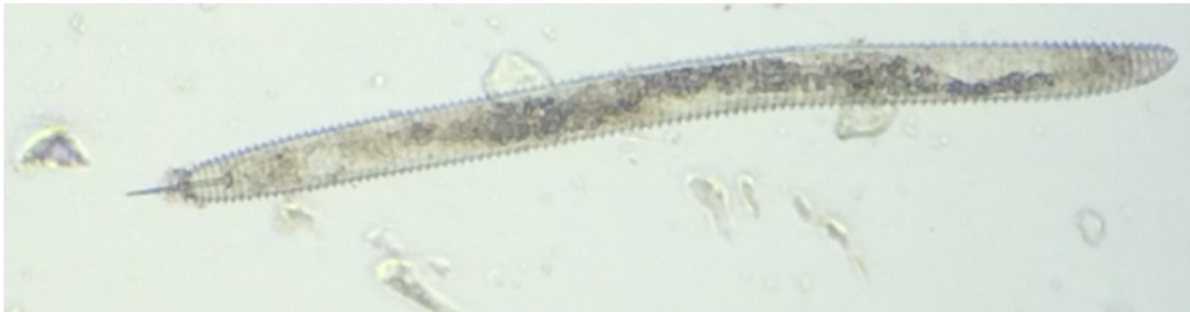
Plaga secundaria en cebolla: No se reportan especies

Especies:

Reportado para Guatemala: Oficialmente no se reporta. Se han encontrado reportes en El Salvador.

Descripción: Nematodos anillo derivan su nombre de su cutícula que está profundamente estriada, el espesor de la cutícula puede hacer que sea difícil de observar características internas. Posee dimorfismo sexual. Las hembras poseen un cuerpo de longitud variable (0,1 mm). Lóbulos sub medianos generalmente bien desarrolladas. Es un ectoparásito de hábitos alimenticios externos a las raíces. Son de distribución mundial y asociados a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas. Estos nemátodos introducen su estilete en los tejidos donde degeneran las células radicales. La temperatura es determinante para el desarrollo y aumento de las poblaciones, con un óptimo desarrollo a 15-30°

C. *Criconemoides* se desarrolla mejor en suelos húmedos.



Fotografías: Julio García

Bibliografía

CABI. (2016b). *Criconemoides* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/16034>

Figura 20. Ficha técnica del género *Criconemoides* spp.

FICHA TECNICA DE *Helicotylenchus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROBECION DE NEMATODOS ROTOPARÁBITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCIONMITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
GARIAS

Nombre científico: *Helicotylenchus* spp

Nombre común: Nematodo espiral.

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Tylenchida.

Clase: Secernentea.

Orden: Tylenchida.

Familia: Hoplolaimidae.

Plaga primaria en cebolla: se reporta una especie como plaga primaria.

Plaga secundaria en cebolla: se reporta una especie como plaga secundaria

Especies: *Helicotylenchus dihystra*

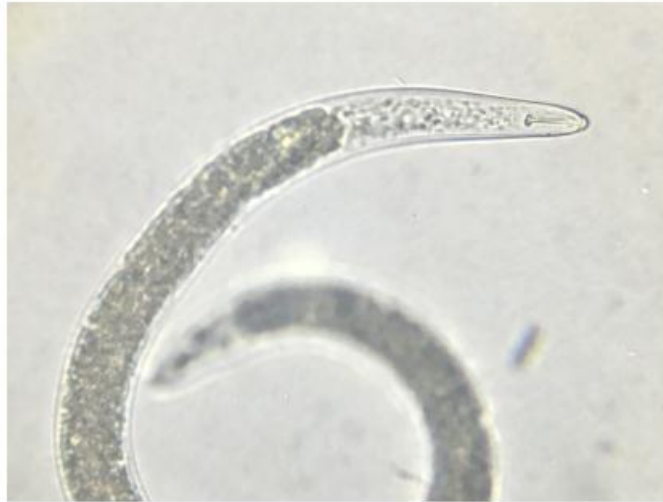
Especie: *Helicotylenchus pseudorobustus*

Reportado para Guatemala: Si se reporta

Descripción: Este nemátodo es también conocido como "nematodo espiral", ocupa el segundo lugar de los fitonematodos más diseminados y abundantes en los cultivos de banano y plátano en las áreas tropicales, donde las condiciones agroecológicas son menos óptimas. 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). La primera muda dentro del huevo, y los 3 estados juveniles pueden ser distinguidos por el sistema reproductivo. el hábito alimenticio de *Helicotylenchus* spp. se caracteriza generalmente como ectoparásito.

Fotografías:

Julio García



Bibliografía

CABI. (2016c). *Helicotylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/26824>

Figura 21. Ficha técnica del género de *Helicotylenchus* spp.

FICHA TECNICA DE *Hoplolaimus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSPECCION DE NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum sp. nov. EN EL VALLE DE ABUNCION MITA.

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
GARIAS

Nombre científico: *Hoplolaimus* spp

Nombre común: Nematodo de lanza.

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda .

Clase: Secernentea.

Orden: Tylenchida.

Familia: Hoplolaimidae.

Plaga primaria en cebolla: No se reporta

Plaga secundaria en cebolla: No se reporta

Especies: —

Especie: —

Reportado para Guatemala: No se reportan daños en cebolla en Guatemala.

Descripción: . Estos nematodos son por lo general alrededor de 1 a 1.5 milímetros de largo; algunas alcanzan 2 milímetros. Tienen grandes estilete con las perillas en forma anclajes o tulipanes. El macho tiene pliegues en forma de ala alrededor de su cola, y la hembra tiene una cola corta y redondeada. *Hoplolaimus* es un nematodo ectoparásito, semi-endoparásitos o endoparásitos ataca las raíces de las plantas. Las condiciones óptimas para crecimiento de la población se han informado de que una temperatura de 30°C, el pH del suelo de 7, suelo franco arenoso y contenido de humedad 16% su ciclo de vida es de 4 a 5 semanas.

Fotografías:

Julio García



Bibliografía

CABI. (2016d). *Hoplolaimus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/27523>

Figura 22. Ficha técnica del género *Hoplolaimus* spp.

FICHA TECNICA DE *Meloidogyne* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROBACION DE NEMATODOS ROTOPARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCIÓNMITA

ELABORADO: ADILDO DE JESUS MORALES
CARIAS

Nombre científico: *Meloidogyne* spp

Nombre común: Nematodo de agalla

Posición Taxonómica:

Reino: Metazoa.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Tylenchida.

Familia: Meloidogynidae.

Plaga primaria en cebolla: Una especie.

Plaga secundaria en cebolla: Dos especies.

Especies: *M. exigua*.

Especie: *M. graminicola* y *M. hapla*

Reportado para Guatemala: si se reportan reportes de daños por *Meloidogyne* en cebolla en Guatemala.

Descripción: Es conocido como "Nematodo de agalla". Es endoparásito sedentario, con distribución cosmopolita, se conocen que afecta a más de 2000 especies de plantas. Causan agallas en raíz y provocan pérdidas cuantiosas de producción (5% de la producción mundial) y económicas de control (aumento en costos de producción). El ciclo de vida se inicia con la postura de las masas de huevos, de los cuales eclosionan a los 7 días los juveniles de segundo estado (J2). Estos emigran a través del suelo atraídos por las raíces de las plantas hospedantes. Los J2 usualmente penetran a la raíz justo debajo de la cofia. Después de la penetración migran intercelularmente hasta alcanzar el floema primario o también las células indiferenciadas del parénquima, en donde se fijan e inician la alimentación. El ciclo de vida depende de la temperatura del suelo y del tipo de planta hospedante, generalmente en zonas tropicales el ciclo se completa entre los 21 y 28 días.

Fotografías:

Julio García



Bibliografía

CABI. (2016e). *Meloidogyne* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/20163165150>

Figura 23. Ficha técnica del género *Meloidogyne* spp.

FICHA TECNICA DE *Paratrichodorus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSPECCION DE NEMATODOS Y OTROS PARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCIÓN MITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
CARIAS

Nombre científico: *Paratrichodorus* spp

Nombre común: Nematodo

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Enoplia.

Orden: Triplonchida.

Familia: Trichodoridae.

Plaga primaria en cebolla: Dos especies.

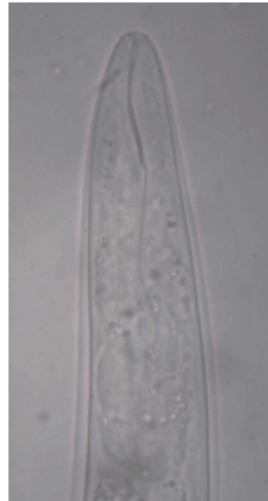
Plaga secundaria en cebolla: Ninguna como secundaria

Especies: *P. pororus* y *P. minor*

Reportado para Guatemala: No se reporta oficialmente para Guatemala. Se reporta para Centroamérica en Nicaragua

Descripción: Es un género de nematodos que al igual que otros géneros daña las raíces de las plantas, *Paratrichodorus* se multiplica rápidamente a temperaturas adecuadas en un buen hospedero. La temperatura óptima para la reproducción de *Paratrichodorus minor* de América del Norte se informó que las condiciones adecuadas son 16-24 °C y el nematodo completado su ciclo de vida en 21-27 días a 22 °C y en 16-17 días a 30 °C

Fotografías: Julio García



Bibliografía

CABI. (2016f). *Paratrichodorus*_(Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/44681>

Ferris. (1999). *Paratrichodorus minor* (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxadata/G097S1.HTM>

Figura 24. Ficha técnica del género *Paratrichodorus* spp.

FICHA TECNICA DE *Pratylenchus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSPECCION DE NEMATODOS ROTOPARÁBITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCIONMITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
CARIJAS

Nombre científico: *Pratylenchus* spp

Nombre común: Nematodo lesionador

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Adenophorea.

Orden: Tilenchyda.

Familia: Pratylenchidae.

Plaga primaria en cebolla: Una especie.

Plaga secundaria en cebolla: Tres especies.

Especie: *P. penetrans*

Especies: *P. brachyurus*, *P. thornei* y *P. zeei*

Reportado para Guatemala: si se reportan daños en cebolla por *Pratylenchus* en Guatemala.

Descripción: Conocido como nematodo lesionador. Con distribución Cosmopolita. Ataca raíces de todo tipo de plantas. Causa lesiones en raíces evitando que se desarrollen adecuadamente y dejando oportunidad que bacterias y hongos infecten las raíces. Puede provocar altas pérdidas de producción y muerte de las plantas. La reproducción en este género es bisexual y el ciclo completo toma alrededor de 5 semanas dependiendo de la temperatura y el hospedero. Los huevos son depositados en los tejidos de las raíces y eclosionan cuando el nematodo esta en el segundo estadio juvenil, es endoparásito migratorio que coloniza los tejidos del córtex de la raíz y el rizoma del plátano, en cuyos tejidos se nutren y multiplican.

Fotografías: Julio García



Bibliografía

CABI. (2016g). *Pratylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/43893>

Figura 25. Ficha técnica del género de *Pratylenchus* spp.

FICHA TECNICA DE *Scutellonema* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSPECCION DE NEMATODOS Y OTROS PARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Pisarium*
ovysporium f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUCCIONMITA.

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
GARIAS

Nombre científico: *Scutellonema* spp

Nombre común: Nematodo flame

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Tilenchyda.

Familia: Hoplolaimidae.

Plaga primaria en cebolla: No se reporta ninguna especie. **Plaga secundaria en cebolla:** Una especie.

Especie: *S. clathicaudatum*.

Especies: —

Reportado para Guatemala: No se reporta oficialmente para Guatemala

Descripción: Cuerpo directamente arqueado ligeramente cuando está relajado, Es un nematodo que daña las raíces de las plantas, causa lesiones rojizas en las raíces este género se caracteriza por poseer cutícula marcada por estrías transversal distinta alrededor de 1,4 micras separadas cerca de mitad del cuerpo. Los juveniles: cuatro estadios juveniles, se asemeja a la mujer en morfología general pero que carecen de estructuras genitales; primera etapa juvenil muda dentro del huevo, su habito alimenticio endoparásito migratorio, tiende a tener ciertas características en común con *Helicotylenchus*.

Fotografías: Julio García



Bibliografía

CABI. (2016h). *Scutellonema* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/49315>

Figura 26. Ficha técnica del género *Scutellonema* spp.

FICHA TECNICA DE *Tylenchorhynchus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROSECCION DE NEMATODOS Y OTOPARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Pissonotum
grypsarum* f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUCCIONMITA

ELABORADO: ADILIO DE JESUS MORALES
CARIAS

Nombre científico: *Tylenchorhynchus* spp

Nombre común: Nematodo

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Tilenchyda.

Familia: Belonolaimidae.

Plaga primaria en cebolla: No se reporta ninguna especie. **Plaga secundaria en cebolla:** No se reportan

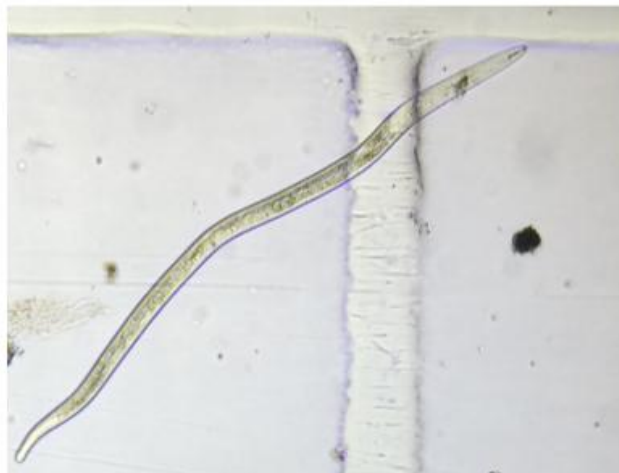
Especie: —

Reportado para Guatemala: No existen reportes en cebolla para Guatemala

Descripción: Genero de nematodos que presenta daños en raíces, y puede producir lesiones de color marrón en el sitio de alimentación, puede causar el retraso del crecimiento grave de las plantas y clorosis, su hábito es ectoparásito en las raíces y habita en la rizosfera. Su ciclo de vida se completa a 28 ° C en 31-38 días. La primera muda se produce en el interior del huevo. Los huevos son puestos 8-10 días después de la última muda. Sexos pueden ser reconocidos en la tercera etapa juvenil por la estructura y la posición del primer I. A 24 ° C, los huevos eclosionan después de 6 días y los juveniles se desarrollan a adulto en 33 días.

Fotografías:

Julio García



Bibliografía

CABI. (2016i). *Tylenchorhynchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/19600800724>

Figura 27. Ficha técnica del género *Tylenchorhynchus* spp.

FICHA TECNICA DE *Tylenchus* spp

Universidad Rafael Landívar
Sede Jutiapa

PROYECCION DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS
AL CULTIVO DE CEBOLLA Y SU RELACION CON *Fusarium*
oxysporum f. sp. *cepae* EN EL VALLE DE ABUNCION MITA

ELABORADO: ADILDO DE JESUS MORALES
CARILAS

Nombre científico: *Tylenchus* spp

Nombre común: Nematodo

Posición Taxonómica:

Reino: Animalia.

Filo: Nematoda.

Clase: Secernentea.

Orden: Tilenchyda.

Familia: Tylenchidae.

Plaga primaria en cebolla: No se reportan

Plaga secundaria en cebolla: No se reportan

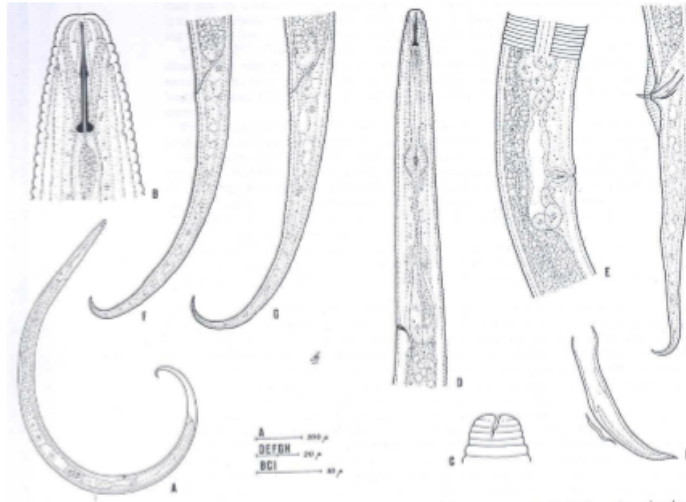
Especie: —

Especie: —

Reportado para Guatemala: No existen reportes en cebolla para Guatemala

Descripción: Es un nematodo que se encuentra frecuentemente en suelos agrícolas y asociado a las raíces de muchos tipos de plantas. También es frecuentemente encontrarlo en muestras de suelo de zonas boscosas. Estos nematodos se alimentan principalmente de algas, líquenes, hongos y musgos. Algunos géneros relacionados como *Lelenchus*, *Filenchus*, *Aglenchus* podrían ser confundidos con este género. *Tylenchus* se ha detectado en una variedad de cultivos, pero en ningún caso en altas densidades poblacionales que sugiera un efecto negativo en el cultivo. La características de este género es la cola con región filiforme y la vulva muy por debajo de la mitad del cuerpo.

Fotografías:



Bibliografía

CABI. (2016j). *Tylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/20073152646>

Ferris, H. (1999). *Tylenchus davainei* (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxadata/G140S1.HTM>

Figura 28. Ficha técnica del género *Tylenchus* spp.

- El género *Aphelenchoides*, aparece como una plaga secundaria en el cultivo de cebolla con dos especies reportadas *Aphelenchoides besseyi*, *Aphelenchoides fragariae*, no se encontraron reportes en Guatemala, pero si en El Salvador, no se descarta, que puedan haber indicios de presencia de este género en el Valle de Asunción Mita.
- El género *Criconemoides*, fue determinado como una plaga que no afecta el cultivo de cebolla no existen reportes ni indicios a nivel mundial, su presencia en el Valle de Asunción Mita, existen reportes de este nematodo en El Salvador, no es un riesgo para el cultivo de cebolla y se descarta cualquier asociación con este cultivo.
- *Helicotylenchus*, es uno de los géneros encontrados con mayor población en el cultivo de cebolla en el Valle de Asunción Mita, se encontró una especie que se asocia como plaga primaria *Helicotylenchus dihystera*, y otra especie como plaga secundaria *Helicotylenchus pseudorobustus* si existen reportes en Guatemala de la presencia de este género, pero también se descarta una relación directa entre *Fusarium*.
- El género *Hoplolaimus*, es un nematodo no reportado en cebolla, lo cual indica que no es una amenaza en el cultivo de cebolla y mucho menos una relación con *Fusarium*, no se encontraron referencias de su presencia en Centro América, aunque si un porcentaje de ellos en el Valle de Asunción Mita, se descarta así mismo también una relación con *Fusarium*.
- *Meloidogyne*, es uno de los géneros de nematodos que se encuentra distribuido a nivel mundial y con mucha presencia en la mayoría de cultivos se encontró una especie que se asocia al cultivo de cebolla *Meloidogyne exigua*, como plaga primaria así mismo 2 especies que se asocian de una forma secundaria, *Meloidogyne graminícola* y *Meloidogyne hapla*, si existen reportes en Guatemala de *Meloidogyne*, este género tampoco presentó una relación con *Fusarium*.

- *Paratrichodorus*, se encontraron dos especies que se asocian al cultivo de cebolla, *Paratrichodorus pororus* y *Paratrichodorus minor*, estas especies fueron encontradas como plaga primaria, ninguna como plaga secundaria, solo existen reportes de este género de nematodos en Nicaragua, aun así no existe una relación directa con *Fusarium*.
- *Pratylenchus*, es otro de los géneros de nematodos presentes casi en todos los cultivos y con distribución mundial, en el cultivo de cebolla en Asunción Mita se reporta 1 especie *Pratylenchus penetrans* como plaga primaria, y 3 especies *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus thornei*, *Pratylenchus zaeae*, como plaga que se asocia de una manera secundaria, este género fue uno de los más encontrados con presencia en el Valle de Asunción Mita, si existen reportes en Guatemala por daños de este género en cebolla, pero su presencia no se relaciona con *Fusarium*.
- El género *Scutellonema*, no se reporta como una plaga primaria en el cultivo de cebolla, pero si como una plaga secundaria en donde solo existe una especie *Scutellonema clathricaudatum*, reportada en cebolla, no se encontraron reportes de este género de nematodo en Guatemala y Centro América.
- El género *Tylenchorynchus*, es el noveno género de nematodos encontrado en el Valle de asunción Mita, este género no está contemplado como una plaga primaria ni secundaria su presencia en los suelos de Asunción Mita, no causaran daños a las plantaciones cebolla, así mismo no se reportaron daños en Centro América ni en Guatemala, por daños de este nematodo.
- *Tylenchus*, fue el último género de nematodos, encontrado en los suelos de Asunción Mita, al igual que *Tylenchorynchus* es un nematodo que no está reportado como como una plaga primaria y secundaria, a pesar de que es un

nematodo que ataca las raíces de los cultivos, no se encontró con reportes para cebolla tanto en Guatemala y Centro América, se descarta totalmente que este género de nematodos tenga una posible relación con *Fusarium*.

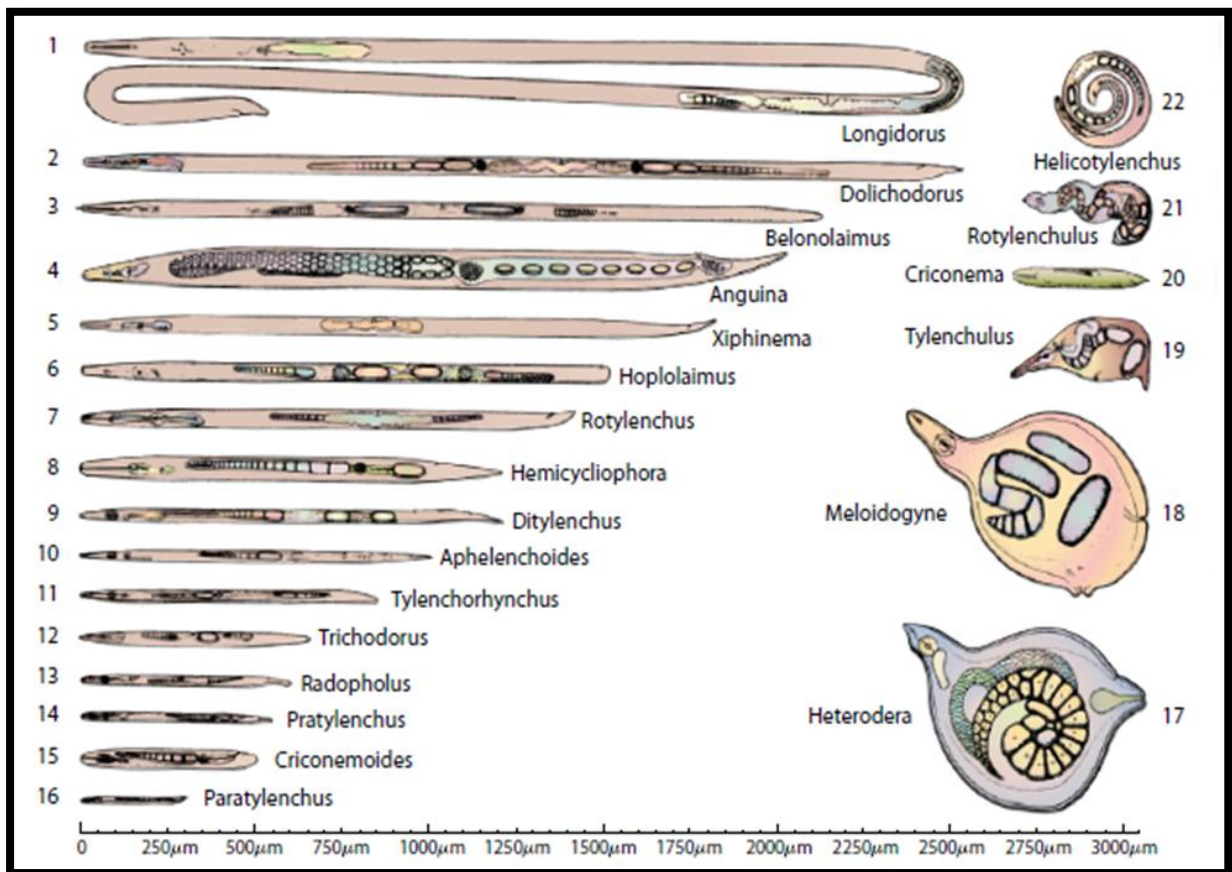


Figura 29. Morfología de los nematodos fitoparásitos

La figura 29 Muestra la forma visible y tamaño de cada género encontrado, así mismo las características que hay entre cada uno de ellos, se puede observar su tamaño que se describe en µm.

6.2 CUANTIFICACIÓN DE POBLACIONES POR GÉNEROS DE NEMATODOS.

Realizada la identificación de géneros de nematodos presentes en el Valle de Asunción Mita, en los campos de producción de cebolla se procedió a la cuantificación de cada

género identificado utilizando el método ya mencionado con la clave de identificación de hembras Mai y Mullin (1996). Los resultados se expresan en la siguiente figura.

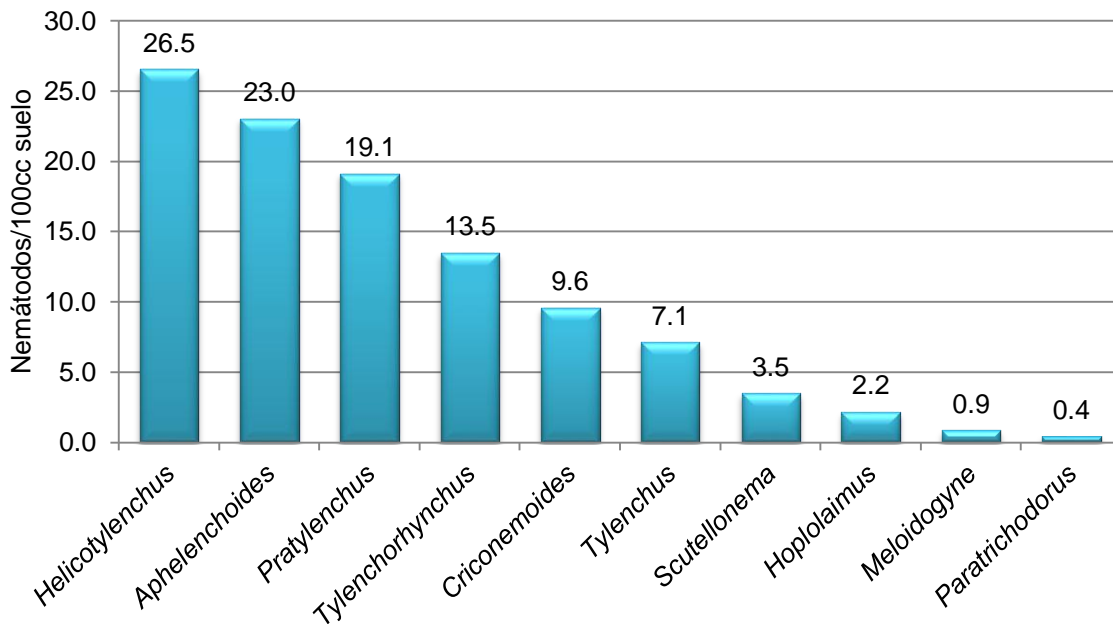


Figura 30. Cuantificación de géneros de nematodos presentes en el Valle de Asunción Mita.

La figura anterior muestra las poblaciones de cada género identificado. Se puede observar que *Helicotylenchus* se encontró en promedio 26.5 nematodos por 100 cc de suelo en todo el Valle de Asunción Mita, siendo este género en el que se encontró en mayor población. Le sigue el género *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* entre otros. El género de nematodos que se encontró en menor proporción fue *Paratrichodorus*.

Considerando estos promedios generales y tomando como base la guía de nematodos de Carolina del Sur (Clemson, 2000), de todos los géneros encontrados y que están reportados como plagas primarias y secundarias en cultivo de cebolla, a estos niveles no representan un problema para el cultivo bajo las condiciones del Valle de Asunción Mita por lo que se debe continuar monitoreando y realizando prácticas culturales para manejar los nematodos con un enfoque preventivo. A pesar de existir géneros

reportados como plagas con alta significancia fitosanitaria, por las poblaciones cuantificadas se puede decir que los nematodos fitoparásitos no representan problema para el Valle de Asunción Mita en el cultivo de cebolla.

La siguiente figura muestra la distribución de los nematodos fitoparásitos en el Valle de Asunción Mita, las áreas oscuras en el gráfico muestran los puntos donde mayor población de nematodos se encontró y los puntos más claros representan la ausencia de estos.

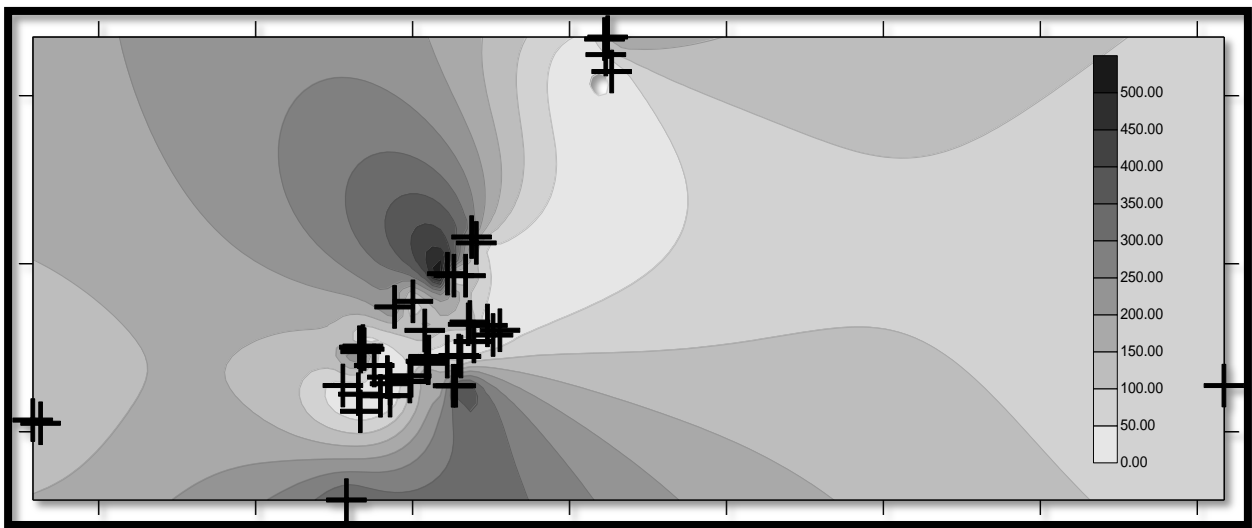


Figura 31. Distribución de nematodos en el Valle de Asunción Mita.

Se puede decir con base en la anterior figura que los nemátodos en el Valle de Asunción Mita muestran una distribución en focos. Aspecto importante a considerar al momento de establecer los cultivos. Sin embargo, y como se mencionó anteriormente, por los niveles poblaciones encontrados en general, se puede decir que los nematodos no representan problema fitosanitario en el cultivo de cebolla y se recomienda continuar los monitoreos para enfocar preventivamente el manejo de los nematodos.

6.3 CUANTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA DE *Fusarium oxysporum* f. sp *cepae*.

Para determinar la cantidad de plantas afectadas por *Fusarium*, se buscaron las parcelas donde se encontraron problemas de *Fusarium* y determino la cuantificación de plantas enfermas, así mismo determino un porcentaje de plantas totales infestadas por *Fusarium* y un total de plantas no presentes por el hongo.



Figura 32. Cuantificación de *Fusarium* en parcelas matrices de 1mts cuadrado.

La figura anterior muestra el diseño de la cuantificación de *Fusarium*, donde se tomó 1 marco de madera no mayor a un metro cuadrado que consistía en colocarse en los focos donde existía presencia *Fusarium*, se contaban el total de plantas enfermas por *Fusarium*, se multiplicaba por 100 y luego se dividía por el total de plantas que abarcaba el marco dándonos así un porcentaje de daños.



Figura 33. Bulbo de cebolla dañado por *Fusarium oxysporum*, encontrado en las parcelas donde se cuantificó *Fusarium* en el Valle de Asunción Mita.

Cuadro 3. Cuantificación por daños de *Fusarium* en parcelas de 1 metro cuadrado por parcela muestreada.

CODIGO DE PARCELAS	INCIDENCIA (%)
Bv1	13.2%
Am1	14.9%
Pp1	20.9%
Mb1	17.1%
Mb2	50.0%
Mb3	33.9%
Mb4	43.2%
Mb5	26.0%
Mb6	20.0%
Pp2	10.0%
Am2	12.0%
Mb7	25.0%
Mb8	30.0%

El cuadro anterior de cuantificación de plantas con daños por *Fusarium*, se muestra las parcelas donde se encontró daños el cual fue medido en porcentaje (%). El resto de parcelas que no se registran en el cuadro no se observaron con daños por *Fusarium*.

Los códigos hacen referencia a los propietarios del cultivo de cebolla donde se cuantificó *Fusarium*, y el porcentaje total de plantas encontradas en 1 metro cuadrado, Bv1 (Bernabé Vázquez1: 13.2%), Am1 (Agustín Morales1: 14.89%), Pp1 (Pablo Pinto1: 20.93%), Mb1 (Mario Barrera1: 17.14%), Mb2 (Mario Barrera2 50%), Mb3 (Mario Barrera3: 33.89%), Mb4 (Mario Barrera4: 43.18%), Mb5 (Mario Barrera5: 26%), Mb6

(Mario Barrera6: 20%), Pp2 (Pablo Pinto2: 10%), Am2 (Agustín Morales2: 12%), Mb7 (Mario Barrera7: 25%), Mb8 (Mario Barrera 30%).

En el cuadro se puede observar que dentro de las parcelas muestreadas se obtuvo un rango de incidencia que va de 10% hasta un 50% que en términos de importancia fitosanitaria es un valor alto ya que indica que la mitad del total de plantas de la parcela se encontraba con daños causados por *Fusarium*, estos porcentajes se obtuvieron de las parcelas que presentaron daño por el mismo hongo en el Valle de Asunción Mita.

La siguiente figura muestra los puntos de distribución de *Fusarium* en los campos de producción donde se cultiva cebolla en el Valle de Asunción Mita, y así mismo donde se encontraron daños causados por *Fusarium*. Se puede observar focos donde está más distribuido el patógeno en los campos de producción.

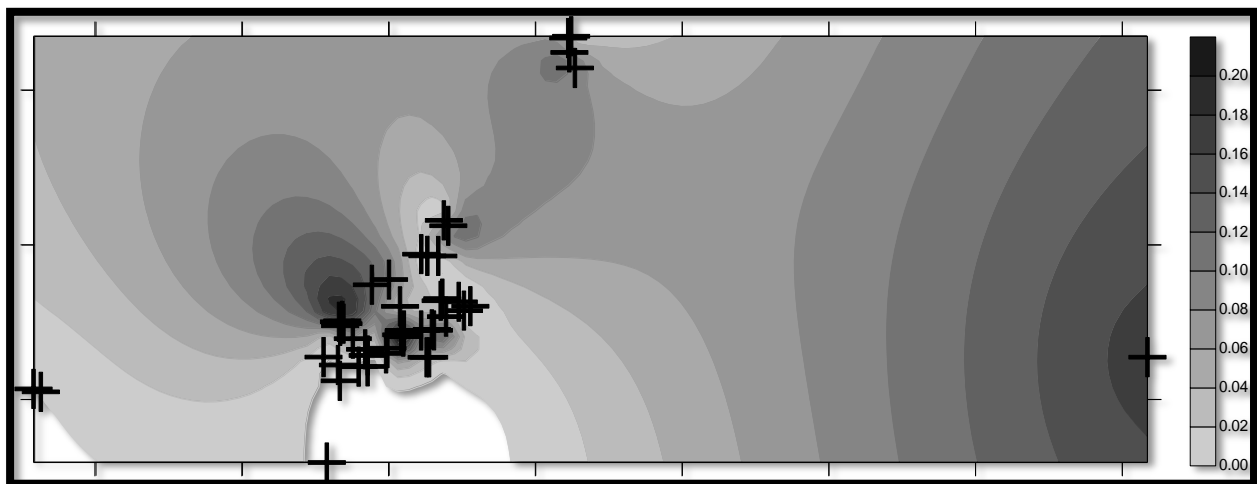


Figura 34. Distribución de *Fusarium oxysporum* en el Valle de Asunción Mita.

6.4 RELACIÓN DE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS CON LA INCIDENCIA DE *FUSARIUM*.

Para establecer si existe alguna relación de los nematodos como factor inductivo a la enfermedad causada por *Fusarium* spp, se calcularon los coeficientes de correlación

para las poblaciones totales de nematodos y por cada género por separado el cual se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de nematodos fitoparásitos encontrados en el Valle de Asunción Mita con la incidencia de *Fusarium oxysporum*.

GÉNEROS	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
<i>Pratylenchus</i> spp.	-0.075
<i>Meloidogyne</i> spp.	-0.0839
<i>Helicotylenchus</i> spp.	-0.2604
<i>Criconemoides</i> spp.	-0.1789
<i>Aphelenchoides</i> spp.	0.2213
<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	-0.1819
<i>Tylenchus</i> spp.	-0.1455
<i>Paratrichodorus</i> spp.	-0.0971
<i>Hoplolaimus</i> spp.	-0.0249
<i>Scutellonema</i> spp.	0.6704

Se puede observar en el cuadro anterior que la suma de todas las poblaciones de nematodos no tiene correlación con la incidencia de *Fusarium* con lo cual se puede decir que los nematodos no son factores inductivos a la enfermedad. Por otro lado se realizó el mismo análisis para cada género pudiendo observar que en ningún nivel población existió correlación con excepción de las poblaciones de *Scutellonema*, que se considera que si puede tener una leve relación con incidencia de *Fusarium*, encontrados en el Valle de Asunción Mita, sin embargo esto no es muy concluyente ya que solo se encontró este género en un sitio de muestreo lo cual da las bases para

continuar el monitoreo en ese sitio y realizar estudios más dirigidos para verificar si este género de nematodo en realidad puede ser un factor inductivo de *Fusarium* en el cultivo de cebolla.

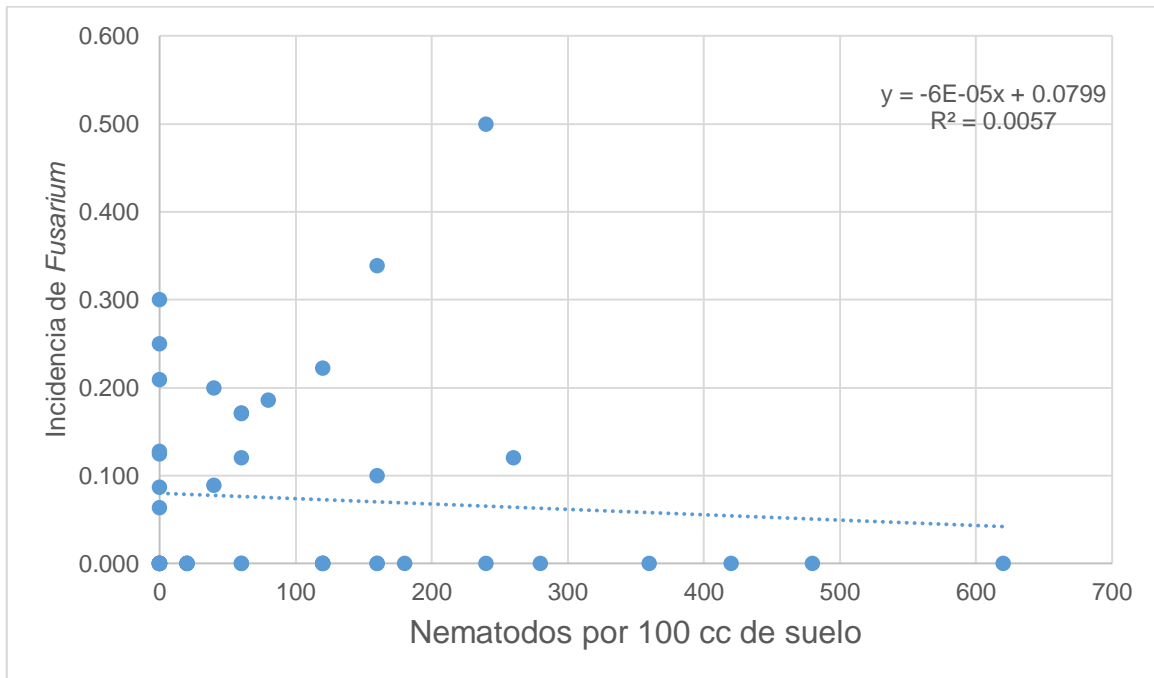


Figura 35. Gráfico de dispersión de nematodos totales vs incidencia de *Fusarium* en el Valle de Asunción Mita, Jutiapa.

La figura anterior muestra de otra manera, la poca relación que tienen la población total de nematodos encontrados en el Valle de Asunción de Mita con la incidencia de *Fusarium*. El gráfico muestra que no existe un patrón de los puntos para poder ajustar a algún modelo, es decir que hay alta dispersión de los datos que demuestran que no existe relación entre estas dos variables. Se recomienda realizar distintos controles y monitoreos para disminuir la incidencia de *Fusarium* independientemente del manejo de nemátodos en el cultivo de cebolla. Ya que anteriormente se demostró que no existe relación entre estos organismos en el Valle de Asunción Mita.

7. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de diez géneros de nematodos en los campos de producción de cebolla en el valle de Asunción Mita los cuales son: *Aphelenchoides*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Scutellonema*, *Hoplolaimus*, *Criconemoides*, *Tylenchorynchus*, *Tylenchus*.
- Se encontró y se cuantificó con mayor presencia el género *Helicotylenchus* con un promedio de 27 nematodos/100cc de suelo, seguidamente *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorynchus*, *Criconemoides*, *Tylenchus*, *Scutellonema*, *Hoplolaimus* y en menor cantidad los géneros *Meloidogyne* y *Paratrichodorus* con 1 nematodo/100 cc suelo.
- Se realizó la cuantificación de la incidencia de *Fusarium oxysporum*, en los lotes donde aparecieron focos de este patógeno. Se encontraron parcelas que van con un rango de un 10% hasta un 50% de incidencia de este patógeno.
- Los resultados indicaron que con la metodología utilizada en la investigación, no existe relación con la cantidad total de nematodos en el Valle de Asunción Mita, esto quiere decir que estos no son factores inductivos de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de cebolla. Excepto el género *Scutellonema* que presenta un leve asocio a *Fusarium*.

8. RECOMENDACIONES

- Con base a los niveles poblaciones de los géneros de nematodos encontrados, tipo de cultivo y tipo de suelo se recomienda a los agricultores del Valle de Asunción Mita realizar monitoreos de poblaciones de nematodos con frecuencia y preferiblemente previo a establecer el cultivo de cebolla en los siguientes ciclos.
- Se recomienda realizar estudios prospectivos del género *Scutellonema* donde se puedan hacer descripciones morfométricas y moleculares en el Valle de Asunción Mita, dado que se pudo observar en 4.16% de las muestras la presencia de este género.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRIOS, G. N. (2006). *Nematodos asociados al cultivo de cebolla*. P 764-775
- AGRIOS G.N. (2011) *Daños en bulbo de cebolla, ciclo de la enfermedad del tallo y el bulbo nemátodo Ditylenchus dipsaci*. P 764-765
<http://www.mediafire.com/?d25g0n4d5p2jf16>
- Agrios. (2013). *Hongo Fusarium* . (Libro). P 428-430.
- Atkinson. (1892). *cursa.ihmc.en*. Obtenido de http://cursa.ihmc.us/rid=1JL7FMQ7B-257F3GD-Y56/Historia_Nemátodos.pdf
- Banco de Guatemala -BANGUAT-. (2013). *Produccion de cebolla en Guatemala*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2015, de <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-cebolla-en-guatemala.shtml#.Vg4TcPmqkko>
- CABI. (2016a). *Aphelenchoides* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/6378>
- CABI. (2016b). *Criconemoides* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/16034>
- CABI. (2016c). *Helycotylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/26824>
- CABI. (2016d). *Hoplolaimus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/27523>
- CABI. (2016e). *Meloidogyne* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/20163165150>
- CABI. (2016f). *Paratrichodorus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/44681>

- CABI. (2016g). *Pratylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/43893>
- CABI. (2016h). *Scutellonema* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/49315>
- CABI. (2016i). *Tylenchorynchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/19600800724>
- CABI. (2016j). *Tylenchus* (Onion): Base de datos de Crop Protection Compendium (en línea). Unión Europea. Consultado 25 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/20073152646>
- D.L. Coyne, J. N.-C. (2007). *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2015, de <http://www.uark.edu/ua/onta/info/2010%20Nematodes%20Manual%20SPANISH.pdf>
- FAO. (2011). *Faostat*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>
- Google Earth. (s.f.). Mapa Asunción Mita. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de <https://www.google.com.gt/intl/es/earth/>
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales -IDIAF-. (2008). *Fenologías historia del cultivo, quien lo público*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/Publications/cebolla_guia_idiaf/HTML/files/assets/downloads/cebolla.indd.pdf
- ITIS (2015) Sistema de información taxonómica integrada <http://www.catalogueoflife.org/annualchecklist/2015/details/species/id/9b1dbde8ab360ee96cabea71fc73b902/synonym/53debf5d07710be50aedb60ede105999>
- MAGA. (10 de 9 de 2013). *De Guate.com*. Obtenido de <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-cebolla-en-guatemala.shtml#.WA7AZejhDIU>
- Morfología Nematodos. (s.f.). Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de https://www.google.com.gt/search?q=morfologia+nematodos&espv=2&biw=1366&bih=667&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjPvoiezPHMAhWDuB4KHefQCpoQ_AUIBigB&dpr=1#imgsrc=-1hvfRZqHFufFM%3A
- Nelson. (1981). *Revista mexicana de fitopatología*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Bertha_Sanchez-Garcia/publication/237037495_Especies_de_fusarium_presentes_en_raices_de

[_frijol_Phaseolus_vulgaris_L_con_danos_de_pudricion_en_cinco_estados_del_centro_de_Mexico/links/0a85e53aae4498a973000000.pdf](http://frijol_Phaseolus_vulgaris_L_con_danos_de_pudricion_en_cinco_estados_del_centro_de_Mexico/links/0a85e53aae4498a973000000.pdf)

Lorbeer. (1965). *ANAIS DA ACADEMIA PERNAMBUCANA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA*. Obtenido de <http://www.ead.codai.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/182>

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICOS AGRARIAS. (2013). *Produccion internacional de la cebolla*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1388506931mercadoCebolla2013.pdf

Palomares, J. E. (2009). *Estudio de los mecanismos de interacción entre Meloidogyne artiellia y Fusarium oxysporum f. sp. ciceris en genotipos de garbanzo*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2015, de <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/4471/9788469416549.pdf?sequence=1>

Rosas, P. (2009). *www.javeriana.edu*. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis662.pdf>

Semangun, D. (2001). *bb pp ketindan*. Obtenido de <http://bbppketindan.bppsdpmp.pertanian.go.id/blog/mengenal-jamur-fusarium-oxysporum>

Smith, Y. J. (2009). *Clasificacion de Fusarium oxysporum f sp cepae*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2015, de <https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/59774/9/01front.pdf>

Taylor, A. L. (1971) *Introducción a la nematología vegetal aplicada*. FAO, Roma. 131 p

Torres, F. (2012). *documento tesis*. Obtenido de <file:///E:/TESIS/Torres-Fredy.pdf>

(The wether channel, 2. (2015). Obtenido de Winters News: <https://weather.com/storms/winter>

Vicente, N. (2012). *CONJUNTO TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCION DE CEBOLLA, UNIVERSIDAD DE MAYAGUEZ*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r584200111.html>

10. ANEXOS



Figura 36. Daño en cebolla por nematodo *Ditylenchus dipsaci* (Agiros, 2011).

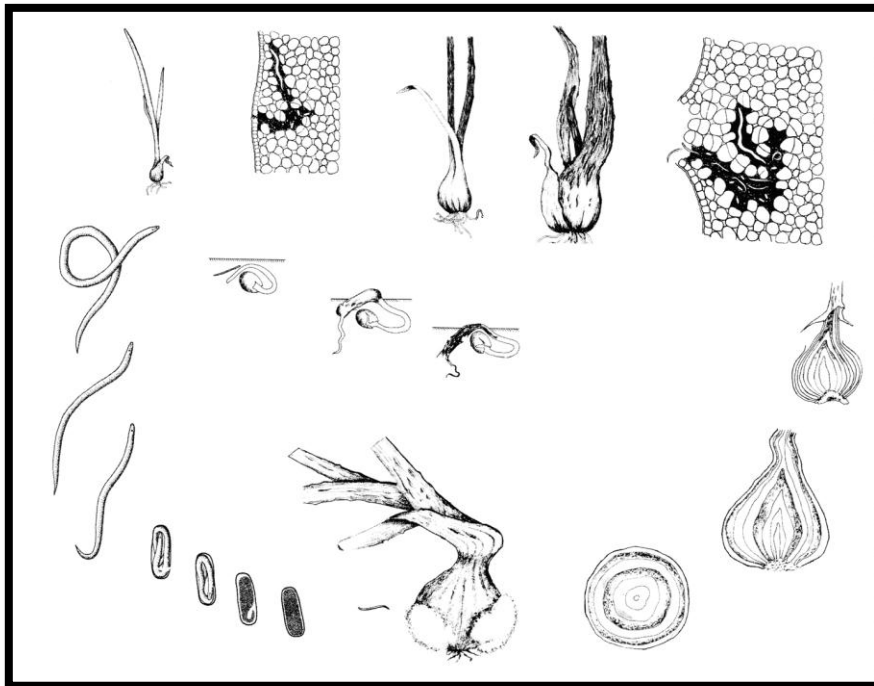


Figura 37. Ciclo de la enfermedad del tallo y el bulbo nematodo *Ditylenchus dipsaci* (Agiros, 2011).



Figura 38. Material y equipo utilizado para la extracción de nemátodos. (Plant-Parasitic Nematodes de Mai y Mullin 1996).



Figura 39. Extracción de nematodos fitoparásitos, en laboratorio de edafología Universidad Rafael Landívar, campus central.