

GÉNEROS DE NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS

Rodolfo Velásquez Valle, Maihualy Martínez Fernández



AGRICULTURA **inirap**
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Agrario

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de V. R., Zacatecas, Zac.
Folleto Técnico No. 103, Diciembre de 2019
ISBN 978-607-37-1164-7

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO
RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Secretario

Dr. Miguel García Winder

Subsecretario de Agricultura

Dr. Salvador Fernández Rivera

Subsecretario de Desarrollo Rural

Ing. Víctor Suárez Carrera

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. José Fernando de la Torre Sánchez

Director General

Dr. José Antonio Cueto Wong

*Coordinador de Investigación, Innovación
y Vinculación*

M. C. Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. José Humberto Corona Mercado

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Arturo Daniel Tijerina Chávez

Director Regional

Dr. Francisco Javier Pastor López

Director de Investigación

Ing. Ricardo Carrillo Monsiváis

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M. C. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez

Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

GÉNEROS DE NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CHILE PARA SECADO EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS

Rodolfo Velásquez Valle

Investigador del Programa Fitopatología
Campo Experimental Zacatecas
velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

Maihualy Martínez Fernández

Investigador del Programa Hortalizas
Campo Experimental Valle del Guadiana
martinez.maihualy@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Progreso 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán
C. P. 04010, Ciudad de México
Tel. 01 (55) 38 71 87 00
ISBN 978-607-37-1164-7

Folleto Técnico Núm. 103
Primera Edición 2019

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México.

Cita correcta:

Velásquez-Valle, R. y Martínez-Fernández, M. 2019. Géneros de nematodos asociados al cultivo de chile para secado en el altiplano de Zacatecas. Folleto Técnico Núm 103. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 28 páginas.

ÍNDICE

	Página
Introducción	1
Biología y hábitos de los nematodos	3
Género <i>Aphelenchus</i>	11
Género <i>Aphelenchoides</i>	11
Género <i>Ditylenchus</i>	12
Género <i>Pratylenchus</i>	13
Genero <i>Rhabditis</i>	14
Género <i>Tylenchus</i>	15
Géneros <i>Helicotylenchus</i> y <i>Hemicycliophora</i>	15
Recomendaciones generales de manejo	17
¿Cómo tomar una muestra de suelo para su análisis nematológico?	18
Literatura Citada	21

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Frecuencia de identificación de géneros de nemátodos (%) en suelo de parcelas de diferentes tipos de chile en Zacatecas, México	9

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Principales características morfológicas de un nematodo fitoparásito. 1) Estilete; 2: Intestino; 3: Ovario; 4: Vagina; 5; Testículo; 6: Espícula	4

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 2. Planta de chile mostrando síntomas foliares (amarillamiento y marchitez) asociados con la infección por nemátodos.	6
Figura 3. Proporción de parcelas con diferentes tipos de chile muestreadas para la identificación de nematodos filiformes en Zacatecas, México	8
Figura 4. Abundancia relativa (%) de géneros de nematodos en parcelas de chile para secado en Zacatecas, México.	10
Figura 5. Las muestras de suelo para el análisis nematológico pueden tomarse a una profundidad no mayor a 25 cm y cuando el suelo aún conserva humedad	20

Introducción

En Zacatecas, el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las actividades agrícolas más importantes, especialmente en la zona centro y norte del estado. La superficie sembrada en el altiplano de Zacatecas fluctúa entre 30 y 40,000 ha (Aguilar y Esparza, 2010). Los tipos de chile para secado como Mirasol, Ancho, Pasilla y Puya ocupan la mayor parte de la superficie dedicada a esta hortaliza, sin embargo, es frecuente encontrar parcelas dedicadas a la producción para consumo en fresco como los del tipo Bell.

La producción de este cultivo se ve afectada por el daño ocasionado por enfermedades foliares como las causadas por las bacterias asociadas al floema *Candidatus Phytoplasma trifolii* y *Candidatus Liberibacter solanacearum* que son transmitidas por la chicharrita del betabel *Circulifer tenellus* Baker y la paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulc respectivamente. Las plantas de chile infectadas con los patógenos anteriores también pueden presentar síntomas de infección por *Begomovirus*, un género viral, que es diseminado por la mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. Otros patógenos que infectan las hojas de las plantas de chile son el hongo *Oidiopsis* sp. y la bacteria *Xanthomonas*, agentes causales de la cenicilla polvorienta y la mancha bacteriana respectivamente.

Las raíces de esta hortaliza son invadidas por hongos como *Fusarium* y *Rhizoctonia*, así como por el oomiceto *Phytophthora capsici* Leo.; su ataque causa la marchitez o pudrición de la raíz del chile. En el suelo que rodea a las

raíces de las plantas de Chile (rizosfera) es posible encontrar también un elevado número de microorganismos; aunque no todos ellos son capaces de producir alguna enfermedad. Sin embargo, entre esos microorganismos destacan los nematodos, algunos de los cuales pueden alimentarse de las raíces de las plantas de Chile provocando daños directos (destrucción de tejidos de la raíz) o indirectos (al propiciar la entrada de hongos y oomicetos a los tejidos de la raíz).

Los nematodos tienen forma de gusano y la mayoría son microscópicos; los suelos agrícolas contienen una compleja comunidad de diferentes tipos de nematodos, muchos de los cuales se alimentan de bacterias y hongos y son muy importantes en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclamiento de nutrientes; algunos suelos poseen poblaciones de nematodos que se alimentan de otros nematodos como depredadores u omnívoros; sin embargo, una parte sustancial de la población de nematodos se alimenta directamente de las raíces ocasionando algún daño o enfermedad, lo que a su vez provoca un mal funcionamiento de la raíz, así como reducciones en el volumen radicular y una menor eficiencia en la utilización de agua y nutrientes (McSorley y Thomas, 2003a; Noling, 2016). A pesar de su potencial importancia como parásitos de las raíces de las plantas de Chile, existe muy poca información acerca de su presencia en las parcelas comerciales de Chile para secado en el estado, por lo que el objetivo del presente trabajo es dar a conocer los géneros de nematodos filiformes identificados y proporcionar información que ayude a mantener bajas las poblaciones de estos

microorganismos en los suelos de las parcelas de Chile en Zacatecas.

Biología y hábitos de los nematodos

La mayoría de los nematodos que parasitan las plantas son gusanos redondos microscópicos, su longitud es menor a un milímetro y no pueden ser observados a simple vista. En algunos casos presentan dimorfismo sexual, poseen la forma de un “hilo”, aunque en algunos casos las hembras pueden ser redondas, globosas o periformes en sus últimas fases de desarrollo. Poseen una cutícula o “piel” que se forma a partir de una hipodermis interna; sus músculos se encuentran longitudinalmente adheridos a la hipodermis permitiendo su movimiento ondulatorio solamente en una dirección, similar al de una serpiente. El sistema digestivo del nematodo se encuentra conformado por un tubo interior, llamado canal alimentario que va desde la cabeza hasta el ano. En la cabeza de un nematodo fitoparásito se encuentra una estructura endurecida llamada “estilete” que semeja una aguja hipodérmica y que es utilizado por el nematodo para su alimentación; su función consiste en perforar el tejido de las plantas y penetrar al interior de las células y absorber su contenido, así como también para secretar proteínas, enzimas y otros metabolitos que ayudan al nematodo a parasitar la planta. El estilete se conecta a la faringe que a su vez se conecta al intestino que termina en el recto en las hembras o en la cloaca en el macho (Figura 1) (Lambert y Bekal, 2002).



Figura 1. Principales características morfológicas de un nematodo fitoparásito. 1) Estilete; 2) Intestino; 3) Ovario; 4) Vagina; 5) Testículo; 6) Espícula.

Los nematodos pasan por cuatro estadios juveniles antes de convertirse en adultos; la primera muda ocurre dentro del huevecillo, el estadio que es liberado al ambiente es el J2 o juvenil de segundo estadio. Al final de cada una de esas etapas el nematodo cambia o muda la epidermis. La reproducción ocurre después de la última muda o estadio y puede ser sexual o partenogénica. Los nematodos fitoparásitos son capaces de sobrevivir bajo condiciones adversas (desección, falta de oxígeno, alta o baja temperatura, alta concentración de sales) entrando a un estado de dormancia o de desarrollo suspendido. (Perry y Tovar-Soto, 2012).

De acuerdo con forma de alimentarse los nematodos pueden ser divididos en cuatro categorías: endoparásitos sedentarios, endoparásitos migratorios, semi-endoparásitos y ectoparásitos. Los nematodos endoparásitos entran a la raíz y se establecen en un sitio

de alimentación dentro del tejido radicular y ahí permanecen sésiles, es decir, sin movimiento. Un ejemplo de este tipo de nematodos son los pertenecientes al género *Meloidogyne*. Mientras que los nematodos endoparásitos migratorios como *Pratylenchus* invaden la planta pero no tienen un sitio fijo de alimentación por lo que su daño a la raíz puede ser considerable; estos nematodos pueden entrar y salir de las plantas que parasitan y algunos casos pueden afectar tallos, hojas, yemas y semillas. El género *Tylenchulus* es un ejemplo de los nematodos semi-endoparásitos; estos nematodos se vuelven sésiles una vez que penetran la raíz, pero en este caso sólo la parte anterior (“cabeza”) permanece dentro del tejido radicular, el resto del cuerpo queda fuera. Finalmente, los nematodos ectoparásitos permanecen en la rizosfera fuera de la raíz y son capaces de penetrar células individuales de la raíz para extraer su alimento mediante el estilete para posteriormente moverse a otra célula y repetir el proceso. (Perry y Tovar-Soto, 2012).

Aunque los nematodos son organismos móviles, no son capaces de moverse por sí mismos a más de un metro a través del suelo durante su vida, por lo que deben utilizar otros medios para diseminarse a mayores distancias: entre ellos destacan el equipo agrícola, el agua de riego y las plantas, semillas o bulbos infectados; esencialmente, cualquier proceso que mueva suelo o plantas o sus restos, puede ayudar en su dispersión (Lambert y Bekal, 2002).

Los síntomas provocados por el ataque de nematodos pueden ser observados en la parte aérea o en la raíz de las plantas afectadas; los más comunes en la parte aérea o foliar incluyen achaparramiento, marchitez y

amarillamiento (Figura 2), así como una recuperación lenta cuando mejoran las condiciones de humedad del suelo; en las raíces el síntoma típico es la formación de agallas. Es importante notar que la expresión de los síntomas o su intensidad es afectada por factores como la densidad de nematodos, la susceptibilidad del cultivo y las condiciones ambientales prevalecientes (Noling, 2016).



Figura 2. Planta de chile mostrando síntomas foliares (amarillamiento y marchitez) asociados con la infección por nematodos.

Según Montes (1979) en 1979 solo se habían reportado 11 géneros de nematodos (incluyendo nematodos agalladores o de quiste) en la República Mexicana afectando plantas de diferentes tipos de chile, aunque

para el estado de Zacatecas solamente se mencionaba al género *Nacobbus serendipiticus* Franklin, que causa agallas en las raíces. Posteriormente, se reportaron 12 géneros de nematodos afectando este cultivo en México; sin embargo, no se mencionó la presencia de otros nematodos además de *N. aberrans* en Zacatecas (Montes, 2000). A nivel mundial, McSorley y Thomas (2003b), señalan que la mayor parte del daño ocasionado por nematodos en este cultivo es atribuido a los géneros *Meloidogyne* y *Belonolaimus*; sin embargo, ocasionalmente algunos otros nematodos como *Paratrichodorus*, *Trichodorus*, *Pratylenchus*, *Criconemella* y *Helicotylenchus* pueden provocar daños. Ya que la mayoría de las plántulas de chile en Zacatecas se producen en condiciones de almácigo es oportuno señalar que un estudio realizado en el suelo de almácigos de Aguascalientes y Zacatecas se detectó la presencia de poblaciones de nematodos de los géneros *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus* y *Pratylenchus* (Velásquez-Valle et al., 2007).

Durante el ciclo de cultivo primavera verano de 2018 se colectó un número variable de muestras de suelo en 13 parcelas comerciales de diferentes tipos de chile en el estado de Zacatecas (Figura 2). En cada parcelas las submuestras de suelo se homogenizaron y se obtuvo una submuestra de 50 g que se colocó en un embudo Baermann para la extracción de nematodos filiformes. Después de 48 h se extrajo el agua de los embudos y se procedió a identificar los géneros de nematodos presentes en cada muestra con ayuda de las claves proporcionadas por Mai y Mullin (1996).

Se tomaron muestras de suelo en 13 parcelas comerciales en las que el chile para secado tipo Mirasol fue el predominante (61.5%) seguido por los tipos para secado Ancho (23.1%), Pasilla y Puya (7.7% cada uno) (Figura 3).

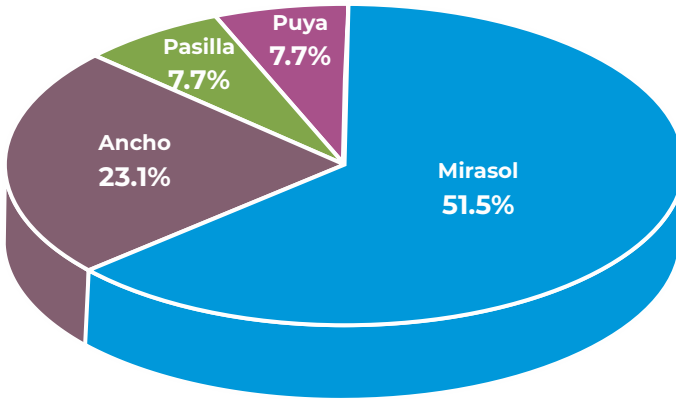


Figura 3. Proporción de parcelas con diferentes tipos de chile muestreadas para la identificación de nematodos filiformes en Zacatecas, México.

Se detectaron nematodos en el suelo de las 157 muestras colectadas en las 13 parcelas comerciales, aunque la composición genérica y su correspondiente número de especímenes fue variable para cada parcela.

Se identificaron 10 géneros de nematodos filiformes, independientemente del sitio de colecta o tipo de chile: *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, *Mononchus*, *Pratylenchus*, *Rhabditis* y *Tylenchus*.

El número de géneros identificados por parcela varió entre tres y siete, aunque las parcelas con tres, cuatro y cinco géneros de nematodos fueron las más comunes

(69.2% del total de parcelas muestreadas). Se detectaron poblaciones variables de *Rhabditis* y *Aphelenchus* en la mayoría de las parcelas muestreadas (89.2 y 72.2% respectivamente), independientemente del tipo de chile o situación geográfica; mientras que los géneros *Mononchus* y *Helicotylenchus* se detectaron solamente una parcela de chile para secado tipo Ancho y Mirasol en cada caso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Frecuencia de identificación de géneros de nematodos (%) en suelo de parcelas de diferentes tipos de chile en Zacatecas, México.

Parcela	Tipo	Géneros de nematodos									
		Ap ¹	Ae	Di	Do	He	Hm	Mo	Pr	Rh	Ty
1	Ancho	11.5 ²	3.8	3.8	23.1	0	0	0	3.8	53.8	0
2	Ancho	10.6	2.1	0	3.7	0	2.1	2.1	2.1	70.2	0
3	Mirasol	28.6	0	19.0	0	0	0	0	9.5	42.8	0
4	Mirasol	21.0	5.3	0	10.5	0	0	0	0	63.1	0
5	Mirasol	12.1	0	3.0	12.1	3.0	0	0	0	69.7	0
6	Mirasol	69.6	0	0	0	0	0	0	4.3	26.1	0
7	Mirasol	15.8	10.5	0	0	0	0	0	42.1	26.3	5.3
8	Pasilla	72.2	0	0	5.6	0	0	0	0	22.2	0
9	Ancho	19.0	4.8	0	0	0	0	0	4.8	57.1	0
10	Mirasol	50.0	4.5	9.1	0	4.5	0	0	4.5	27.3	0
11	Puya	28.0	12.0	0	4.0	0	4.0	0	32.0	20.0	0
12	Mirasol	31.8	0	0	0	0	4.5	0	0	63.6	0
13	Mirasol	75.0	0	0	0	0	25	0	0	0	0

¹ Ap: *Aphelenchus*; Ae: *Aphelenchoides*; Di: *Ditylenchus*; Do: *Dorylaimus*; He: *Helicotylenchus*; Hm: *Hemicycliophora*; Pr: *Pratylenchus*; Rh: *Rhabditis*; Ty: *Tylenchus*.

² Porcentaje de detección en cada muestra.

El género con mayor abundancia relativa (número de muestras positivas/muestras totales) fue *Rhabditis* (48.3%) seguido por *Aphelenchus* (28.5%); por el contrario, los géneros menos abundantes fueron *Mononchus* (0.2%) y *Hemicycliophora* (0.8%). Los géneros eminentemente fitoparásitos como *Pratylenchus* y *Ditylenchus*

presentaron una abundancia relativa de 4.1 y 2.6% respectivamente (Figura 4).

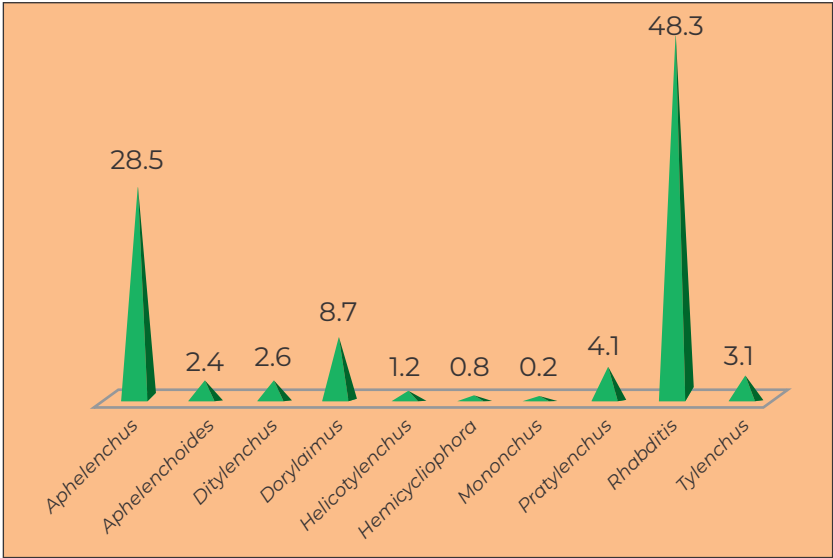


Figura 4. Abundancia relativa (%) de géneros de nematodos en parcelas de chile para secado en Zacatecas, México.

Destaca la presencia de especímenes de los géneros *Pratylenchus* y *Ditylenchus* en más del 60 y 30% de las parcelas muestreadas respectivamente (Cuadro 1). El género *Pratylenchus* es un nematodo endoparásito migratorio que provoca en la mayoría de sus hospederos, la aparición de lesiones de color café, angostas y elongadas en la superficie de las raíces u otras partes subterráneas por lo que se le conoce como el nematodo de las lesiones (Dropkin, 1989; Mai y Mullin, 1996). Por su parte el género *Ditylenchus* contiene especies que pueden afectar tanto la raíz u órganos subterráneos de plantas económicamente importantes en la región como ajo, alfalfa, cebolla y papa.

Género *Aphelenchus*

El género *Aphelenchus* mostró poblaciones variables en todas las parcelas, independientemente del tipo de chile, aunque en menor proporción que las del género *Rhabditis*; su frecuencia de detección osciló entre 10.6 y 75.0% (Cuadro 1). Montes (2000), indica la presencia de *Aphelenchus* en plantas de chile en los estados de Querétaro, Tamaulipas y Sinaloa. De acuerdo con Mai y Mullin (1996), la especie *A. avenae Bastian* no es un parásito obligado de plantas superiores, aunque se encuentra ampliamente distribuida en o sobre bulbos, rizomas, tubérculos o raíces en descomposición; en plantas de maíz fue capaz de invadir raíces infectadas con *Pythium arrhenomanes Drechsler* pero no las raíces sanas (Mai y Mullin, 1996). Esta especie fue encontrada en suelo de plantas de chile bajo condiciones de microtúnel en la India donde su frecuencia relativa osciló entre 14 y 20% (Anwar et al., 2013); también se ha señalado su presencia en Saudi Arabia en condiciones de invernadero (Almohithet et al., 2018). Por otra parte, Kanzaki y Giblin-Davis (2012), señalan que este género contiene especies micófagas y fitoparásitas aunque no se han reportado daños importantes en especies agrícolas, sino que es capaz de parasitar hongos fitopatógenos de importancia económica como *Fusarium solani*, *F. oxysporum* y *Rhizoctonia solani*.

Género *Aphelenchoides*

La presencia de individuos del género *Aphelenchoides* se registró solamente en siete parcelas (53.8%), en contraste con el género *Aphelenchus* cuya incidencia se observó en

todas las parcelas muestreadas. El rango de frecuencia de identificación de *Aphelenchoides* varió entre 2.1 y 12% (Cuadro 1). Según Montes (2000), este género había sido reportado en el cultivo de chile en Guerrero, Sinaloa y Tamaulipas. Mokbel (2014) y Almohithet *et al.* (2018) reportan la presencia de *Aphelenchoides* en el suelo de plantas de chile en Saudí Arabia. Algunas especies de este género han sido descritas como habitantes del suelo micófagos, mientras que otras son reconocidas como fitoparásitos importantes como *A. bicaudatus* Imamura que ha sido recuperada del suelo alrededor de plantas de maíz, algodón y papa (Kanzaki y Giblin-Davis, 2012).

Género *Ditylenchus*

Es importante resaltar la presencia de especímenes pertenecientes al género *Ditylenchus* en 30.8% de las parcelas muestreadas en el trabajo actual, aunque el porcentaje de identificación dentro de cada muestra osciló entre 3.0 y 19.0%, el cual puede considerarse relativamente inferior en comparación con los porcentajes de identificación de 75.0 y 72.2% registrados para *Aphelenchus* y *Rhabditis* respectivamente (Cuadro 1). En México, la presencia de este nematodo en parcelas de chile fue reportada en Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla y Quintana Roo (Montes, 2000); sin embargo, un reporte (SENASICA, 2013) más reciente, no menciona a este cultivo como su hospedero en México. En Durango se le ha encontrado en el suelo de parcelas de alfalfa (Velásquez-Valle *et al.*, 2018). Entre las especies de este género sobresale *D. dipsaci* Kühn, el cual se encuentra en la lista de organismos cuarentenados en algunos países; es capaz de parasitar cerca de 450

especies vegetales, aunque sus daños son más notorio en ajo y cebolla (Subbotin y Riley, 2012). El género *Ditylenchus* ha sido detectado en el suelo de plantas de Chile en Saudi Arabia (Mokbel, 2014). La sintomatología causada por *Ditylenchus* en plantas de papa incluye enanismo (SENASICA, 2013) mientras que en otros cultivos como la alfalfa puede inducir enanismo y cambios en la coloración de las hojas (Rosas-Hernández et al., 2017); ambos síntomas, enanismo y cambios en la coloración de las hojas han sido observados en plantas de Chile en Durango por lo que la presencia de este nematodo en el suelo de parcelas de Chile debe recibir mayor atención.

Género *Pratylenchus*

Los miembros de la familia *Pratylenchidae* son nematodos fitoparásitos obligados cuya importancia económica a nivel mundial es sólo menor que la de los nematodos agalladores (Castillo et al., 2012). La amplia distribución de *Pratylenchus* en parcelas de Chile a nivel nacional, incluyendo Durango, fue reportada por Montes (2000): Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa y Tamaulipas. El daño provocado en la raíz, que con cierta frecuencia es la muerte, conduce a la expresión de síntomas aéreos como marchitez, amarillamiento de hojas, muerte de brotes y enanismo; por otro lado, la actividad de este nematodo se ha asociado con la presencia de hongos y bacterias fitopatógenas como *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium* así como de *Pseudomonas* (Dropkin, 1989). De acuerdo con McSorley y Thomas (2003b) la especie *P. penetrans* es

un patógeno importante en regiones templadas, aunque este género ha sido encontrado en Saudi Arabia (Mokbel, 2014) en el suelo de plantas de chile. En general, este género prefiere suelos arenosos; algunas especies sobreviven hasta un año en suelos con escasa humedad (Dropkin, 1989). En el actual trabajo se identificaron individuos de este género en el 71.4% de las parcelas muestreadas; sus poblaciones representaron entre el 2.1 y 42.1% del total de nematodos identificados en cada muestra (Cuadro 1). Una nueva especie de este género, *P. capsici* Leo., la cual provoca inhibición en el desarrollo y pérdida de rendimiento en las plantas de chile fue reportada en Israel (Qing et al., 2018). En Costa Rica (Barrantes, 2010) menciona que las plantas afectadas por nematodos como *Pratylenchus* pueden inducir síntomas como enanismo severo, clorosis, marchitez y escasa fructificación, los cuales son frecuentes en la zona productora de chile para secado en Zacatecas.

Género *Rhabditis*

Especímenes pertenecientes al género *Rhabditis* se encontraron en todas las parcelas, aunque su abundancia con respecto al resto de la comunidad fue distinta en cada muestra. Los individuos del género *Rhabditis* se alimentan de bacterias; un estudio reveló que bajo condiciones específicas llegó a ser una especie dominante en el suelo de una parcela de maíz (Čerevková y Cagáň, 2012). El porcentaje de detección de este género por parcela varió entre 20.0 y 70.2% (Cuadro 1). Este género también fue reportado en suelos de parcelas de alfalfa del estado (Velásquez-Valle et al., 2018). Es importante considerar que éste género ha sido clasificado como

fitoparásito en cultivos como la caña de azúcar (Peña-Prades *et al.*, 2018) por lo que sus altas poblaciones en el suelo de parcelas de chile en Durango deben recibir una mayor atención.

Género *Tylenchus*

El género *Tylenchus* se encontró en solamente 7.7% de las parcelas muestreadas; su frecuencia de detección fue de 5.3% de la población total de nematodos en las parcelas positivas a ese género (Cuadro 1). De acuerdo con Montes (2000), en México se habían reportado poblaciones de este nematodo en plantas de chile de Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa y Tamaulipas. Su presencia ha sido asociada con plantas de chile, en países como Nigeria, Saudi Arabia y Costa Rica (López y Azofeifa, 1981; Adamou *et al.*, 2013; Almohitthef *et al.*, 2018); sin embargo, en México, el cultivo de chile no figura como hospedante principal ni secundario de este nematodo, según afirma SENASICA (2013).

Géneros *Helicotylenchus* y *Hemicyclophora*

Otros géneros como *Helicotylenchus* y *Hemicyclophora* que han sido asociados al cultivo de chile (McSorley y Thomas, 2003b), se detectaron con menor frecuencia (15.4 y 30.8% respectivamente) en el trabajo actual (Cuadro 1). Las especies *Helicotylenchus dihystra* (Cobb, 1893) Sher, 1961 y *Hemicyclophora arenaria raski* fueron mencionadas en asociación con plantas de chile (McSorley y Thomas, 2003b). El género *Helicotylenchus* está compuesto por cerca de 200 especies que

sobreviven en una amplia variedad de ambientes y que al alimentarse provocan lesiones en las raíces que facilitan la entrada de patógenos fungosos; este género posee un amplio rango de hospederos que incluyen desde cereales, pastos y arvenses hasta especies forestales y que incluye especies cercanas al Chile como jitomate y berenjena (Mizukubo *et al.*, 1992; Guzmán-Piedrahita, 2011; Van der Berg y Quénervé, 2012); en Costa Rica (López y Azofeifa, 1981) se menciona la presencia de *Helicotylenchus* y *Hemicyclus* en el suelo cercano a las raíces de plantas de Chile; en el caso de *Helicotylenchus* se ha mencionado (Dropkin, 1989) que un individuo de este género puede destruir un número limitado de células en un sitio de alimentación por lo que son considerados patógenos moderados aunque en poblaciones elevadas pueden causar daños severos a las raíces. Por su parte, los nematodos pertenecientes al género *Hemicyclus* se alimentan como ectoparásitos en la parte más joven de la raíz y en algunos casos puede inducir la formación de agallas radiculares en la parte terminal de las raíces; ocurren en suelos arenosos y poseen una amplia gama de hospederos (Dropkin, 1989; Mai y Mullin, 1996).

Es importante notar que los mismos géneros de nematodos encontrados en almácigos de Chile en Aguascalientes y Zacatecas se encuentran en las parcelas comerciales en Durango, sugiriendo la posibilidad de que las plántulas o el cepellón de suelo que se adhiere a su raíz en los almácigos infestados pudieran servir como medio de diseminación.

Recomendaciones generales de manejo

En almácigos tradicionales (a cielo abierto) de Chile se debe emplear una mezcla de suelo esterilizado que no lleve nematodos. Antes del trasplante se debe examinar la raíz de las plántulas para verificar que no presenten nudos o agallas; en caso afirmativo es mejor no utilizar dichas plántulas.

Algunos nematodos como *Pratylenchus capsici* (Qing et al., 2018) pueden parasitar algunas malas hierbas por lo que es necesario mantener libre de maleza las parcelas de Chile.

Se ha informado que el empleo de gallinaza en dosis de 20 t/ha, incrementó el rendimiento de plantas de Chile en suelos infestados con nematodos como *P. brachyurus* Godfrey (Nwanguma et al., 2011), por lo que la adición de materia orgánica de este tipo, pudiera considerarse dentro de un manejo preventivo de nematodos.

Los nematodos fitoparásitos (*Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus* y *Hemicycliophora*, principalmente) encontrados en el suelo de las parcelas de Chile para secado en Zacatecas poseen un amplio rango de hospederos por lo que es difícil establecer un programa de rotación de cultivos que sea completamente efectivo; sin embargo, es posible que la siembra de cereales como avena, cebada y trigo por varios ciclos consecutivos ayuden a reducir la población de estos patógenos.

Una manera práctica de saber que géneros de nematodos se encuentran en una parcela es el análisis del

suelo en un laboratorio de fitopatología por lo que a continuación se describen algunos puntos clave para realizar dicho análisis.

¿Como tomar una muestra de suelo para su análisis nematológico?

El muestreo de nematodos fitoparásitos puede identificar y cuantificar poblaciones presentes antes de la siembra y en cultivos establecidos. Permite definir un manejo o estrategia adecuada en cuanto a la utilización de medidas de combate, por lo tanto, ayuda a prevenir y reducir pérdidas (Piedra, 2015).

Las muestras de suelo deben ser colectadas previamente al establecimiento del cultivo de chile; los resultados de este análisis serán mejores si las muestras se colectan al final del ciclo de cultivo (antes de que se destruya o barbeche) previo al del chile ya que las poblaciones de nematodos serán más numerosas y fáciles de detectar (Noling, 2016).

Colecte el suelo con las raíces que se encuentren en el, utilizando una pala; ya que la mayoría de los nematodos fitoparásitos concentran sus poblaciones en la zona de desarrollo radicular, las muestras deben ser tomadas a una profundidad de 20 a 25 cm (Noling, 2016). Al momento de tomar la muestra de suelo se sugiere eliminar la capa superior del suelo (3 a 10 cm aproximadamente) (Manzanilla-López, 2012; Piedra, 2015).

El muestreo debe realizarse de preferencia cuando el suelo pueda ser trabajado evitando colectar muestras

cuando se encuentre muy húmedo o extremadamente seco.

La metodología para la toma de muestras es variable; sin embargo, es necesario recordar que la distribución de las poblaciones de nematodos tiende a ocurrir en manchones o lunares, más que de manera uniforme u homogénea, por lo que se sugiere que la parcela que se va a muestrear se subdivida en secciones; para la subdivisión se debe tomar en cuenta cualquier tipo de variación en el cultivo previo, textura del suelo, patrones de humedad o drenaje o historial de cultivos (Hafez, 2003). Piedra (2015) recomienda tomar 50 submuestras por hectárea utilizando un recorrido en zig-zag colectando una submuestra cada 20 pasos. Cada muestra debe ser de aproximadamente 50 g; se debe evitar coleccionar muestras alrededor de plantas muertas o enfermas ya que la población de nematodos puede ser reducida (Manzanilla-López, 2012). Picca y Porcel (2010) señalan que deben tomarse 20 muestras por hectárea siguiendo un esquema de muestreo que permita abarcar o cubrir toda el área de interés. En cualquier caso, debe considerarse que a mayor número de submuestras se tendrá una mejor representatividad de suelo, lo que permitirá mejorar el diagnóstico.

Las muestras de suelo deben tomarse en la zona radicular de las plantas, generalmente hasta una profundidad de 25 cm; elimine el suelo de los primeros 2 - 3 cm y coloque la muestra de suelo en un recipiente limpio (Figura 5).



Figura 5. Las muestras de suelo para el análisis nematológico pueden tomarse a una profundidad no mayor a 25 cm y cuando el suelo aún conserva humedad.

La muestra de suelo debe etiquetarse con los datos de la parcela muestreada (fecha de colecta, nombre del productor, localización, síntomas observados, cultivo anterior, tipo de suelo) y guardarse en una hielera o conservarse a la sombra hasta su entrega en el laboratorio. La etiqueta con los datos de la muestra, debe colocarse por fuera de la bolsa, ya que en el interior se pueden romper o descomponer, especialmente en muestras muy húmedas. Las muestras de suelo contienen nematodos vivos que deben conservarse activos para facilitar su extracción; se recomienda entregarlas en el laboratorio dentro de las 48 horas posteriores a su extracción.

Literatura citada

- Adamou, H., Mamame, N. K., Adamou, B., Ali, D., and Toudou, A. 2013. Plant parasitic nematode communities associated with pepper crops in Aguié region (Niger Republic). *Botany Research International* 6:01-06.
- Aguilar, H. R. y Esparza, F. G. 2010. Situación y perspectivas de la producción de chile seco en Zacatecas. *Revista de Geografía Agrícola* 45:19-38
- Almohithef, A. H., Al-Yahya, F. A., Al-Hazmi, A. S., Dawabah, A. A. M., and Lafi, H. A. 2018. Prevalence of plant-parasitic nematodes associated with certain greenhouse vegetable crops in Riyadh region, Saudi Arabia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.05.001>
- Anwar, S. A., Mahdi, M. M., McKenry, M. V., and Qadir, A. 2013. Survey of plant-parasitic nematodes associated with four vegetable crops cultivated within tunnels. *Pakistan Journal of Zoology* 45:595-603.
- Barrantes, J. L. F. 2010. Manual de recomendaciones en el cultivo de chile, pimentón o ají (*Capsicum* sp.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 28 p.

- Castillo, P., Stanley, J., Inserra, R. N., Manzanilla-López, R. H. 2012. Pratylenchidae-the lesión nematodes. Chapter 12. In: Practical plant nematology (Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza). 1a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 883 p.
- Čerevková, A. and Cagáň, L. 2012. Seasonal effects on the population dynamics of soil nematodes in a maize field. *Journal of Central European Agriculture* 13:739-746. DOI:10.5513/JCEA01/13.4.1122
- Dropkin, V. H. 1989. Introduction to plant nematology. Second Edition. A Wiley-Interscience Publication. 304 p.
- Hafez, L. S. 2003. Sampling procedure to diagnose nematode infestations. College of Agricultural and Life Sciences. University of Idaho. CIS1056. 4 p.
- Guzmán-Piedrahita, O. A. 2011. Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden y *H. dihystra* (Cobb) Sher, en banano y plátano. *Agron* 19:19-32.
- Kanzaki, N. and Giblin-Davis, R. M. 2012. Aphelenchoidea. Chapter 7. In: Practical plant nematology (Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza). 1a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 883 p.

Lambert, K. and Bekal, S. Introduction to plant-parasitic nematodes. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PH-I-2002-1218-01.

López, R. C. y Azofeifa, J. C. 1981. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos asociados con hortalizas en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 5:29-35.

Mai, W. F. and Mullin, P. G. 1996. Plant-parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Cornell University Press Fifth edition. 277 p.

Manzanilla-López, R. H. 2012. Methodology and symptomatology. Chapter 4. In: Practical plant nematology (Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza). 1a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 883 p.

McSorley, R. and Thomas, S. H. 2003a. Diseases caused by nematodes. Compendium of pepper diseases. (Ed. by K. Pernezny, P. D. Roberts, J. F. Murphy and N. P. Goldberg). The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 63 p.

McSorley, R. and Thomas, S. H. 2003b. Other nematodes. Compendium of pepper diseases. (Ed. by K. Pernezny, P. D. Roberts, J. F. Murphy and N. P. Goldberg). The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 63 p.

- Mizukubo, T., Toida, Y. and Keereewan, S. 1992. A survey of the nematodes attacking crops in Thailand I. Genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945. *Japanese Journal of Nematology* 22:26-36.
- Mokbel, A. A. 2014. Nematodes and their associated host plants cultivated in Jazan province, southwest Saudi Arabia. *The Egyptian Journal of Experimental Biology (Zool.)* 10:35-39
- Montes, B. R. 1979. Avances de nematología agrícola en México. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 89 p.
- Montes, B. R. 2000. Nematología vegetal en México. Investigación documental. Segunda edición. Ed. G. Fuentes D. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. Cd. Obregón, Sonora, México. 98 p.
- Noling, J. W. 2016. Nematode management in tomatoes, peppers, and eggplant. IFAS Extension. University of Florida. ENY-032. 16 p
- Nwanguma, E. I., Olabiyi, T. I., Idowu Agida, O. O., and Olufolaji A. O. 2011. Efficacy of organic soil amendments in the control of *Meloidogyne incognita* and on some growth and yield parameters of pepper *Capsicum fruitscens* in Southwestern Nigeria. *European Journal of Applied Sciences* 3:140-145.

- Peña-Prades, M., Olivares-Reyes, N., Rodríguez-Regal, M., Peña-Rivera, L., Cobas-Elías, A., Cervera-Duverger, G. y Barquié-Pérez, O. 2018. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la provincia Guantánamo, Cuba. *Cultivos Tropicales* 39:7-14.
- Perry, R. N. and Tovar-Soto, A. 2012. Biology and host-parasite interactions. In: *Practical plant nematology*. Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza. 1a Edición. Biblioteca básica de agricultura. Guadalajara, Jalisco, México. 883 p.
- Picca, C. y Porcel, L. 2010. NEMATODOS: Muestreo de suelo para prevención y diagnóstico en cultivos hortícolas. Centro Regional Mendoza-San Juan. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2 p.
- Qing, X., Bert, W., Gamliel, A., Bucki, P., Duvrinin, S., Alon, T., and Miyara, S. B. 2018. Phylogeography and molecular species delimitation of *Pratylenchus capsici* n. sp., a new root-lesion nematode in Israel on pepper (*Capsicum annuum*). *Phytopathology*. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-18-0324-R>
- Piedra, N. R. 2015. Guía de muestreo de nematodos fitoparásitos en cultivos agrícolas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 22 p.

- Rosas-Hernández, L., Ramírez-Suarez, A., Alcasio-Rangel, S., López-Buenfil, J. A., and Medina-Gómez, E. 2017. Detection, identification and phylogenetic inference of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev (Nematoda: Anguinidae) affecting alfalfa *Medicago sativa* L. in Jalisco, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35:377-396.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). 2013. Nematodo del tallo y de los bulbos *Ditylenchus dipsaci*. Ficha Técnica No. 18. SAGARPA. 50 p.
- Subbotin, S. A. and Riley, I. T. 2012. Stem and gall forming nematodes. Chapter 14. In: Practical plant nematology (Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza). 1a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 883 p.
- Van der Berg, E. and Quénéhervé, P. 2012. Hoplolaimidae. Chapter 9. In: Practical plant nematology (Ed. by R. H. Manzanilla-López and N. Marbán-Mendoza). 1a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 883 p.
- Velásquez -Valle, R., Amador-Ramírez, M. D., Medina-Aguilar, M. M. y Lara-Victoriano, F. 2007. Presencia de patógenos en almácigos y semilla de chile (*Capsicum annum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:75-79.

Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R. y Talavera-Correa, H. 2018. Microorganismos asociados con la pudrición de corona de alfalfa en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36:414-422 DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1806-1

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Comisión Editorial del CEZAC:

Presidente: Dra. Raquel K. Cruz Bravo

Secretario: M. C. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez

Vocales: Dr. Luis R. Reveles Torres, Dr. Francisco Gpe.

Echavarría Cháirez, M. C. Mayra Denise Herrera

Coordinación y edición de la información:

Dr. Rodolfo Velásquez Valle

Revisión técnica:

Dr. Luis Roberto Reveles Torres

M.C. Yasmin Ileana Chew Madinaveitia

Diseño:

L. M. A. Jesús Carreón Rodríguez

Código INIFAP

MX-0-241-709-11-02-11-09-103

Campo Experimental "Zacatecas"

Kilómetro 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo

Apartado postal No. 18,

Calera de V. R., Zac., 98500

Tel: 01-800-088-2222, Ext. 82301, 82333

Correo electrónico: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en diciembre de 2019, en el Campo Experimental Zacatecas que sita en Carretera Zacatecas - Fresnillo km 24.5, A.P.18, Calera de V. R. Zac.

Tiraje: Publicación electrónica distribuida en formato PDF

Su tiraje fue de 1,000 ejemplares

Personal Investigador del Campo Experimental Zacatecas

Investigador	Programa
Dr. Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
Ing. José Israel Casas Flores	Agrometeorología y Modelaje
M. C. Nadiezhda Y. Ramírez Cabral	Agrometeorología y Modelaje
Dr. Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing. José Ángel Cid Ríos	Frijol y Garbanzo
M. C. Juan José Figueroa González*	Frijol y Garbanzo
M. C. Mayra Denise Herrera	Frijol y Garbanzo
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
M. C. Valentín Melero Meraz	Frutales
Ing. Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
M. C. Miguel Servin Palestina*	Ingeniería de Riego
Dra. Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
M. C. Enrique Medina Martínez	Maíz
M. C. Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr. Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
Dra. Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía

* Becarios




AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap
Instituto Nacional de
Investigación y Desarrollo
Fitosanitario, Agrícola y Pecuario

www.inifap.gob.mx



 @inifapmx

 @inifap

 /INIFAP1

 @inifap



Certificación
ISO 9001:2015