

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

El Nematodo Dorado de la Papa *Globodera rostochiensis*
(Wollenweber, 1923; Behrens, 1975)

Por:

ALBERTO TOVAR CRESPO

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio del 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

El Nematodo Dorado de la Papa *Globodera rostochiensis*
(Wollenweber, 1923; Behrens, 1975)

Por:

ALBERTO TOVAR CRESPO

Monografía

**Que somete a consideración del H. jurado examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Presidente del Jurado

Sinodal

Dr. Melchor Cepeda Siller

Dr. Gabriel Gallegos Morales

Sinodal

Sinodal Suplente

M.C. M^a. Elizabeth Galindo Cepeda

Dr. Alfonso Pamanes Guerrero

Coordinador de la División de Agronomía

M. C. Arnoldo Oyervides García

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO DEL 2006.

AGRADECIMIENTOS

Con toda gratitud a mi Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por abrirme las puertas del saber, por permitir mi formación profesional, y de realizar mis sueños a ti mi “ALMA MATER” Gracias.

Con el más debido respeto al Dr. Melchor Cepeda Siller, por su valiosa asesoría y por hacer posible la realización de mi trabajo.

Al Dr. Gabriel Gallegos Morales, por su valioso apoyo, y su participación en la realización de este trabajo.

A la M.C. M^a. Elizabeth Galindo Cepeda, por la orientación y confianza para la realización de este trabajo.

Al Dr. Alfonso Pamanes Guerrero, por la ayuda brindada, para la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera participaron en la elaboración del presente trabajo.

A la generación “100” de Ingenieros Agrónomos Parasitólogos, por su amistad, por estar en los momentos alegres y tristes durante mi formación profesional.

DEDICATORIA

A Dios: (Padre)

Por darme la dicha de estar aquí, y hacer de mí un hombre de bien.

Por permitirme terminar, salir adelante tanto en mis éxitos como fracasos sin dejarme de la mano.

A mis padres:

Sr. Luís Tovar Pérez.

Sra. Maria Cirila del Carmen Crespo Gaytan.

Por la grandeza de tenerlos a mi lado, por su confianza depositada en mí, su esfuerzo, sacrificio y por su cariño y respeto. Y por darme la vida. Gracias.

A mis hermanos:

San Juana de la Cruz Tovar Crespo.

Alma Rosa Tovar Crespo.

Juan Antonio Tovar Crespo.

Francisco Javier Tovar Crespo.

Noemí Tovar Crespo.

Por compartir en los momentos alegres y tristes, por todo su apoyo y por creer en mí. Gracias.

A mis abuelos:

Sr. Martín Crespo

Sra. Agustina Gaytan

Sr. Ángel Tovar (+)

Sra. Maria Nieves Pérez (+)

Por la dicha de tenerlos, en las buenas y en las malas, por sus bendiciones en donde quiera que estén. Gracias.

A mis tíos

Aciano Crespo, Juan Crespo, Socorro Crespo, Paula Crespo y Martín Tovar. Por su apoyo, consejos y comprensión. Gracias.

A mis primos

Alondra Crespo, Dulce Crespo, Estefanía Crespo, Martín Tovar Prieto (+), Teresa Tovar Puente. Por su apoyo a pesar de la grande distancia. Gracias.

A mis amigos:

José Miguel Guillermo Encinas.

Francisco Javier Aguirre Pedroza.

Maria Cecilia Arroyo Medina.

José Alberto Vélez

Christian Iván Salomón Rojas

Arturo Palvamas

Alvaro Monsalvo Espejel

Israel Gasca Mancera

Luis Enrique Gasca Mancera

Jorge Campos Arteaga

Juan Pablo

Javier

Javier

Por compartir juntos tiempos valiosos, en tierras extrañas, por el apoyo y dedicación cuando más los necesité. Gracias.

Y a todos los profesores, que participaron en mi desempeño de mis conocimientos para mi desarrollo como profesionalista. Gracias.

A mi novia:

Geny de Jesús Dzib Chi.

Por tu amor, la dicha y grandeza de tenerte a mi lado, por compartir momentos de alegría y tristeza. Por quien estar allí sin pedírselo. Gracias.

INDICE

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
Antecedentes Históricos del Nematodo Dorado	
<i>G. rostochiensis</i>	3
A nivel nacional.....	6
A nivel regional.....	7
Ubicación Taxonómica.....	9
Morfología.....	10
Distribución Geográfica.....	13
Ciclo Biológico.....	16
Epidemiología.....	20
Sintomatología.....	21
Parasitismo.....	23
Hospederos.....	25

Relación Hospedero Parasito.....	28
Efecto del Nematodo Dorado sobre la Papa.....	29
Interacción de <i>Globodera rostochiensis</i> con otros Organismos...	32
Diseminación.....	33
Importancia Económica.....	33
Manejo de <i>G. rostochiensis</i>	37
Control Legal.....	39
Control Cultural.....	42
Control Físico.....	45
Control Genético.....	46
Control Biológico.....	50
Control Químico.....	52
Control Integrado.....	55
Patogenicidad y Magnitud del Daño.....	57
Dinámica Poblacional y Difusión de los Nematodos.....	58
Dispersión del Nematodo.....	62
Análisis de Suelo para la Detención del Nematodo dorado de la papa <i>G. rostochiensis</i>	63
Toma de Muestras de Suelo.....	64
Análisis del Suelo en el Laboratorio.....	67

Identificación.....	69
Características de Géneros de Nematodos de la	
Familia Heteroderidae.....	73
Características de las Especies de Heteroderidos que se	
Enquistan.....	73
Clave para Especies De <i>Globodera rostochiensis</i>	74
Resistencia.....	76
Tolerancia.....	77
Tipo de suelo.....	77
Rotaciones.....	77
Nematicidas.....	78
CONCLUSIONES.....	79
RESUMEN.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	82

INDICE DE CUADROS

Cuadros

1.- Hospederos y sus especies.....	25
2.- Hospederos de mayor importancia según (Glazer, 1983) y (Stone, 1973).....	27
3.-Estados y municipios productores de papa. Vázquez, 1994.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figuras

- 1.- Raíces de papa infectadas con *G. rostochiensis*. A) Hembras; B) Quistes. Machos. WWW. NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA, *Globodera rostochiensis*.....11
- 2.-Morfología de los estados de desarrollo del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis*. A: segundo estadio larvario, B: región anterior del macho, C: macho adulto, D: región anterior de la hembra, E: Hembra adulta, F, Huevecillo Foto. WWW. GUÍA PARA LA DETECCIÓN EN SUELO DE LOS NEMATODOS QUÍSTICOS (SANIDAD VEGETAL).....12
- 3.-Distribución del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* a nivel mundial. WWW.REDEPAPA....15
- 4.-Ciclo de vida de *Globodera rostochiensis* WWW. FUENTE: CABI 2000 Janet A. Rowe.....19
- 5.-Efecto de *Globodera rostochiensis* sobre el crecimiento de la Papa (planta en la derecha). WWW. FICHAS/**GLOBODERA**. UNIVERSIDAD DE HAMBURGO.COM.....22

- 6.-Quieste de nemátodo dorado en raíz de una planta de papa.
Globodera rostochiensis WWW. FICHA 57.....24
- 7.-Sección transversal de una raíz de papa con hembra de
G. rostochiensis (H) y sincitio multinucleado (S) alrededor de
la cabeza del nematodo. WWW.POLAR.INFO/FITOPATO.
Globodera rostochiensis/FITOPATOLOGY.COM.....58
- 8.-Plantación de papa donde se observan plantas con un
crecimiento reducido debido al ataque de *G. rostochiensis*.
WWW.FUENTE: CABI 2000 JANET A. ROWE.....61
- 9.-Flotador de Fenwick. WWW.PROTECNET./GLOBODERA.HTM.....69
- 10.-Raíces de papa infectadas con *G. rostochiensis*. A) Hembras;
B) Quistes. WWW.INSPECTION.GC.CA/ENGLISH/SCI
/SURV/DATA/GLOROSE.HTM.....71
- 11.-Cortes perineales de quistes de *Globodera rostochiensis*
(izquierda) y *G. pallida* (derecha). Nótese el número de
estrías entre la vulva (v) y el ano (a): más de 20 en *G.*
rostochiensis y menos de 12 en *G. pallida* WWW. NEMATODO
DEL QUISTE DE LA PAPA, *Globodera rostochiensis*.....72

INTRODUCCION

El nemátodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis* Wollenweber (1923), Behrens (1975), ha co-evolucionado con su hospedante preferido *Solanum tuberosum* sub. sp. *tuberosa* y *Solanum tuberosum* sub. sp. *andigena*, lo que se manifiesta en el hecho de que se desarrolle una generación del nemátodo por cada ciclo del cultivo de la papa Stone (1973); Franco *et al.* (1994), y Greco y Crozzoli (1990).

El ciclo comienza sólo con la presencia de los exudados radiculares del hospedero, que permiten la emergencia de los segundos estados juveniles que invaden las raíces y forman el sincitio. La adherencia de las hembras en las raíces permite su observación a simple vista como perlitas blancas que van cambiando de color. Una vez que la hembra muere, se convierte en un quiste de color marrón, los que se desprenden de la raíz quedando en el suelo viables por más de 20 años y conteniendo en su interior los huevos y segundos estados juveniles que permitirán un nuevo ciclo Scurrah (1981).

El pequeño tamaño de los quistes facilita la diseminación del nemátodo, ya que estos son fácilmente llevados de un lugar a otro con la tierra adherida a los tubérculos, a la maquinaria e implementos agrícolas,

a los envases y por cualquier otro medio que pueda transportar suelo infestado Mulvey y Morgan (1983).

A la vez otros investigadores caracterizan al nematodo como una enfermedad grave y casi imposible de erradicar Vázquez (1994).

Evans (1991), señalan al nemátodo dorado *G. rostochiensis*, como una de las principales enfermedades del cultivo de la papa, identificándola a nivel mundial como causante de grandes daños.

Para enfrentar este tipo de problema, se deben aplicar métodos de control integrado que sean inocuos para el medio ambiente y el hombre, y que favorezcan una reducción en el uso de productos químicos. Por ejemplo, Whitehead (1973), señala que los suelos mantenidos en condiciones de barbecho y con cultivos no hospederos, permiten reducir lentamente la población de los nemátodos de los quistes.

El objetivo es:

-Reunir toda la información posible acerca de la especie *G. rostochiensis*, en un solo documento, con la finalidad de ponerla a disposición de personas interesadas.

REVISION DE LITERATURA

Antecedentes Históricos del Nematodo Dorado *G. rostochiensis*

El nematodo dorado se descubrió por primera vez en Estados Unidos en 1941, cuando se le atribuyeron daños serios causados a un cultivo de papa de un campo ubicado en Long Islán, Nueva York. Es gracias a una cuarentena eficaz a nivel estatal y federal, implementada durante más de 50 años, que el nematodo dorado se ha mantenido confinado a ciertas partes de nueve condados del Estado de Nueva York. Handoo (1942).

Mulvey y Morgan (1983), mencionan que en el mundo la presencia del nematodo dorado de la papa fue primero señalada por Julios Kuhn. En 1881, en Alemania, durante la campaña contra *Heterodera schachtii* (nematodo de la remolacha azucarera), Kuhn observo quistes en la raíces de papa y considero que se trataba de una subraza de la misma especie.

Zimmerman en 1914, en Alemania, reporto que un nematodo peligroso para dicho cultivo, era *Heterodera schachtii solani*. Wollenweber, en 1923, comparo quistes de este organismo con los encontrados en la remolacha, y observo diferencias, por lo que concluyó que se trataba de una especie diferente, a la que llamo *Heterodera schachtii rostochiensis*.

Posteriormente en 1940, Franklin realizó un minucioso trabajo en el que reconoce a *Heterodera rostochiensis* como una nueva especie.

Skarbilovich en 1959 ubicaba los nematodos de quistes esféricos y periformes como especies del genero *Heterodera*, dividiéndolos en dos subgéneros *Globodera*, y a los quistes con cono vulvar (citriformes) dentro del género *Heterodera*, subgénero *Heterodera*.

Stone (1973), señala que en con base a consideraciones detalladas de nematodos enquistados y diferencias morfológicas y biológicas de hembras maduras, quistes y machos, propuso que el subgénero *Globodera* se elevara a la categoría de género, debido a la forma esférica

peculiar y ausencia de cono vulvar de sus hembras enquistadas. Por otra parte los nematodos piriformes enquistados, que anteriormente se incluían en el género *Heterodera*, se agruparon dentro del género *Punctodera*, en tanto que los quistes citriformes se mantuvieron con el nombre de *Heterodera*.

Malik (2003), el nematodo dorado, *G. rostochiensis*, se detecto en un campo de 30 ha en el municipio de Fremont del Condado de Steuben, Nueva York. Es la primera vez desde 1986 que este nematodo es detectado fuera de su área de cuarentena. El campo ha sido encuestado sistemáticamente nueve veces desde 1980.

La encuesta realizada en otoño de 2002 produjo cuatro quistes en muestras de suelo. En una encuesta de confirmación efectuada el 16 de abril de 2003 se recuperaron 51 quistes, de los cuales 43 eran viables. Los huevos y los nematodos jóvenes fueron enviados a la Universidad de Cornell para determinar el biotipo de la raza.

Zafar (2004), detectó el nematodo dorado, *Globodera rostochiensis*, en el Condado Cayuga de New York. La detección se

realizó en un campo de producción de papa ubicado tanto dentro como fuera del área bajo cuarentena por esta plaga.

A nivel nacional.

Leo (1972), realizó investigaciones en la República Mexicana con el fin de localizar áreas infestadas. Estas investigaciones se estuvieron realizando en áreas paperas de mayor importancia como la del Bajío en el estado de Guanajuato; Guadalupe Victoria, Puebla; en los estados de Hidalgo, Michoacán, y Tlaxcala así como en el área de Toluca, sin obtener datos positivos. Los mismos autores reportan que el Dr. Carlos Sosa Moss, indica la existencia de quistes esféricos, actualmente pertenecientes al género *Globodera* en suelos cultivados con papa en el valle de Toluca, estado de México; el Dr. Sosa Moss menciona haber encontrado quistes que presentaban la coloración dorada, por lo que supuso que posiblemente se trataba *Heterodera rostochiensis*; sin embargo, no logro hacer la determinación precisa de la especie.

Todo esto debido a que al probarse su patogenicidad en papa no hubo formación de hembras en las raíces Rodríguez (1973).

Cabi (2000), reporto que 139 plagas que atacan al cultivo de la papa a nivel nacional, Entre las plagas reportadas se encuentra el nemátodo dorado *Globodera rostochiensis*, sin embargo sobre este nematodo pocas especies se conocen. Por otro lado, el comercio de productos agrícolas trae consigo el riesgo de que las plagas puedan introducirse, establecerse y diseminarse a través de las importaciones de papa, ya sea como semilla, papa fresca para consumo o cualquier otro tipo de material propagativo de este producto. El proyecto de modificación de Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo prevenir la introducción, establecimiento y diseminación dentro del territorio nacional de plagas cuarentenizas de la papa.

A nivel regional.

Camacho (1979), indica que el descubrimiento del nematodo dorado de la papa para nuestra región fue en forma casual, cunado el Dr.

Carlos Sosa Moss, realizó una serie de muestreo en suelos de León, Guanajuato y Navidad, Nuevo León, en donde buscaba nematodos agallador de raíces del genero *Meloidogyne*, sembrando en ellos papa, con el fin de incrementar las poblaciones y realizar pruebas de resistencia; en esas mismas muestras.

En Septiembre de 1971, encontró quistes en las raíces de papa en la cuales posteriormente por análisis precisos de las fenestras y medidas biométricas específicas, el investigador confirmó que se trataba del “nematodo dorado”.

Basado en el daño, distribución y otros factores del patógeno, la Dirección General de Sanidad Vegetal decidió que se corroboraba la identificación hecha por el Dr. Sosa Moss, por lo que se remitieron algunos quistes al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y la comprobación taxonómica fue hecha por el Dr. G. L. Iverson, en julio de 1972, información que se publicó en la Revista American Potato Journal. De esta manera quedo comprobada la presencia del nematodo dorado en nuestro país Rodríguez (1973).

Ubicación Taxonómica

Según la revisión que realizó Luc, en 1988, la clasificación zoológica de *G. rostochiensis* es la siguiente:

Phylum.....Nematoda (Rudolphi, 1908)

Clase.....Secernentea (Von Linstow 1905, Dougherty 1958)

Subclase.....Diplogasteria (Chitwood y Chitwood 1937)

Orden.....Tylenchida (Thorne 1949)

Suborden.....Tylenchina (Chitwood 1950)

Superfamilia...Tylenchoidea (Orley 1880)

Familia.....Heteroderidae (Filipjev, Schuurmans y Stekhoven 1941)

Subfamilia...Heteroderidae (Filipjev, Schuurmans y Stekhoven 1941)

Género.....*Globodera* (Skarvilovich 1959)

Especie.....*rostochiensis* (Wollenweber, 1923; Behrens, 1975)

Morfología

La morfología ha sido una de las técnicas utilizadas, y de los adelantos en otras técnicas; aunque se le han incorporado modalidades como la estadística para hacer a la morfometría más precisa Stone (1973), y el microscopio electrónico de rastreo que ha descubierto características morfológicas, que en algunos casos como el de *Globodera rostochiensis*, han permitido diferenciar inclusive sus patotipos Mulvey y Morgan (1983).

Glazer y Pelbaum (1983), describen a *Globodera rostochiensis* de la siguiente manera:

El segundo estado juvenil (Larva infectiva) es semejante a un gusano redondo y alargado, mide de 440 a 660 μm de longitud, con la cola de la misma longitud del estilete, cuando se encuentra dentro del corion presenta de dos a cuatro dobleces; las larvas son hialinas.

Los huevecillos miden de 95 a 115 μm de largo y de 42 a 46 μm de ancho, son hialinos y se encuentran dentro del quiste.

Las hembras. El estadio de quiste esta presente; su cuerpo es globoso, esférico, no termina en cono, tienen cuello corto. La cutícula es delgada con líneas superficiales que forman un patrón reticular. Tiene

una capa presente. Su vulva terminal es de longitud media, aunque hay especialistas que indican que la apertura vulvar es corta (menos de 15 μm). En el área de la vulva es circunfenestrada; hay tubérculos superficiales cerca de la vulva (algunos investigadores los llaman papilas vulvares, y otros tubérculos perineales). No hay fenestración en el ano, sin embargo ano y vulva descansan en una hondonada vulvar. Es raro que tengan bula y manubrio. Todos lo huevecillos son retenidos dentro del cuerpo. Wollenweber (1923), y Behrens (1975).

El cuerpo de la hembra al madurar se ensancha y después de la muerte se convierte en un quiste duro; de color oro dorado y se observa en su cutícula líneas en zig-zag con puntuaciones, que siguen un arreglo sistemático, que vienen siendo los vestigios de los anillos cuticulares.

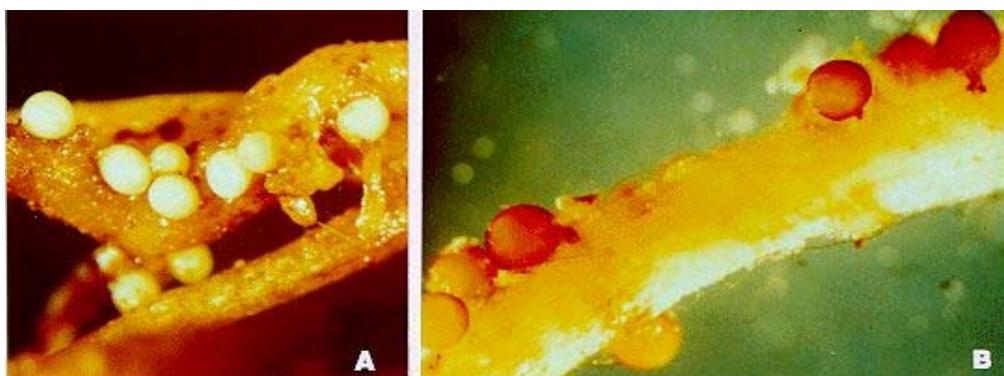


Fig. 1.- Raíces de papa infectadas con *G. rostochiensis*. A) Hembras; B) Quistes. Machos. WWW. NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA, *Globodera rostochiensis*

Su cuerpo es entrelazado, tiene campos laterales de cuatro líneas, miden cerca de 1.5 mm de longitud. Cuentan con disco labial de perfil, su espícula es menor de 30 mm a partir de su punto distal. No tiene cloaca, pero si cola hemisférica corta, algunos señalan que su longitud es menor que la mitad del ancho del cuerpo.

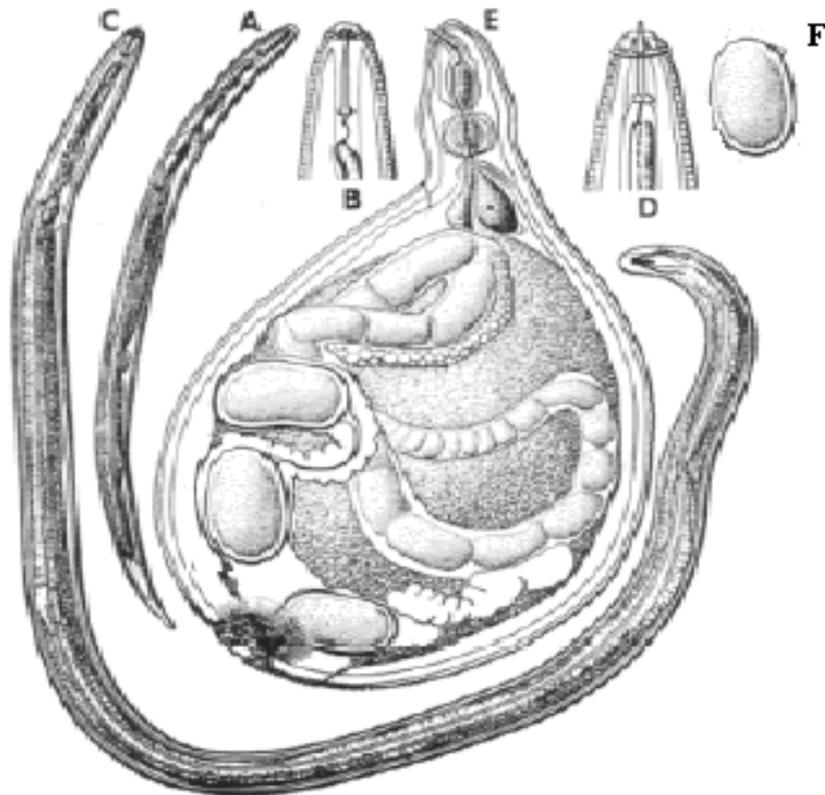


Fig. 2.- Morfología de los estados de desarrollo del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis*. A: segundo estadio larvario, B: región anterior del macho, C: macho adulto, D: región anterior de la hembra, E: Hembra adulta, F, Huevecillo. FOTO. WWW. GUÍA PARA LA DETECCIÓN EN SUELO DE LOS NEMATODOS QUÍSTICOS (SANIDAD VEGETAL).

Larvas ó juveniles de segundo estadio. Su estilete es menor de 30 μm , llena la cavidad o ancho de del cuerpo. Su cola es cónica, puntiaguda con la mitad de su parte terminal hialina, tiene fasmidios sin estructura de lentes, dispuestos en una capa muscular, por lo que se les considera puntiformes. Wollenweber (1923) y Behrens (1975).

Distribución Geográfica

Franco (1986), menciona que el nematodo dorado probablemente es originario de las tierras elevadas de los Andes en el Perú y Bolivia, en donde coevolucionó paralelamente con la papa que es su principal hospedante; e indica entre los años 1850 y 1900 el nematodo se localizo en Europa, y de ahí se diseminó a varias partes del mundo.

De los Andes en Sudamérica, el nematodo dorado fue trasladado a Europa probablemente en los tubérculos de las papas silvestres introducidas para buscar resistencia al tizón tardío causado por el hongo *Phytophthora infestans*, ya que fue encontrado primeramente en Alemania en 1881, alrededor de los años 30 después de la introducción del material para mejoramiento. En los Estados Unidos fue detectado por

primera ocasión en Long Island, Nueva York. Mai (1977), y se cree que fue introducido a inicios de 1920 vía equipo militar regresado de Europa Evans y Brodie (1980).

En México, el primer reporte de la presencia de este nematodo fue dado por Inverson en 1972, confirmando el diagnóstico hecho por Sosa-Moss en 1997, encontrando también solo a la especie *Globodera rostochiensis* raza 1 Rodríguez (1986), el mismo investigador cree que la introducción se hizo de Holanda en la importancia de tubérculos de cultivares mejoradas.

El Centro Internacional de la Papa el CIP (1980), publica que la distribución actual es amplia, encontrándose además en los países ya mencionados.

G. rostochiensis se encuentra en Alemania, Antigua URSS, Argelia, Argentina, Australia, Bélgica, Bolivia, Canadá, Checoslovaquia, Chile, Chipre, Costa Rica, Dinamarca, España, Estados Unidos, Feroe, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, India, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Líbano, Luxemburgo, Marruecos, México, Noruega, Nueva

Zelanda, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, Reino Unido, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Túnez, Venezuela, y Yugoslavia.

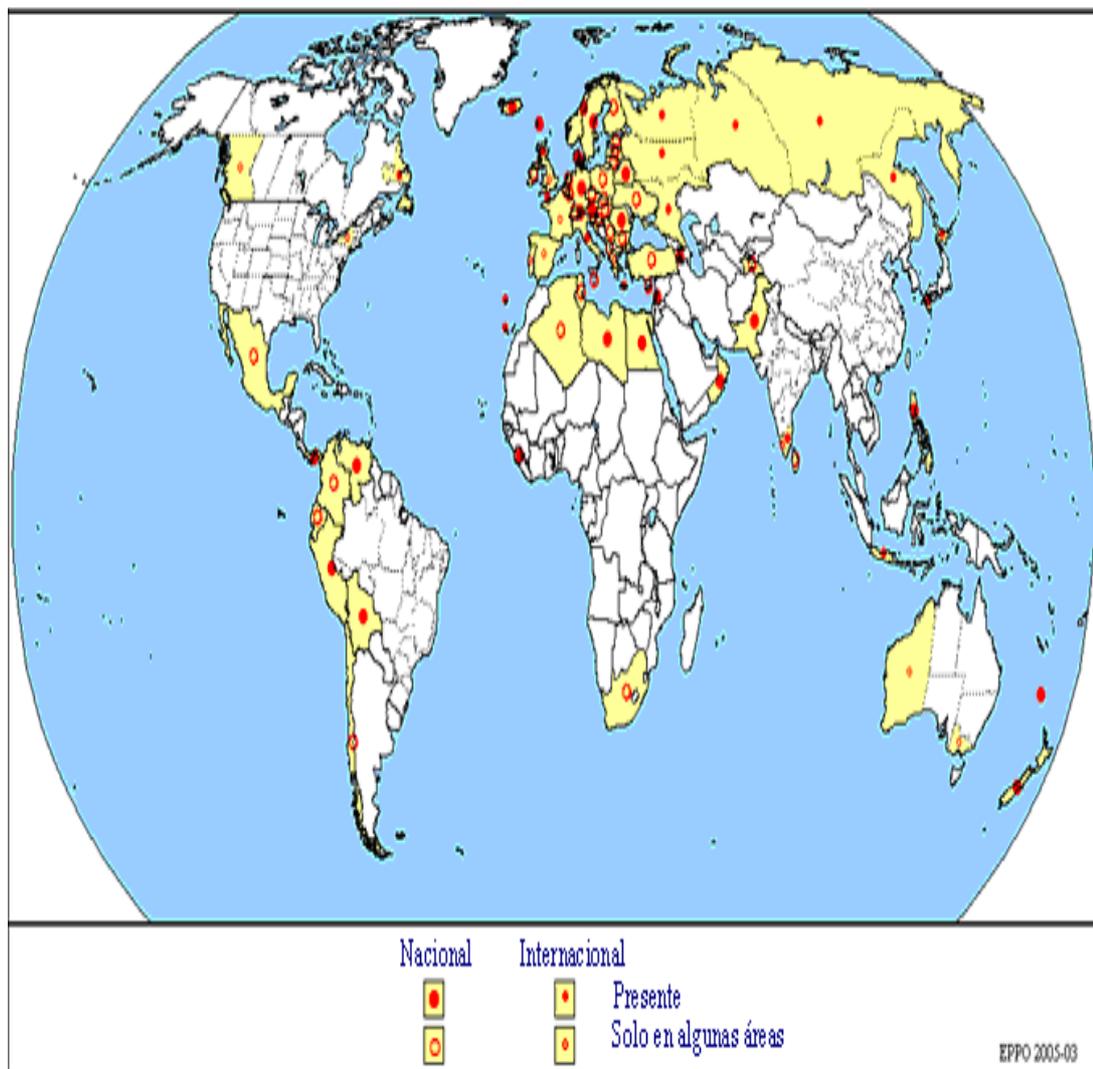


Fig.3.-Distribución del nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* a nivel mundial. WWW.REDEPAPA.

Ciclo Biológico

El ciclo de vida inicia en el segundo estadio larvario, recién emergido del huevecillo dentro del quiste; algunos atribuyen a dicho fenómeno de eclosión a la presencia de exudados radicales. Las larvas recién emergidas son atraídas por la rizósfera de la planta y penetran las raíces cerca de la punta ó en algunos sitios de nuevas raíces laterales. Después las larvas se colocan total ó parcialmente en las raíces. Con la cabeza cerca del sistema vascular, para alimentarse y seguir su desarrollo y así poder pasar al tercer estadio definiendo su sexo a la vez en función de la cantidad de alimento Cepeda (1998).

El sexo de los adultos es determinado ambientalmente por la cantidad de alimento disponible: si hay pocos y la comida es abundante, la población será predominantemente de hembras, por el contrario, si hay una gran infección de nematodos y la disponibilidad de alimento es limitada, prevacera una población de machos Cepeda (1998).

El cuarto estadio el cuerpo de la hembra sigue aumentando de tamaño y toma rápidamente la forma esférica; conforme el nematodo

madura, el cuerpo de la hembra se hincha, rompe las células radicales y sale de la raíz, a excepción de la cabeza y el cuello, que quedan inmersos en el tejido radical. Los machos maduros dejan la raíz y fertilizan las hembras sedentarias. Los machos tienen 10 días de vida y no se alimentan durante este tiempo Cepeda (1998).

Después que la hembra muere, la cutícula del cuerpo esférico se somete a un proceso de cambios químicos llamado curtimiento, que la convierte en dura y tenaz. Este es el quiste, dentro de el puede haber cerca de 50 a 600 huevecillos embrionados viables, que quedan protegidos de la desecación y de los agroquímicos, invernan y pueden permanecer viables normalmente durante siete y 10 años, aunque se sabe de casos de sobrevivientes de 20 a 30 años. Chitwood y Buhner (1946).

Se ha observado que no todos los huevecillos eclosionan en una temporada, algunos por razones que se desconocen, permanecen en reposo y no eclosionan en varias temporadas, de 60 a 80 % de huevecillos de un quiste eclosionaran el primer año, y el mismo porcentaje de huevecillos permanentes eclosionara cada año después; algunos lo harán sin la presencia de un hospedero. En climas templados

se han observado que las poblaciones declinan en 30 % por año cuando no hay hospedantes presentes Cepeda (1998).

En la primavera, por estímulo de los exudados radiculares, emergen más del 50% de las larvas que se encuentran en su segundo estadio dentro de los huevos que encierran los quistes y penetran en las raíces de la planta hospedante. Se alimentan y se desarrollan pasando por una serie de tres mudas; las hembras crecen y rompen el tejido radicular. Los machos maduros tienen forma de larva; abandonan la raíz y se aparean con las hembras que han quedado insertas por medio de la cabeza y cuello, en el tejido radicular. Las hembras fecundadas aumentan de tamaño y se vuelven subesféricas. Las hembras maduras tienen el cuello prominente, miden entre 0.5 y 0.8 mm de longitud con gran variación de tamaño, lo cual depende probablemente de las características del hospedero y de la nutrición durante su desarrollo. Los huevos son producidos y retenidos dentro de la hembra. La cutícula de la hembra fecundada se oscurece y endurece, transformándose en quiste, el cual puede contener hasta 500 huevos Cepeda (1998).

Los quistes permanecen en el suelo después de la cosecha y los huevos pueden mantener su viabilidad dentro del quiste en ausencia del hospedero por más de 20 años. La velocidad de multiplicación y proporción de sexos son influenciados por la densidad de la población de nemátodos y por las características del hospedero. La disponibilidad de alimento estimula la multiplicación, la que puede alcanzar hasta 60 veces más. Cuando el alimento es limitado y la población numerosa (100 huevos por gramo de suelo), la densidad de nemátodos puede llegar a disminuir. Mai (1977).

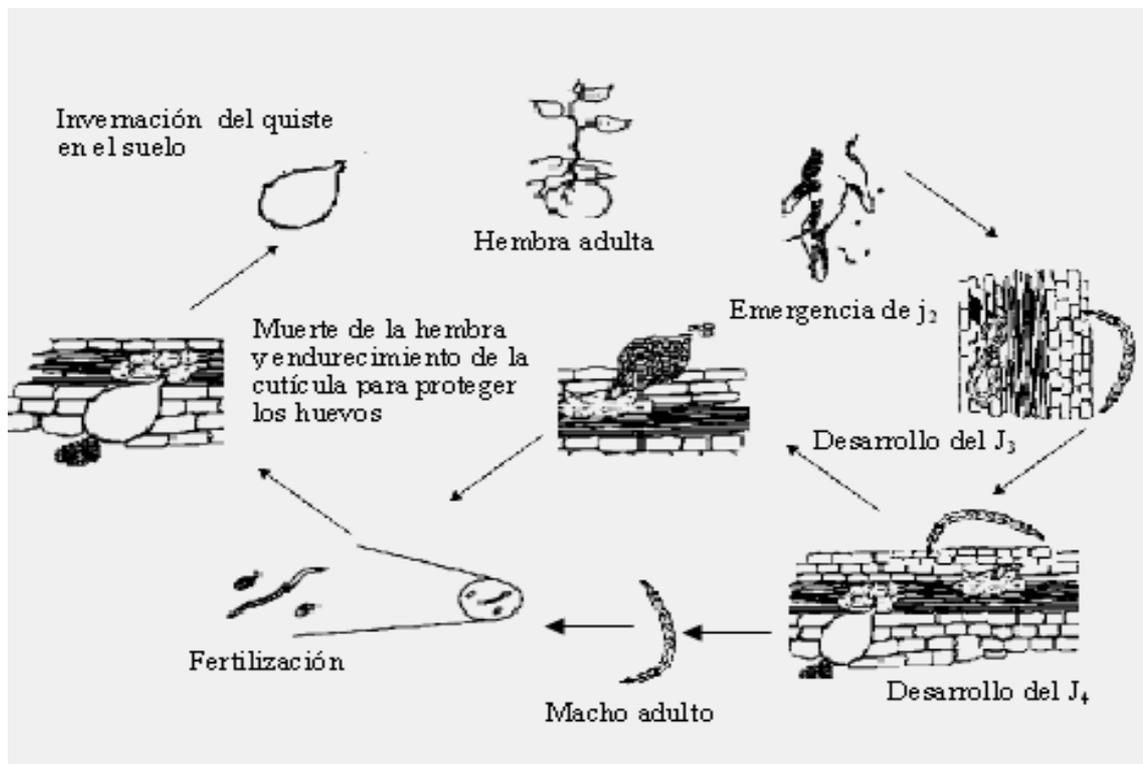


Fig. 4.- Ciclo de vida de *G. rostochiensis*. Fuente: CABI 2000 Janet A. Rowe. WWW.

FUENTE: CABI 2000 JANET A. ROWE.

Epidemiología

Aunque la población de nemátodos no se incrementa tan rápidamente como sucede con los hongos o bacterias patógenos de la papa, una vez que se encuentre bien establecido en las áreas de cultivo son, aún con la tecnología moderna, imposibles de erradicar. Las condiciones ambientales que aseguran el éxito de un cultivo comercial de papa, proporcionan también las condiciones óptimas para la multiplicación y supervivencia de estos nematodos, Mayer (1981).

Los nemátodos de quiste prosperan donde la temperatura del suelo es fresca; aunque se les encuentra en regiones tropicales y bajo condiciones de clima cálido, generalmente no llegan a establecerse en forma permanente como para alcanzar la importancia económica que tienen en los lugares de clima frío Mai (1977).

Las larvas se vuelven activas a 10°C y la máxima invasión de las raíces se realiza a 16°C. Temperaturas del suelo de 26°C por períodos prolongados limitan el desarrollo del nematodo y reducen su proporción. Se desarrolla bien en suelos arcillosos mediano a pesados bien drenados

o arenosos con suficiente aireación, suelos sedimentados o de musgo con un contenido de humedad de 50 a 75% de capacidad de campo. El pH del suelo tolerable para la planta de papa, puede aparentemente ser tolerado también por los nematodos. El nivel nutricional del suelo parece tener poco o ningún efecto sobre los nematodos, con excepción de aquel que ejerce sobre el comportamiento del cultivo Mai (1977).

Los huevos enquistados toleran la desecación y pueden sobrevivir 20 años o más en el suelo bajo condiciones desfavorables extremas de medio ambiente. La desiminación local o a gran distancia se realiza por la movilización de suelo infestado, como por ejemplo el que se adhiere a la maquinaria, semillas o envases para almacenaje. Los tubérculos contaminados proporcionan durante la siembra, condiciones ideales para la diseminación y se cree que constituye el factor principal en la distribución mundial del nematodo el C I P (1981).

Sintomatología

Debido a que este nematodo no causa síntomas visibles de inmediato en las plantas infectadas, puede no detectarse durante; los

campos de papa tienen pérdidas de 15 % de su producción sin que se hay observado síntomas de infección. La severidad de los síntomas depende de la densidad de población del nematodo Cepeda (1998).

El primer síntoma de infestación es el pobre crecimiento en uno o más manchones, los que crecerán cada año que se cultive papa en el mismo campo. Las plantas afectadas parecerán decoloradas, achaparradas y que se marchitan rápidamente durante los periodos calientes y secos del día. Los tubérculos son de poca calidad, y el desarrollo radical es pobre; también se ha observado que las raíces laterales no crecen tanto como las principales y la cosecha de tubérculos es reducida por la senescencia temprana de las plantas Cepeda (1998).



Fig. 5.- Efecto de *G. rostochiensis* sobre el crecimiento de la papa (planta en la derecha). WWW. FICHAS/GLOBODERA/UNIVERSIDAD DE HAMBURGO.COM.

Parasitismo

Cuando se siembra papa en un campo que ya ha sido infestado por *G. rostochiensis*, las raíces son invadidas antes de que emerjan. Los brotes de larvas de segundo estadio cortan las paredes celulares y penetran la raíz, dejando un rastro de células rotas; las áreas de la raíz más atractivas para las larvas son la punta de la raíz, la zona de elongación y el área pilosa. Las larvas se empiezan a mover desde la punta de la raíz, y a través de esta, depositándose en un lugar donde se alimentan las células del periciclo, cortex ó endodermis. Cepeda (1998).

La saliva producida por la glándula esofágica se inyecta a las células de la raíz donde la cabeza del nematodo esta embebida. Estas células agrandadas se convierten en reservorios permanentes de alimento y son necesarias para continuar su desarrollo del nematodo. Esta actividad dentro de las raíces del hospedero da como resultado disturbios en el transporte de agua y nutrientes para en desarrollo de la planta. Cepeda (1998).

La densidad del inóculo del nematodo en suelo de cultivo es muy importante debido a que en poblaciones bajas los daños ocasionados son imperceptibles al pasar por desapercibidos, pero se incrementa diez veces más en un año si las condiciones le son favorables; esto representa veinte huevecillos por gramo de suelo, que significa una pérdida de 6.25 ton/ha con infestaciones muy fuertes Brown y Sikes (1983).



Fig. 6.-Quiste de nemátodo dorado en raíz de una planta de papa *G. rostochiensis*. WWW. FICHA 57.

Hospederos

En cuanto a este aspecto Stone (1973), menciona que *G. rostochiensis* es específico debido a que son parásitos sedentarios que establecen sitios especiales para alimentarse de las raíces de la planta hospedante, esto asegura una fuente de alimento durante todo su desarrollo hasta alcanzar el estado adulto, para lo cual se requiere una relación muy íntima hospedero-patógeno, lo cual sólo se da un rango muy limitado porque esta especialización de los nematodos enquistados se debe a que han co-evolucionado con su grupo de hospedantes.

Cuadro 1. Hospederos y sus especies.

Hospederos y sus especies.			
Ajo	<i>(Allium sativum)</i> **	Cacahuate	<i>(Arachis hypogaea)</i> **
Camote	<i>(Ipomoea batatas)</i> **	Cebolla	<i>(Allium cepa)</i> **
Col	<i>(Brassica oleracea)</i> **	Berenjena	<i>(Solanum melongena)</i> *
Fresa	<i>(Fragaria)</i> **	Jicama	<i>(Pachyrhizus erosus)</i> **
Melón	<i>(Cucumis melo)</i> **	Papa	<i>(Solanum tuberosum)</i> *
Tomate	<i>(Lycopersicon esculentum)</i> **	Remolacha	<i>(Beta caroteno)</i> **
Zanahoria	<i>(Daucus carota)</i> **		

Aparte de los productos agrícolas ya, mencionados, que de alguna u otra manera pueden servir como hospederos o portadores para *G. rostochiensis*, se tienen a las malezas, que una vez que infestan áreas agrícolas, aparte de causar daños directos al cultivo, en un momento dado pueden servir como alimento para el nematodo, para su sobrevivencia y reproducción en épocas en que su hospedero adecuado no esta presente Glingman (1980).

Cuadro 2. Hospederos de mayor importancia según Glazer (1983) y Stone, (1973) se encuentran las siguientes:

Mala mujer	(<i>Solanum rostratum</i>)
Adela	(<i>Solanum dulcamara</i>)
Trompillo	(<i>Solanum elaeagnifolium</i>)
Tomate ojo de venado	(<i>Lycopersicon sp.</i>)
Tomatillo de cáscara	(<i>Physalis esculentum</i>)

Otras solanáceas silvestres que pueden servir como hospederos son: *Solanum bodgetii*, *S. xanthi*, *S. entegrifolium*, son ligeramente

parasitadas; así como especies silvestres del género *Lycopersicon* Brodie y Mai (1987).

La papa *Solanum tuberosum* es el hospedero más importante del nemátodo dorado, aunque el tomate *Lycopersicon esculentum* y la berenjena *Solanum melonogena* pueden ser afectados Evans (1991). Otros hospederos en los cuales se puede encontrar el nemátodo incluyen *Solanum sarachoides*, *S. dulcamara*, *S. rostratum*, *S. triflorum*, *S. elaeagnifolium*, *S. xantii*, *S. integrifolium*, algunas especies del género *Lycopersicon* y *Datura stramonium* Evans, (1991); Spears (1968); Stone (1973). En estudios realizados sobre el rango de hospederos se han determinado alrededor de 90 especies de *Solanum* como potenciales hospederos del nemátodo dorado Spears (1968).

Relación Hospedero - Parásito

Hussey (1985), los nematodos endoparásitos sedentarios han sido envueltos en relaciones muy especializadas y complejas con sus hospederos. Franco (1981) describe que el segundo estado juvenil al perforar con un estilete las paredes celulares, inyecta la saliva que

excretan las glándulas del esófago, haciendo que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan. Estas células agrandadas y unidas, se llaman sincitos ó células de transferencia, le suministran a la hembra alimento permanente y son necesarias para el desarrollo de los nematodos.

Jones (1981), agrega que los sincinatos pueden formarse en corteza, endodermis, periciclo, o parénquima vascular. Por otra parte, el desarrollo y el sustento de los sincitos compiten con el crecimiento de la planta. Además del daño que hacen los nematodos, causan estrés debido a la falta de agua y altera el metabolismo de los nutrientes.

Efecto del Nematodo Dorado sobre la Papa

La reducción de la producción por la infestación del nematodo dorado es una resultante del desbalance en la cantidad de nutrientes en las plantas, así como de la alteración de los procesos fisiológicos Franco (1981).

Trudgill (1975), encontraron una reducción en la altura de las plantas infestadas en relación al testigo, estas plantas crecen lentamente, teniendo hojas pequeñas y senesciendo primero. Al hacer análisis foliares, al contenido de fósforo, potasio y magnesio disminuyo, mientras que se incremento el contenido de sodio y calcio determinando una correlación positiva entre el contenido de magnesio y la producción de tubérculos. Por otro lado, también se observa que con la adición de fertilizantes y nematicidas se reducen los daños y se demora la senescencia, así como también la capacidad fotosintética se reduce en las plantas altamente infectadas. Por lo que respecta a las relaciones hídricas en las plantas infectadas, también se han reportado diferencias entre las plantas susceptibles y resistentes.

Evans, *et al.* (1975), observaron que las plantas susceptibles bajo infestación, presentaron un mayor resistencia estomatal y un potencial hídrico mas negativo que los cultivares resistentes; por otra parte Franco, *et al.* (1994), encontraron que los cultivares resistentes a la sequía bajo altas infestaciones, por otro lado, los cultivares susceptibles en las mismas condiciones, tienen menor potencial hídrico en las hojas. Estos efectos sobre el cultivo pueden variar de acuerdo al cultivar, manejo del

cultivo, densidad de población de nematodos y otros factores. Estos daños pueden reducirse y a la vez bajar la densidad de poblaciones con la cosecha precoz de la papa Webley y Jones (1981).

La densidad de población de nematodos juega un papel muy importante en las pérdidas de las cosechas de papa, Brown y Sykes (1983) encontraron perdidas de 6.25 ton/ha con 20 huevecillos por gramo en un rango de 0-40 huevos/gr. de suelo.

La densidad de población del nematodo tiene un máximo, después del cual tiende a decrecer Kort (1962).

En México se ha observado un incremento de la población de *Globodera rostochiensis* de un 624 % en una variedad susceptible de papa, mientras que en tomate no se encontró aumento en la poblaciones Huitzacua y Camacho (1979).

Sin embargo para la última especie Landeros (1975), y Cornejo (1980), mencionan aumentos en las tasa de multiplicación de *Globodera*

rostochiensis. En tabaco Cornejo (1979), no reporta aumentos en la población de nematodos usando como planta hospedera al tabaco.

Interacción de *Globodera rostochiensis* con Otros Organismos

Se ha observado que estos patógenos en unión con otros organismos, puede incrementar los daños en el cultivo de la papa. Camacho (1979), encontró que la asociación de *Globodera rostochiensis* y *Pseudomonas solanacearum* provoca un desarrollo mas rápido de los síntomas de “marchites bacterial” y los rendimientos se mermaron en un 91% más que cuando atacan las dos especies por separado

Evans (1982), reporto que la asociación de *Verticillium dahliae* y *Globodera rostochiensis* producen síntomas más severos en papa que ambos organismos por separado; esto puede ser debido a que las hembras adultas del nematodo al alimentarse rompen la endodermis y periciclo, provocando una vía por la cual *Verticillium dahliae* puede invadir el tejido vascular de la raíz.

Diseminación

La diseminación natural de los estados juveniles es baja y se limita a la cercanía de las raíces de la planta hospedera. La diseminación local o a larga distancia de los quistes ocurre con el movimiento de suelo, el cual puede estar asociado con semilla de papa, plantas de vivero, bulbos de flores, otras plantas enraizadas, papa para industria, contenedores, herramientas, equipo, maquinaria agrícola, etc. El más importante medio de dispersión de estos nematodos ha sido el movimiento de semilla tubérculo de papa Spears (1968).

La capacidad de los quistes de resistir prolongada desecación, ha facilitado su dispersión mundial, probablemente con el suelo adherido a los tubérculos de papa Evans, *et al.* (1982).

Importancia Económica

La reducida rentabilidad del cultivo de papa por su incidencia, se enfoca a pérdidas en rendimiento, que pueden ser grandes, aunque no se vean signos de infección; es factible que se tengan pérdidas de hasta 15 % en

cultivos que no muestren síntomas aéreos. El rendimiento puede reducirse en 2 ton/ha cuando la infección aumenta a 20 huevecillos por gramo de suelo. Podría darse el caso de cosechar menos tubérculos que los sembrados. Cabe señalar también que hay pérdidas debido a los insumos necesarios, para controlar a dichos nematodos y por aspectos de cuarentena que implican la prohibición de sembrar para producir semilla en zonas infectadas Cepeda (1998).

Las pérdidas ocasionadas por este organismo pueden dividirse en pérdidas directas e indirectas; las primeras son ocasionadas por el nematodo al penetrar a las raíces alimentándose así de la savia (Plant Pest Control División, 1969).

En México con poblaciones de 1500 quistes/Kg. de suelo se ha encontrado pérdidas en el rendimiento de 50 % o más Rodríguez (1973).

En el Reino Unido, donde las pérdidas en áreas infestadas han sido limitadas por la rotación de cultivos, aproximadamente 9% de la cosecha de papa se pierde anualmente a causa de los nematodos del quiste. Evans (1991).

Las pérdidas indirectas son debidas a restricciones cuarentenarias y rotaciones largas por la capacidad que tiene la hembra de formar un quiste que protege a los huevecillos por grandes periodos de tiempo, además de que pueden diseminarse fácilmente Franco, *et al.* (1994).

Cuando llega infestar un suelo, es prácticamente imposible eliminarlo, de acuerdo a esto Evans y Brodie (1980) describen a este nematodo como una plaga endémica, dado que año con año esta presente en algunos países, reportándose perdidas en la producción del cultivo.

El efecto sobre el rendimiento varía de acuerdo a la densidad de nematodos presentes en el suelo, de ser alta puede ser la causa de un completo fracaso en el cultivo. Puede también incrementar la susceptibilidad a la marchites causada por *Verticillium albo atrum* y la maya causada por *Pseudomonas solanacearum*. Mai, *et al.* (1948).

Los nematodos de quiste causan daños que a menudo pasan inadvertidos en el suelo, una población de nematodos puede incrementarse diez veces en un año, mientras que los daños solo son visibles a cierto nivel de infección Franco, *et al.* (1994).

Scurrah (1981), reporta que el nematodo dorado de la papa, *G. rostochiensis* es un organismo microscópico que parasita la raíz. En Polonia se reportan pérdidas de cosecha de 74% en el 7° año de siembra continua en suelos infestados con los nematodos Winslow y Willis (1972).

En Biolorusia, a un umbral de patogenicidad de >1000 huevos y larvas/100 cm³ de suelo, el rendimiento de variedades susceptibles se redujo de 17-20% y a niveles de 25.000 huevos y larvas/100 cm³ se redujo a 74%. Glazer (1983).

En India, en una encuesta de campo se determinó que un nivel de infestación de los nematodos en cultivares susceptibles de 3.8 hembras por pulgada de raíz (1.5 hembras por cm. de raíz), resultó en un 30% de pérdida de cosecha. Scurrah (1981).

En investigaciones llevadas a cabo en Italia durante 1982 a 1988, se determinó que los nematodos estaban diseminados solo en pocas áreas de cultivo con pérdidas de cultivo entre 3 y 17% Greco (1992).

En Portugal, entre 40 y 75% de los campos de papa fueron encontrados infestados con nematodos del quiste en las principales áreas de producción con un nivel de infestación alrededor de 20 huevos por g de suelo Stone (1973).

Los nematodos del quiste de la papa son considerados como la plaga más importante del cultivo de la papa en las áreas de clima frío y templado Smith, *et al.* (1997).

Manejo de *G. rostochiensis*

Camacho (1977) menciona que los nematicidas no han sido económicamente recomendables para el control del nematodo dorado de la papa, ya que se requieren de implementos especiales para su aplicación.

El control del nematodo dorado así como de otros nematodos enquistados es difícil i no imposible de combatirlos y por ello se debe tener el mayor cuidado para no diseminar este fitopatógeno a los lugares donde no se encuentre Christie (1982).

Franco (1986) indica que cuando parecen los primeros síntomas visibles en el campo el nematodo ya se encuentra en grandes densidades poblacionales por lo que hay que ejercer medidas de control implementando programas que incluyan: la prevención de la diseminación del nematodo a nuevas áreas donde no se encuentra, y también es muy importante mantener la población del nematodo en áreas ya infestadas a niveles que no afecten los rendimientos. El manejo integrado puede reducir una alta población del nematodo a niveles que permitan el desarrollo del cultivo y que este sea redituable.

En los lugares donde están presentes los nemátodos, las medidas cuarentenarias son una de las primeras medidas de control que se práctica. Este control legal evita medidas o retarda el establecimiento del nematodo dentro de zonas libres. La desventaja de este método radica en que las medidas cuarentenarias de los países infestados varían en forma inversamente proporcional al grado de infestación Bakker, *et al.* (1993).

El uso de nematicidas es muy importante, existen numerosas citas bibliograficas que señalan su efectividad en el control, ya sea como fumigantes aplicados al suelo, en forma de concentrados emulsificables

aplicados al mismo o bien, en forma de concentrados emulsificables sistémicos para aplicación al follaje del cultivo Cepeda y Gallegos (2003).

Muchos son los métodos de control que se han implementado para nematodos enquistados de la papa, dentro de los cuales pueden citarse los siguientes:

Control legal

En la Republica Mexicana la SARH (1987) estableció la cuarentena interior número 17 contra el nematodo dorado, con el propósito principal de evitar la diseminación, la proliferación donde ya esta presente y evitar perdidas en la producción de papa del país; en su capitulo tercero articulo cuarto declara zona cuarentenada contra el nematodo dorado para la producción de papa que se vaya a utilizar como semilla, a los siguientes estados con sus respectivos municipios.

Cuadro. 3.- Estados y municipios productores de papa. Vázquez 1994

Estados	Municipios
Guanajuato	León, San Francisco del Rincón, Silao, Romita y Purísima del Rincón.
Nuevo León	Galeana.
Coahuila	Saltillo y Arteaga.
Distrito Federal	Delegación Tlalpan y Delegación Milpa Alta.
Hidalgo	Metztitlán
Tlaxcala	Coapixtla, Alzayanca, El Carmen, Huamantla y Chiautempan.
Puebla	Ixtacamaxtitlan, La Fragua, Tlapanala, Guadalupe Victoria, Chalchicomula. Huotzilán de Serdán y Tlachichuca.
Veracruz	Perote, Ayuhualulco, Altotonga, Coscomatepec y Jico.
México	Zinancatepec, Temascaltepec, Calimaya, San Antonio de la Isla, Santa Maria. Amanalco de Becerra, Tenango del Aire, San Bartola Morales, Naucalpan, Donato Guerra, Lerma, San Felipe del Progreso, Valle de Bravo, Metepec y Joquicingo.

Franco (1994) cita que el establecimiento de diversas regulaciones fitosanitarias como cuarentenas, normas de sanidad vegetal y programas de certificación de semilla, juegan un papel importante en la prevención y control de diversos problemas fitosanitarios. Por lo tanto, las normas fitosanitarias existentes para el intercambio de germoplasma de papa entre países andinos, son generalmente rigurosas y acatadas por las partes comprometidas. Por el contrario, no se respeta este compromiso legal, cuando por situaciones de “emergencia nacional” se introducen grandes cantidades de tubérculos para consumo que son utilizados para semillas por agricultores pocos informados.

Franco (1994) menciona que este problema también es común debido al intercambio libre o contrabando de tubérculos entre fronteras de países vecinos, que en cierta medida reflejan la escasa difusión que se hace a la ciudadanía para advertir de los peligros y riesgos que presentan estas prácticas de intercambio. Con respecto al establecimiento legal de áreas de cuarentena por la presencia de *G. rostochiensis*. Por ello, es importante la protección de aquellas áreas que aun se encuentran libre de este fitoparasito, además, se deben establecer y hacer cumplir rigurosamente las normas dictadas para la producción de tubérculos-

semilla. De lo contrario la diseminación continuara y se tendrá que sufrir las pérdidas atribuibles a la presencia o simplemente se aprenderá a convivir con ellos en forma tal, que a través de un manejo integrado eficientemente se evitara alcanzar niveles o densidades poblacionales que sobrepasen exageradamente los niveles de tolerancia establecidos para este nematodo.

Control cultural

Esta medida de control se relaciona esencialmente con la gama de hospederos del nematodo, de modo que se debe de efectuar la eliminación de plantas voluntarias después de un cultivo de papa, es una practica indispensable, que se debe aplicar para que las rotaciones con cultivos no hospedantes o el descanso de terrenos sean efectivos Franco (1994).

La **rotación de cultivos**, siendo lo recomendable 7 años sin el cultivo de papa para minimizar el daño; lo anterior suplementado con el uso de cultivares de papa resistentes y el uso de nematicidas (fumigantes o compuestos granulados sistémicos. Smith, *et al.* (1997). Sin embargo,

la total eliminación de los nematodos del suelo de campos afectados es muy difícil por la persistencia y el continuo índice de multiplicación en niveles bajos de infestación. Stone, (1972). Un control integrado usualmente no elimina los nematodos pero pueden mantener el nivel de población a un nivel bajo umbrales económicos. Bakker, *et al.* (1993).

Cultivares con resistencia a *G. rostochiensis* son disponibles comercialmente en Europa y Norteamérica, sin embargo el uso de variedades resistentes, no baja la densidad de los nematodos a un nivel seguro. Siempre existen unas pocas hembras desarrollándose en las plantas. Patotipos de *G. rostochiensis* que han quebrado resistencia han sido reportados en Holanda, Bolivia y Alemania Stone (1972).

Sanidad de la semilla.- Debido a que uno de los principales medios de diseminación son los tubérculos-semilla provenientes de campos infestados por *Globodera* spp. Se han desarrollado diversos métodos a tratamientos para reducir estos riesgos. Para que los tubérculos de papa vayan libres de quistes se recomienda la eliminación del suelo adherido a estos por medio de un lavado o cepillado Stone (1972).

Escape por fechas de siembra.- El empleo de variedades precoces de papa, junto con su siembra cuando las temperaturas mínimas del suelo no son favorables para el desarrollo de *Globodera rostochiensis* han permitido “escapar” al cultivo del ataque inicial de este nematodo e interrumpir su desarrollo con una cosecha temprana. También la siembra de papa en diferentes periodos del año ha demostrado efectos marcados sobre la multiplicación de *Globodera rostochiensis*, Greco y Moreno (1992).

Enmiendas.- la incorporación de estiércoles o abonos animales y de residuos orgánicos provenientes de diversas especies vegetales, es a la fecha algo indiscutible por una serie de efectos aun no detalladamente estudiados (tipo de suelo, especie vegetal, temperatura, humedad, etc.). Sin embargo, se han observado incrementos en los rendimientos después de la incorporación de gallinaza (7 a 10 ton/ha) antes o en el momento de la siembra, dependiendo de su estado de madurez, para evitar efectos fototóxicos ocasionales Camacho (1979).

Barbecho.- esta practica suele ser mas eficaz que aquella en el campo se abandona y se deja crecer malezas; el barbecho efectuado en

periodo de sequía y altas temperaturas, disminuyen la humedad del suelo mediante la aireación y luz solar, ayudando además a que las malezas no se presenten en el suelo y por lo tanto no hay alimento para el nematodo Camacho (1979).

Control físico

El acolchado con plástico claro o transparente reduce la población natural del suelo del nematodo de un 96.2 hasta un 98 % a una profundidad de 10 centímetros, elimina totalmente los estadios juveniles enquistados que se encuentran en los primeros 5 cm. Del suelo y reducen significativamente la sobrevivencia de los que se encuentran a los 10 y 15 cm. También el acolchado con plástico negro tienen buenos efectos en la sobrevivencia del nematodo, pero menos eficiente Brodie (1975).

El tratamiento del suelo con calor, la inmersión de las plantas en el agua caliente, la electricidad, la radiación, y las ondas ultrasónicas son métodos que se han utilizado para el control físico de los nematodos. Sin embargo la aplicación de estos métodos se limita a superficies pequeñas

como invernaderos, almácigos y solo en determinadas épocas Franco (1986).

El efecto de energía proveniente de la radiación solar, incrementa con el empleo de plásticos transparentes, que cubren herméticamente la superficie del suelo previamente preparado, se ha demostrado efectiva para el control de diversos patógenos del suelo Franco (1994).

Control genético

Una de las medidas más eficaces que se tienen en la disminución de *G. rostochiensis* es el uso de genes mayores para la resistencia. Obtenerla es relativamente fácil, conduce a niveles altos de resistencia y es efectiva mientras no aparezcan una u otras razas fisiológicas del patógeno, como el caso de la resistencia de la papa a este nematodo dorado, la cual esta gobernada por un par de genes o genes mayores Rodríguez (1973).

La resistencia esta dada por el gene H₁ obtenido de *Solanum tuberosum* spp. *andigenum*, el CPC (1973), este gene fue introducido

hace mas de 20 años, el cual se ha venido utilizando para poblaciones virulentas del nematodo dorado Bakker, *et al.* (1993), el mismo autor menciona que en los países bajos donde se producen áreas abundantes de papa se han establecido propiedades de virulencia de más de cien poblaciones, pero todas las poblaciones de *G. rostochiensis* son avirulentas para cultivos que contienen el gene de resistencia H₁.

Mayer (1981), menciona que existen dos tipos de resistencia al nematodo dorado:

1. Las raíces no exudan las sustancias que estimulan la emergencia del segundo estado larvario.
2. Los sincitios no se forman o no funcionan como fuentes de alimento para las hembras del nematodo. De este modo los juveniles (J₂) alcanzan a emerger por el estímulo ejercido por los exudados de la planta, pero no llegan a completar su ciclo de vida, por lo que la población del nematodo se reduce considerablemente al interrumpirse su ciclo de vida.

Continúa el mismo autor relatando que la siembra de una variedad resistente puede ser tan efectiva como si no se sembrase papa durante 5 a 7 años en el mismo campo. Esta medida de control resulta ser menos costosa para el agricultor en comparación de las otras restantes; además no perjudica al medio ambiente, ayuda a reducir el peligro de diseminación del nematodo y a mantener la ingestación dentro de los niveles tolerables de daño al cultivo.

De la Flor y Jalata, *et al.* (1986), aseveran que la explicación de esta modalidad (genes de resistencia) se ve afectada por varias razas del nematodo del quiste de la papa. Por ejemplo en Alemania, Bakker (1993), observa que en los Países Bajos el gene H₁ es claramente poca su efectividad por que ocurren los patotipos Ro₃ y Ro₅. El mismo autor menciona que estos pototipos son producidos cuando los quistes son diseminados por medio de tubérculos para semilla al llevar tierra adherida, maquinaria que es utilizada para la labranza del terreno y el viento; estos patotipos al encontrarse en otras condiciones de clima diferentes al de su origen, tienden a desarrollar una mutación, la cual es llevada a largo plazo ya que es un proceso muy lento y debido a ello ocurren nuevos eventos hacia el hospedero, los cuales tendrán influencia

en el sistema agrícola establecido. Por ello es factible suponer que la selección en virulencia es causada por la adaptación a las condiciones del ambiente. Por lo tanto. Es por eso que hay variedades de papa con el gene de resistencia H_1 pero no son totalmente resistentes a todos los pototipos de *G. rostochiensis* debido a lo antes explicado.

Otra de las variedades producidas últimamente con resistencia es la variedad Castile liberada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el proyecto de producción de papa en Beltsville, MD. E. U. esta variedad de papa además de ser resistente a la Raza A del nematodo dorado, es resistente al a mancha del anillo corchoso ocasionando por un virus, al ojo rosado ocasionado por *Pseudomonas marginalis* y moderadamente resistente a la pudrición por *Fusarium Halseth, et al.* (1991).

Con la información disponible acerca de las características de resistencia proporcionadas por el gene H_1 se ha obtenido variedades con cierta resistencia al nematodo dorado con la variedad de mesa Genesse, que es de color blanco brillante, resistente a la sarna ocasionada por *Streptomyces scabies*, marchites por *Verticillium* y tizón temprano

Alternaria solani; esta variedad fue liberada por el proyecto de producción de papa en la Universidad de Cornell, E. U. Plaisted *et al.* (1993).

Aun así, este método de control sigue siendo uno de los más eficaces, y el CIP (1980), asegura que el empleo de variedades resistentes puede alcanzar a reducir hasta un 95% de la población del nematodo dorado.

Control biológico

A finales del año 1982 se da inicio a la multiplicación del hongo *Paecilomyces lilacinus*, Thom Samson, en el laboratorio de Fitopatología de la Estación Experimental de Mucuchíes, como una alternativa en el control biológico de varios de los nemátodos fitoparásitos de la papa, como lo son entre otros, el *Meloidogyne incógnita*, nemátodo del nudo de la raíz y la posibilidad de uso para *G. rostochiensis*, nemátodo dorado de la papa.

Jatala *et al.* (1986), informaron de la eficiencia del hongo *Paecilomyces lilacinus* para controlar *Globodera rostochiensis* en papa. Siendo menores el numero de quistes en la parcelas tratadas con el hongo que la parcelas tratadas con nematicidas o parcelas testigo.

Wronkowska (1986), reporto parasitismo de quistes maduros de *Globodera rostochiensis* principalmente por *Fusarium oxysporum*.

En otro trabajo de investigación Davide y Zorrilla (1986), encontraron que en recuentos de quistes basadas en 100 cc de suelo en pruebas realizadas en tratamientos antes de 45 y 90 días después del tratamiento *Paecilomyces lilacinus* fue relativamente mas efectivo que el Carbofuran 3G que es un tratamiento nematicida.

Zorrilla (1990), observo en análisis de laboratorio que el hongo *Paecilomyces lilacinus* probó en Blongo, Atok, Benguet Filipinas ser muy efectivo contra el nematodo dorado de la papa reduciendo significativamente la población de nematodos y dio como resultado un incremento en el rendimiento de papa. Además, el nematófago probó ser fácilmente recobrado del suelo tratado con esporas.

Control químico

Brodie (1975), El uso de sustancias químicas ó nematicidas tienen un lugar muy importante para combatir nematodos, y su uso tan común se debe a su acción rápida y eficaz. Camacho (1979), menciona que al utilizar en el momento de la siembra los nematicidas Carbofurán, Oxamyl, Ethoprop y Phenamidophos, todos en formulación granular, en dosis de 5.6 Kg/ha de ingrediente activo, se observo su efecto en las poblaciones que se encuentran en el suelo y en el numero de hembras adultas en la raíz donde se utilizo Ethoprop y Oxamyl, fue donde hubo menor numero de hembras adultas por gramo de raíz, en comparación con el Carbofurán y Phenamidophos.

Aun cuando el control químico es efectivo y ampliamente empleado para nematodos filiformes, no es económicamente recomendable para el nematodo dorado, debido a que los nematicidas efectivos son muy costosos, requieren de implementos especializados para la aplicación y son fototóxicos algunos de ellos. Además de lo anterior, muchos inician su actividad cuando el desarrollo de la planta es avanzado; y sobre toso, por lo que los productos químicos pueden penetrar a través de las aberturas naturales del cuerpo, de las cuales la

entrada por la apertura oral resulta mortal; pero la fase resistente de *Globodera rostochiensis* (quiste) no tiene aberturas naturales Winslow y Willis (1972).

El nematicida 1,3 – dicloropropeno es un eficiente para el control de nematodos de quiste como *Globodera rostochiensis*. Este es un producto fumigante y se debe emplear antes de la siembra y aplicado al suelo Thomson (1991).

Thomson (1991), menciona que se efectúa mediante el uso de productos químicos llamados nematicidas, algunos fumigantes de suelo y los otros volátiles actúan por contacto o por acción sistemática. Una ventaja del control químico es la violenta reducción de la densidad de poblaciones dañinas a niveles bajos, o que no produzcan daños económicos mientras dure el efecto letal del producto, tiempo en el cual la planta es protegido.

Como regla general para el control químico eficiente deben realizarse tres aplicaciones de insecticidas:

1. Al momento de la siembra, en el fondo del surco alrededor de cada semilla, así se protege el tubérculo contra las larvas del primer instar,

evitando un aumento de la población del insecto. Es preferible en este momento utilizar la formulación granular.

2. La segunda aplicación se realiza al observar la germinación completa del cultivo e inmediatamente antes del desyerbe. Es de suma importancia que el producto quede localizado en la base de la planta, porque allí es donde se congregan todos los adultos, contra los cuales está dirigida esta aplicación.

3. Inmediatamente antes del aporque se realiza la tercera y última aplicación. Su aplicación también va dirigida al adulto en la base de la planta, que con el aporque queda cubierto el insecticida.

Un compuesto órgano fosforado como el Ethoprop, se utilizo en un tratamiento de 10 Kg de materia activa/ha, aplicado antes de la siembra e incorporado en bandas de 25 cm. de ancho, proporciona buenos resultados contra este nematodo, Cepeda (2003).

Terracur 10 G Fensulfothion es efectivo contra el nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis*, en dosis de 70 Kg/ha. Este

es un nematocida de contacto, sistémico y de ingestión. Cepeda y Gallegos (2003).

Ya se demostró que el producto químico Benomyl es efectivo contra el nematodo dorado de la papa, su principal desventaja es la residualidad prolongada de los suelos. Se dice que los herbicidas Cycloate, Pebulate, vernolate y Triallate previenen la existencia de quistes en el sistema radical Cepeda y Gallegos (2003).

Control integrado

El control del nematodo dorado se ha llevado a la práctica empleando los diferentes métodos de combate (legal, cultural, genético y químico), con resultados positivos con algunos de ellos, pero sobre todo cuando se combinan y se ponen en práctica en forma integrada el C I P (1980).

El CIP (1980), indica que para mantener la población del nematodo por debajo del nivel que causa los daños y prevenir su establecimiento en nuevas áreas, es necesario combinar las diferentes medidas de control. Así mismo establece que los puntos clave para el manejo de *Globodera rostochiensis* son:

1. Una inspección amplia para determinar su distribución.
2. Uso de fumigantes para reducir el número de nematodos en el suelo.
3. Uso de variedades resistentes para prevenir el incremento de la densidad.
4. Uso de nematicidas carbámicos para reducir el aumento de la densidad.
5. Prohibir la producción de papa para semilla en terrenos que se sabe infestados o expuestos a la infección.
6. Regulación en el uso de envases no descartables o material de almacenaje, y en la movilización de la maquinaria agrícola, suelo y material vegetal.

Jones (1981), definen un método integrado para controlar el nematodo dorado, mediante la combinación de nematicidas y

alternancia de cultivos. Winslow y Willis (1972), mencionan como ejemplo de control integrado la combinación de semillas certificadas y rotación de cultivos.

Patogenicidad y Magnitud del Daño

A nivel histológico el daño es representado por necrosis de las células de las raíces atravesadas por los juveniles de segundo estado. Cuando éstos se detienen en el lugar definitivo de alimentación, las células alrededor de la cabeza del nematodo sufren una profunda transformación. De 3 a 10 células alrededor de la cabeza de cada nematodo se funden, la pared celular engrosa, el citoplasma se torna denso y se origina el sincitio multinucleado de alta actividad metabólica, el cual es indispensable para la alimentación del nematodo. La formación del sincitio ocasiona una interrupción de los vasos cribosos y leñosos limitando notablemente la funcionalidad de las raíces. Debido a esto, las plantas de papa atacadas por el nematodo presentan crecimiento y rendimiento reducidos, la senectud se anticipa y, a veces, en suelos muy infestados, el follaje presenta un ligero amarillamiento. Las reducciones

de rendimiento dependen del nivel poblacional del nematodo al momento de la siembra (10).

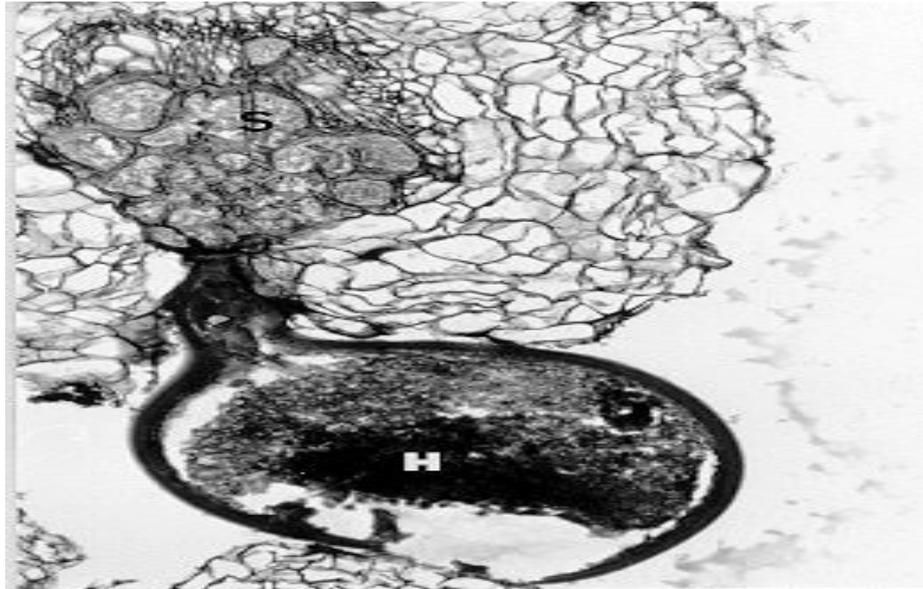


Fig. 7.-Sección transversal de una raíz de papa con hembra de *G. rostochiensis* (H) y sincitio multinucleado (S) alrededor de la cabeza del nematodo. [WWW.POLAR.INFO/FITOPATO/GLOBODERA ROSTOCHIENSIS/FITOPATOLOGY.COM](http://WWW.POLAR.INFO/FITOPATO/GLOBODERA_ROSTOCHIENSIS/FITOPATOLOGY.COM).

Dinámica Poblacional y Difusión de los Nematodos

En ausencia del cultivo de la papa, en zonas de clima templado, el nivel poblacional disminuye en un 50% cada año, mientras que en países con clima cálido, como Marruecos, puede ocurrir una reducción de casi 100%. En países con clima cálido, la superficie del suelo, en el verano, se calienta mucho y los nematodos que se encuentran en los primeros 5-10 cm. mueren naturalmente. Por lo tanto, araduras en esta época del

año, reducen sensiblemente el nivel poblacional del parásito, Greco y Moreno (1992).

La época de siembra también afecta la dinámica de los nematodos. Generalmente las siembras de primavera son las que favorecen más su tasa de reproducción (población final/población inicial), alcanzando valores de 40-65 por cada ciclo de cultivo. En climas cálidos, las siembras de verano y las que se realizan hacia finales de otoño, ocasionan una menor tasa de reproducción, reduciéndose, por lo tanto, el efecto negativo sobre el próximo ciclo de cultivo. Cuando la cosecha se realiza al final del ciclo biológico de la papa, todos los nematodos que han penetrado en las raíces alcanzan el estado de quiste, logrando un nivel poblacional muy alto. No ocurre así cuando se cosecha temprano la papa, de esta forma muchos nematodos se encuentran todavía en los estados juveniles y el nivel poblacional en el suelo permanece bajo, Greco y Moreno (1992).

El cultivar de papa juega un papel importante sobre la dinámica de *Globodera* spp. Se conocen cultivares susceptibles a ambas especies y cultivares resistentes o parcialmente resistentes a una sola de ellas, que afectan la tasa de reproducción de los nematodos. En presencia de

cultivares resistentes los juveniles de segundo estado salen del quiste, penetran en las raíces, pero no se desarrollan. A veces, la reducción poblacional, utilizando un cultivar resistente, puede ser mayor que utilizando un cultivo no huésped o dejando el suelo en barbecho. El uso de cultivares resistentes ejerce una presión selectiva sobre el nematodo, debido al hecho que no existen cultivares resistentes a ambas especies o a todos los patotipos de la misma especie. Por otro lado, ambas especies o diferentes patotipos de ellas, pueden encontrarse en el mismo campo, de manera que el uso de un cultivar resistente puede reducir la incidencia de una especie o patotipo, pero favorece el desarrollo de la otra especie o de otro patotipo. Se ha determinado que el uso continuo de un mismo cultivar resistente ocasiona la selección de patotipos que antes no eran importantes Greco y Moreno (1992).

En un campo, el primer foco de infección se manifiesta en una pequeña área circular que luego se agranda hasta afectar toda la superficie. El nematodo, por acción propia, puede moverse 1-2 m/año; sin embargo, el movimiento pasivo es más rápido Greco y Moreno (1992).

El suelo adherido a los implementos agrícolas, zapatos y patas de los animales, puede contener quistes, favoreciendo la diseminación de los nematodos dentro de la misma unidad de producción o a otras unidades. Todo sistema de riego que favorezca la esorrentía del agua, así como las inundaciones pueden ser importantes. Sin embargo, el comercio de la papa, y especialmente los tubérculos utilizados como semilla, son la forma más eficaz de diseminar los quistes entre estados, países y continentes. Greco y Moreno (1992).

La limpieza de la maquinaria agrícola, zapatos, uso de tubérculos-semilla sanos y medidas cuarentenarias son muy eficaces para evitar la diseminación de los nematodos, Greco y Moreno (1992).

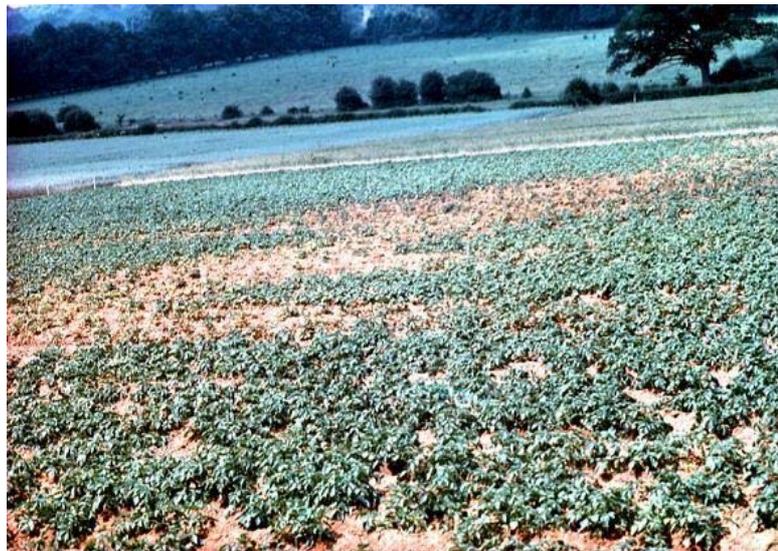


Fig.8.-Plantación de papa donde se observan plantas con un crecimiento reducido debido al ataque de *G. rostochiensis*. WWW. FUENTE: CABI 2000 JANET A. ROWE.

Dispersión del nematodo

La cantidad de agua que un suelo puede retener depende del tamaño y distribución de las partículas, un suelo mas poroso podría retener mas agua. Cada partícula de suelo esta rodeada de una fina película de agua. Donde el nematodo se mueve y utiliza sus órganos quimo-sensoriales para dirigirse en busca de su alimento Escobedo, (1987).

El movimiento es a través del suelo es una respuesta a la humedad y temperatura. Si no existe suficiente humedad en un suelo dado el nematodo no esta apto para moverse, un nivel de humedad que cause marchitamiento en la planta también inhibe el movimiento del nematodo. Cuando las temperaturas no están dentro del rango de tolerancia del nematodo, se mueve en una dirección donde la temperatura es más tolerable Escobedo (1987).

No solo la temperatura puede causar el movimiento del nematodo, sino que también puede causar que permanezca en un estado de dormancia o reposo. Bajo ciertas condiciones del medio ambiente, como

lo son bajas temperaturas o carencias del agua, el nematodo podría volverse inactivo. Entonces, cuando las condiciones mejoran el nematodo podría mostrar una vez más actividad Escobedo (1987).

Cuando un nematodo parasito de plantas no esta en estado de reposo se mueve al azar a través del suelo en busca de alimento. La profundidad a la que se mueve usualmente se debe a la profundidad que alcanzan las raíces en pleno desarrollo de su planta hospedera, Escobedo (1987).

Análisis de Suelo para la Detección del Nematodo Dorado de la Papa *G. rostochiensis*.

Los nematodos que atacan las plantas pertenecen a un grupo de pequeños y finos gusanos microscópicos que viven en suelo y tejidos vegetales. El daño causado por los nematodos reduce la capacidad de las raíces para tomar y transportar agua y nutrientes del suelo, por ello los síntomas de enfermedad nematológica observados más frecuentemente son aquellos relacionados con carencias nutricionales, marchitamientos,

amarillamientos, pérdida de vigor y muerte en infestaciones severas. Cepeda (1998).

El nematodo dorado de la papa es un nematodo que se alimenta de las raíces de la papa, causando daños y graves pérdidas de producción. Existen dos especies del nematodo quístico de la patata: El nematodo dorado de la patata *Globodera rostochiensis* y el nematodo pálido de la patata *Globodera pallida* y ambos son organismos de cuarentena en la Unión Europea. Cultivo de patata dañado por *Globodera*, hembras esféricas de *Globodera pallida*, el C I P (1980).

Toma de Muestras del Suelo

El mejor momento para detectar las poblaciones de nematodos en campo es desde la mitad hasta el final de la estación de crecimiento del cultivo hospedador, ya que en este periodo los nematodos están más activos y sus densidades son más elevadas. No obstante, a efectos de prevención de daños para el siguiente cultivo las muestras deben ser

tomadas antes de la siembra y siempre antes de cualquier tratamiento con plaguicidas y/o fertilizantes, el C I P (1980).

La única forma de determinar la presencia o ausencia de nematodos en un campo es recoger muestras de suelo y raíces y analizarlas. Para obtener resultados precisos es necesario que los nematodos se mantengan vivos en la muestra. Para ello debemos tomar las siguientes precauciones:

1. En el caso de un muestro preventivo antes de la siembra, se debe seguir el siguiente patrón de catas, con filas espaciadas a intervalos regulares y tomando unos 20 cm de profundidad en cada punto señalado con una x. Combinar todas las catas en una bolsa o cubo de plástico, mezclar bien y traspasar aproximadamente $\frac{1}{2}$ litro de suelo a una bolsa de plástico para enviar al laboratorio.
2. En el caso de un cultivo en pie en el que se sospeche daño causado por nematodos, se deben tomar muestras de suelo y raíces en las áreas periféricas a las zonas dañadas, [no tomar la muestra allá

donde las plantas estén muertas] y en áreas en las que no haya síntomas de daño (1-2 litros en cada zona y enviar al laboratorio para análisis).

3. Las muestras deben ser tomadas preferentemente alrededor de las zonas de crecimiento radicular, en general entre 5 y 20 cm. de profundidad, y deben incluir suelo y raíces. El suelo no debe estar muy húmedo ni muy seco.

4. Las muestras deben representar áreas similares de un campo según historial de cultivo, tipo de suelo u otras variables. El área muestreada no debe sobrepasar 2 Ha. Campos mas grandes deben ser divididos en subparcelas y muestreados separadamente. En general se recomiendan densidades de toma alrededor de 60 catas por Ha. Las muestras deben colocarse en bolsas de plástico para prevenir su secado, mantenerse a temperatura fresca y evitar el contacto directo con la luz solar. Cerrar la bolsa e incluir nombre y número de muestra en una etiqueta dentro de la bolsa y con un rotulador fuera de la bolsa. Colocar la bolsa en un contendor fuerte

para prevenir roturas y enviarlo al laboratorio de análisis, junto al siguiente formulario relleno.

Análisis del Suelo en el Laboratorio

Las muestras de suelo deben de llegar al laboratorio, bien envasadas y lo más pronto posible, tras su recolección. En el laboratorio, previamente al análisis, el suelo es secado en bandejas al aire, o bien usando un ventilador.

Los quistes de nematodos se separan del suelo seco mediante una técnica de flotación en un aparato conocido como “Embudo de Fenwick”. En él que los quistes suben con una corriente ascendente de agua mientras que el suelo, arena y partículas pesadas sedimentan al fondo del embudo. Los residuos orgánicos y quistes caen con el flujo de agua sobre un tamiz de unas 150 micras de apertura y quedan retenidos en él. Estos residuos orgánicos con los quistes se lavan del tamiz sobre un embudo con un papel de filtro. Los filtros de papel se examinan al microscopio y los quistes presentes se recolectan a mano con la ayuda de pinceles y pinzas especiales. Si hay nematodos presentes, se debe

identificar la especie a la que pertenecen. Esto se lleva a cabo mediante minuciosos análisis morfológicos y moleculares. Una vez que las muestras han sido analizadas, el laboratorio de análisis realiza una valoración de los resultados y elabora un informe que se envía al agricultor o al técnico para que éste tome las decisiones pertinentes relativas al manejo del suelo infestado.

Estos informes están basados en los niveles de daño publicados para los nematodos *Globodera pallida* y *Globodera rostochiensis* y en las investigaciones que se llevan a cabo por esta Consejería sobre el daño producido por el nematodo quístico de la patata en la comarca de Sa Pobra-Muro.

Respecto al manejo de las poblaciones del nematodo dorado de la papa y que pueden servir a nivel orientativo a la hora de decidir sobre las estrategias a emplear en el caso de suelos infestados por éste.

Las siguientes categorías con los correspondientes niveles de infestación expresados en número de nematodos infectivos por gramo de suelo, se basan en la respuesta más probable a las diferentes opciones de

manejo de suelos infestados por *Globodera pallida* o *Globodera rostochiensis*, según rotaciones, uso de cultivares resistentes y aplicación de nematicidas. En algunos casos particulares el comportamiento de la población de nematodos puede variar respecto al esperado, Christie (1983).



Fig.9.-Flotador de Fenwick. Foto. Guía para la detección en suelo de los nematodos quísticos (Sanidad Vegetal). WWW.PROTECNET./GLOBODERA.HTM.

Identificación

Los juveniles de la segunda **etapa** son el vermiforme, cerca de 470 μm de largo y con un estilete fuerte para pinchar las paredes de la célula. La cola es acentuada.

Los varones del adulto son similares en el aspecto, μm cerca de 1200 de largo con una cola embotado redondeada del cortocircuito. Las espículas de copulatorias están situadas cerca de la cola.

Las hembras del adulto son virtualmente esféricas, aproximadamente 450 μm en diámetro con un cuello de proyección que contiene el esófago y las glándulas asociadas.

El quiste, cuando está encontrado en suelo muestrea, es un marrón del medio a un marrón oscuro, el color de los muebles pulidos del roble. La mayoría de los quistes maduros son esféricos, con un tallo prominente. El tallo es la cabeza y el cuello. Los quistes de otras especies del nematodo del quiste se forman a menudo mucho como un limón con un tallo y un cáliz prominentes. Micrómetros.
www.ceniap/Control de Nematodos /texto.htm.

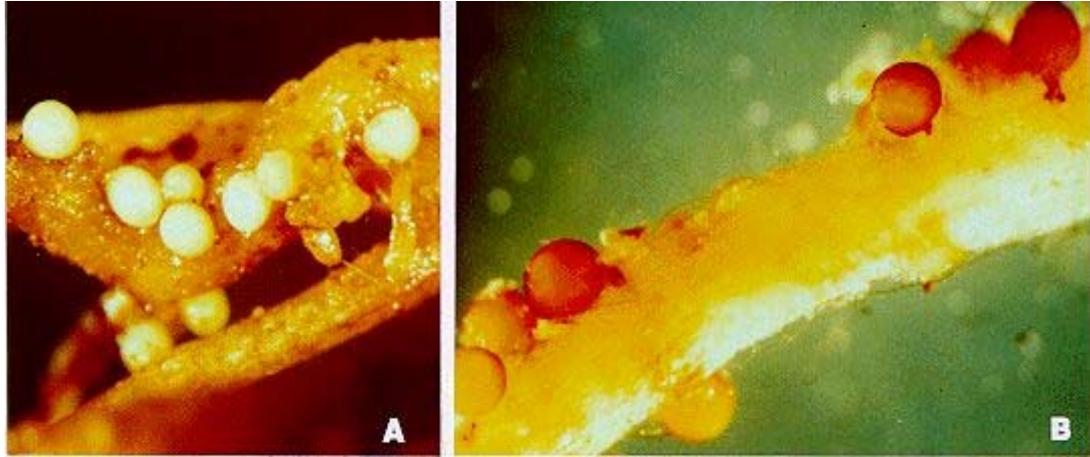


Fig.10.-Raíces de papa infectadas con *G. rostochiensis*. A) Hembras; B) Quistes. . Fitopatología. Venezuela. 3(1):9-10. 1990. WWW.INSPECTION.GC.CA/ENGLISH/SCI/SURV/DATA/GLOROSE.SHTML - 21K.

Aún cuando la coloración amarilla de las hembras indica claramente la presencia de *G. rostochiensis*, la ausencia de hembras con esta coloración en las raíces no garantiza que se trate de *G. pallida*, a menos que se observe el desarrollo del nematodo a lo largo de su ciclo biológico. La preparación de los cortes perineales de los quistes, colectados en las raíces de la planta de papa, y el conteo de las estrías cuticulares presentes entre el ano y la vulva, constituyen una manera simple de diferenciar las dos especies. *G. rostochiensis* posee un promedio de 21.6 estrías (26) y *G. pallida* 12 (27).

A veces, el número promedio puede ser de 15, lo cual causa confusión; en este caso, si es necesario identificar la especie, se deben medir otros parámetros, especialmente de hembras, quistes y segundos estados juveniles y hacer comparaciones con los valores reportados en la literatura. La identificación con técnicas modernas y sofisticadas como son las basadas en reacciones serológicas (24), punto isoelectrico (14), separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN (1), también es posible. Para todas las especies, su gama de hospedantes es muy restringida, pudiendo ser consideradas algunas de ellas como monoxenas (que ataca a una sola especie vegetal).

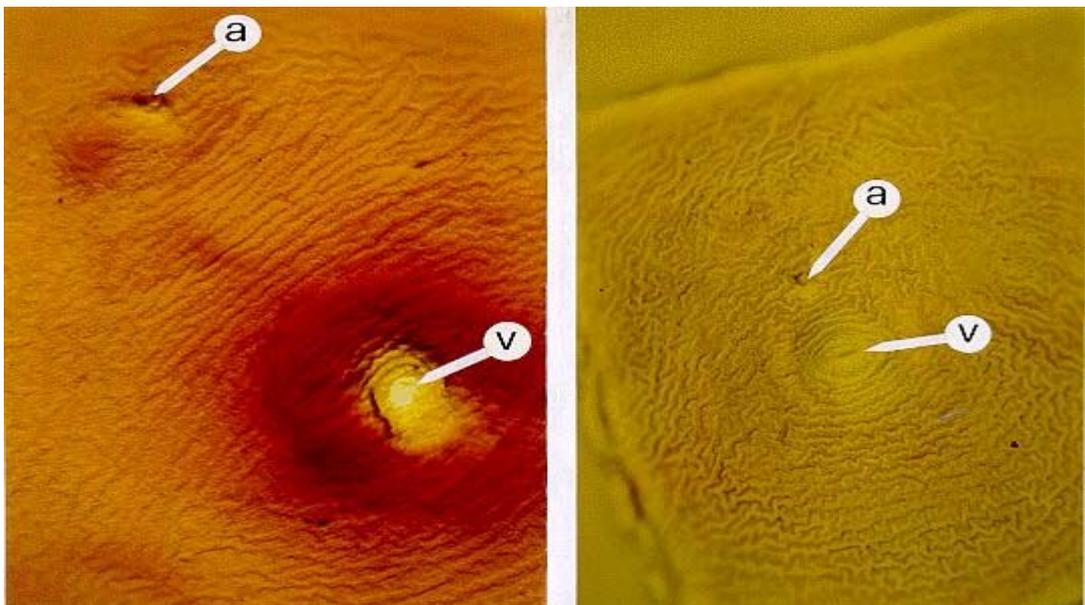


Fig.11.-Cortes perineales de quistes de *Globodera rostockiensis* (izquierda) y *G. pallida* (derecha). Nótese el número de estrías entre la vulva (v) y el ano (a): más de 20 en *G. rostockiensis* y menos de 12 en *G. pallida*. WWW. NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA, *Globodera rostockiensis*.

Características de Géneros de la Familia Heteroderidae. *Globodera rostochiensis*

La cutícula de la hembra generalmente no presenta anillos sobre todo el cuerpo.

Las larvas de segundo estadio con estilete robusto.

La hembra se transforma en quiste después de su muerte.

La glándula esofágica en la larva ocupa más de la mitad del espacio interno del cilindro.

Vulva no hundida.

El macho presenta cola, pero no presenta tubos cloacales.

Quiste redondo o en forma de pera.

Cono vulvar ausente.

Quiste esférico con tubérculos perineales.

Caracteres de las Especies de Heteroderidos que se Enquistan

Las especies cuyas hembras se transforman en quiste después de morir, forman parte de la subfamilia Heteroderinae (Fam: Heteroderidae)

y se caracterizan por presentar el poro excretor enfrente o posterior al nivel del bulbo medio; la vulva es terminal o subterminal con o sin fenestración; no induce a la formación de agallas radicales en sus plantas hospedantes y retienen total o parcialmente los huevecillos dentro del cuerpo. Zorrilla (1990).

Clave para Especies de *Globodera rostochiensis*. Sosa Moss C. (1997).

Caracteres de diagnostico: Heteroderinae. Quistes sin cono vulvar, subesféricos o esféricos; cuello corto; vulva y ano terminales pero únicamente la vulva es circunfenestrada; *bullae* rara vez presente.

1. Estrías transversales en la pared del quiste, onduladas en la región ecuatorial; J₂ gruesos2
- 1'. Estrías longitudinales en la pared del quiste, prolongadas desde el área fenestral hasta la base del cuello, J₂ muy delgados...*G. leptonepia*
2. Quistes sin estructuras parecidas a *bullae* en el área ano- vulvar.....3
- 2'. Quistes con estructuras parecidas a *bullae* en el área ano vulvar.....*G. hypolisis*.
3. Microtubérculos en el área circunvulvar presentes, bien visibles.....6
- 3'. Microtubérculos en el área circunvulvar ausentes o poco notables....4

4. Microtubérculos en el área circunvulvar ausentes.....5
- 4'. Microtubérculos en el área circunvulvar poco notables...*G. zelandica*.
5. Quistes ovales en el cuello sobresalientes; estrías en la región del ano
semejando un asterisco.....*G. artemisiae*.
- 5'. Quistes esféricos en el cuello no sobresaliente; estrías entre la vulva
y el ano, lineales o ligeramente onduladas.....*G. achillea*.
5. Estrías entre la fenestra vulvar y el ano, reticulada, radio de Granek
de 2.0 o mayor.....7
- 6'. Estrías entre la fenestra vulvar y el ano, moderadamente reticulada,
si recta; radio de Granek menor que 2.....*G. tabacum*.
7. Estrías entre la fenestra vulvar y el ano con un patrón variable; radio
de Granek 2.5 o mayor8
- 7'. Estrías entre la fenestra vulvar y el ano fuertemente reticulado
(Como cáscara del melón Cantalup); radio de Granek igual a 2
.....*G. solanasearum*
8. Estrías entre la fenestra vulvar y el ano lineales u onduladas.....9
- 8'. Estrías entre la fenestra vulva y el ano discontinuas y
quebradas.....*G. virginiae*

9. De 16 a 31 (promedio 22) estrías entre la fenestra vulvar y el ano, radio de Granek de +/- 4.5, estilete del J₂ corto y con los nódulos basales redondeados.....*G. rostochiensis*.
- 9'. De 8 a 20 (promedio 13) estrías entre la fenestra vulvar y el ano; radio de Granek de +/- 2.5, estilete del J₂ largo y con los nódulos basales proyectados hacia arriba.....*G. pallida*.

Resistencia

Una variedad de patata resistente a *Globodera* es capaz de inhibir el desarrollo y multiplicación del parásito. Variedades como Dundrod, Pentland, Javelin, Navan, Nicola y Fianna son totalmente resistentes al nematodo dorado de la patata *Globodera rostochiensis*. Resistencia parcial al nematodo pálido de la patata *Globodera pallida* se encuentra disponible en unas pocas variedades p. ej. Sante. Una variedad resistente no escapa a la invasión de sus raíces por los juveniles del nematodo, pero previene su desarrollo y maduración. Algunas variedades resistentes pueden sufrir, por tanto, pérdidas de producción y deben ser protegidas con un nematicida cuando sean cultivadas en suelos con un nivel moderado o alto de infestación. Rueda (1993).

Tolerancia

Una variedad de papa es tolerante a *Globodera* si tiene la capacidad de producir relativamente bien, a pesar del ataque del nematodo. Tolerancia no se relaciona directamente con resistencia, pues algunas variedades resistentes son intolerantes y sufrirán pérdidas de producción a no ser que sean protegidas mediante el uso de un nematicida. De las variedades comercialmente disponibles, Cara es posiblemente la más tolerante y (Pentland Dell) la menos tolerante al ataque por nematodos. Rueda (1993).

Tipo de suelo

La producción de una variedad y su susceptibilidad al ataque por nematodos está influenciada por el tipo de suelo. Los cultivos en suelos minerales y ligeros sufren en general más daño que aquellos en suelos más orgánicos y pesados. Rueda (1993).

Rotaciones

Las poblaciones de *Globodera*, reducirán sus densidades en suelo gradualmente en la ausencia de cultivos hospedadores. La velocidad de descenso de sus densidades dependerá de diversos factores y varía

grandemente de una localización a otra. En suelos infestados con *Globodera*, cualquier reducción en las rotaciones, debe ir acompañada de un seguimiento continuo de los niveles de población. Rueda (1993).

Nematicidas

Los nematicidas granulares recomendados para el control del nematodo de la patata se incorporan al suelo y se distribuyen uniformemente inmediatamente antes de la siembra. El grado de control adquirido dependerá de diversos factores como el tipo de suelo y otros factores ambientales. El nivel de pérdidas en la producción estará principalmente determinado por el nivel de infestación del suelo antes de la siembra. En campos de la categoría “baja infestación”, los tratamientos apenas tendrán efecto y es improbable que den una respuesta económica. En aquellos de categoría “alta infestación”, los nematicidas pueden no ser suficientes para prevenir pérdidas económicas. Otros químicos con actividad nematicida (fumigantes) que se usan antes de la siembra sólo deberían ser utilizados en situaciones particulares de “alta infestación” y cuando otras alternativas no sean posibles. Rueda (1993).

CONCLUSIONES

1. Hay suficiente información derivada de la revisión bibliográfica que permite conocer de una manera adecuada sus aspectos biológicos, ecológicos, fisiológicos, taxonómicos, etc. del Nematodo Dorado de la Papa *G. Rostochiensis*.
2. El Nematodo Dorado de la Papa *G. Rostochiensis*, es el agente causal de la enfermedad del cultivo de la papa como principal hospedero de las solanáceas.
3. Los daños económicos, que causa este nematodo a los cultivos de papa son numerosos ocasionando grandes pérdidas que son preocupantes para el agricultor.
4. El ciclo biológico del nematodo dorado de la papa *G. Rostochiensis*, del macho es de diez días, mientras que la hembra se enquistada y muere permaneciendo viable durante 7 a 10 años aunque se sabe de casos de sobrevivencia de 20 a 30 años.
5. Por ser saprofito el nematodo dorado de la papa, hospedándose en la raíces de la planta de la papa causando lesiones graves a la planta, provocando bajos rendimientos y productos de baja calidad.
6. La forma de diseminación de este nematodo, es por semilla contaminada, el desplazamiento de la maquinaria de un lugar a otro, envase de empaque, etc.
7. los métodos para controlar este nematodo, se puede realizar a través del uso de rotación de cultivos, variedades resistentes, nematicidas, etc.

RESUMEN

El nemátodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975, ha co-evolucionado con su hospedante preferido *Solanum tuberosum* sub. sp. *tuberosa* y *Solanum tuberosum* sub. sp. *Andigena*. Como una de las principales enfermedades de estos cultivos.

Posteriormente en 1959, Skarbilovich ubica a los nematodos de los quistes como especies del género globodera debido a la forma esférica peculiar y ausencia de cono vulvar de sus hembras enquistadas.

El descubrimiento del nematodo dorado de la papa, en nuestra región fue en forma casual, cuando el Dr. Sosa Moss tomó muestras en las zonas paperas del país, encontrando quistes en las raíces de papa determinando que se trataba del “nematodo dorado”.

Para determinar este género, la morfología ha sido una de las técnicas, aunque se han incorporado modalidades como la estadística para hacer a la morfometría más precisa y el microscopio electrónico con el que se han descubierto características en algunos casos como el de *G. rostochiensis*, e inclusive sus patotipos.

El origen de este nematodo dorado es originario de las tierras elevadas de los Andes en el Perú y Bolivia, donde coevoluciona con su principal hospedante la papa.

El ciclo inicia en el segundo estadio larvario, las larvas recién emergidas son atraídas por las raíces de las plantas, el sexo de los adultos se determina por la cantidad de alimento disponible. Conforme el nematodo madura, el cuerpo de la hembra se hincha y sale de la raíz, a excepción de la cabeza y el cuello que quedan inmersos en el tejido radical, donde la hembra muere en forma de quiste quedando viables durante siete a diez años.

Los factores de desimación local o a gran distancia se realiza por la movilización de lo suelo infestado, como por ejemplo el que se adhiere a la maquinaria, semilla o envases para almacenaje.

Los síntomas de infestación reflejados son el pobre crecimiento en uno o más manchones, los que crecerán cada año que se cultiva papa en el mismo campo. Las larva empiezan a moverse desde la punta de la raíz del hospedero provocando disturbios en el transporte de agua y nutrientes para el desarrollo de la planta.

Los nematodos endoparásitos sedentarios, perforan con su estilete las paredes celulares, causando estrés debido a la falta de agua y altera el metabolismo de los nutrientes y alteración de los procesos fisiológicos.

El nematodo dorado de la papa esta asociado con bacterias fitopatógenas como *Pseudomonas solanacearum*, que provoca “marchites bacterial” y *Verticillium dahliae*.

La diseminación natural de los estadios juveniles es baja y se limita a la cercanía de las raíces de la planta hospedera.

El nematodo dorado causa daños que a menudo pasan inadvertidos en el suelo, debido a que se pueden incrementar diez veces en un año, mientras que los daños solo son visibles a cierto nivel de infección. Ya que este parasita la raíz.

El uso de nematicidas es un efectivo método recomendado para el control de nematodos, el manejo integrado puede reducir una alta población.

El control legal establece normas, las que juegan un papel muy importante en la prevención y control de diversos problemas fitosanitarios, el control cultural es un método indispensable que se debe aplicar con rotación de cultivos no hospedantes o el descanso de terrenos para que sea efectivo, el efecto de la energía solar como control físico ha demostrado que es efectiva para el control de diversos patógenos en el suelo, unas de la medidas mas eficaces que se tiene en la disminución de *G. rostochiensis* es el uso de genes mayores para la resistencia.

BIBLIOGRAFIA

- Agro sur - Detección de resistencia al nematodo dorado (**Globodera...**
[mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022004000100003&lng=es&nrm=iso)
[arttext&pid=S0304-88022004000100003&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022004000100003&lng=es&nrm=iso) -
34k
- Analisis de Riesgo del Rayado Bacteriano de la Hoja del Arroz
www.protecnet.go.cr/Cuarentena/fichas/globodera.htm - 154k
- Bakker, J.; Folkertsma, R. T.; J. N. A. M.; Voort, R. V. der; Boer, J. M. de; Gommers, F. J. 1993. Changing concepts and molecular approaches in the management of virulence genes in potato cyst nematodes. Annual review of the phytopathology. Vol. 31: 169 p.
- Brodie, B. B. y Mai, W.F. 1987. The Golden Nematode. Plant dis. Repr. 51: 569 p.
- Brown, E.B. and Sikes, G.S. 1983. Assessment of the losses caused to potatoes by the potato cyst Nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Ann. Appl. Biol: 103:271-276.
- Canadian Food Inspection Agency - Plant Pest Information ...
www.inspection.gc.ca/english/sci/surv/data/glorose.shtml. 21k.
- Cabi, (2000), Principales Plagas de la Papa y Medidas para su Control. 521 p.
- Camacho, G.J. 1979. Nematodos del quiste de la papa *Globodera rostochiensis*. Tesis Profesional. U.A.H. Chapingo, México. 76 p.
- Cepeda 1998. Nematodología Agrícola. Editorial Trillas. 127 – 131 p.
- Cepeda y Gallegos 2003. La Papa, Editorial Trillas. 161-171p.

- Centro Internacional de la papa (C.I.P). 1981. Información anual del C.I.P, 1980, Lima, Perú, 144 p.
- Chitwood, B.G., and E.M. Buhner. 1946. "Summary of soil fumigant tests made against the golden nematode of potatoes (*Heterodera rostochiensis*, Wollenweber), 1942-1944." *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*. 12:39-41.
- Christie. J. R. 1983 nematodos de los vegetales, su ecología y control. Limusa. México. 275 p.
- Control de Nematodos Introducción www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd10/texto/multiplicacion.htm - 12k -
- Cornejo, C., R. 1979. Efecto de *Globodera rostochiensis* sobre el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*). III Reunión de Nematólogos de México. 70 p.
- Cornejo, C., R.1980. Evaluación de la susceptibilidad de seis variedades de jitomate *Lycopersicon esculentum* Mill. A la ataque de *Globodera rostochiensis* (Woll). Mulvey y Stone 1976. (Nematoda: Heteroderidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura, facultad de ciencias biológicas U. A. N. L., Monterrey, N. L. México, 70 p.
- Crozzoli, R. 1990. Utilización de aldicarb y carbofuran para el control del nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*). *Fitopatol. Venez.* 3:9-10.
- Davide, R.G. and Zorrilla, R. A. 1989. Field evolution of more effective paecil p myces lilacinos isolates and three other nematophagous fungi for the control pf potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* in atok. *V.* 25. 65 p.
- Escobedo J. A. 1987. Nematodología general, Primera edición. Depto. De imprenta. Ejido Venecia. Mpio. De Gómez Palacio, Dgo. 13, 16-19,23 p.

- Evans, K., K. J. Parkinson and D. L. Trudgill. 1975. Effect of potato cyst – nematodes on the potato plants. III. Effect on the water relation and growth of a resistant and susceptible variety. *Nematológica* 21: 237- 280 p. the nether land.
- Evans, K., and A.R. Stone. 1977. "A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*." *PANS*. 23:178-189.
- Evans, K., and B.B. Brodie. 1980. "The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the U.S.A." *American Potato Journal*. 57:79-89.
- Evans, K., 1982. Effects of host variety, photoperiod and chemical treatments on hatching of *Globodera rostochiensis*. *J. Nematol.* 14 (2): 203-207. United States of America.
- Evans, K. 1991. Lethal temperatures for eggs of *Globodera rostochiensis*, determined by staining with new blue R. *nematológica* 37: 225- 229 p.
- Ficha57 alerce.inia.cl/fotos/Fichas/F057.htm - 2k.
- Franco, J. 1981. Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp. Centro internacional de papa lima, Perú. 33 p.
- Franco, J. 1986. Nematodos de quistes de la papa *Globodera* spp. Boletín de información técnica No. 9. Centro Internacional de la papa, Lima, Perú 21 p.
- Franco, J. *et al.* 1994. Problemas de nematodos en la producción de la papa en climas templados en la región andina. *Nematropina* 24: 179 p.
- Glazer, L. D. Orion and A. A. Pelbaum 1983. Interrelations ships between ethylene production, gall formation and root-knot nematode development on toe ate plants infected with *Meloidogyne Jovanica* *J. nematol* 15 (4): 539. United States of América.

- Glingam, C.G. 1980. Estudio de las plantas nocivas. Limusa. México, D.F. 200 p.
- Greco, N. and Moreno, I.L. 1992a. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sown potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
- Guía para la detección en suelo de los nematodos quísticos de la...sanitatvegetal.caib.es/pdfs/investigación/Globodera%20muestreo.pdf Gaxiala, Z.S. 1964. Algunas plagas agrícolas exóticas para México y su aspecto cuarentenario. *Fitofilo* 42:1215.
- Handoo, 1942. Vedpal S. Malik *Invasive Species and Pest Management* staff. 70 (9): 501 p.
- Halsth, et al. 1991. Castile, multiple-season golden nematode resistant potato variety. *Am potato J.* 68 (7): 453 p.
- Huitzacua A.M. y J. S. Camacho G. 1979 Dinámica de población del nematodo dorado de la papa y jitomate. III reunión de Nematólogos en México. 7 p. Monterrey N. L. México.
- Hussey, R. S. 1985. Host-Parasite relationships and associated physiological changes. Pag.143-153. in: J. N. Sasser and c.c. carter (eds.) *An advanced treatise on Meloidogyne* vol. I Biology and control, North Carolina state univ. Graphics. United States of América.
- Jatala, et al. 1986. Nematodos parásitos de la papa. Boletín de información técnica. Centro Internacional de la PAP. Lima, Perú 20 p.
- Jones, M. G. k. 1981. Host cell responses to endo parasitic nematodos attack. Structure and function of giant cells and sycytia. *Ann. Appl. Biol.* 97:353-372. Great Britain.

- Kort, J. 1962. Effects of population density on cyst production in *Heterodera rostochiensis* Woll. *Nematológica* 7: 305-308. The Netherlands.
- Landeros F., 1975 estudio de la respuesta del tomate *Lycopersicum sculentum* Mill. Inoculado en diferentes poblaciones de *Heterodera rostochiensis* Woll. (1923) (Nematodo: Heterodorida) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura Facultad de Ciencias Biológicas U. A. N. L., Monterrey, N. L. México, 57 p.
- Leo, G. K. 1972. Golden nematode infection found in Mexico. *Amer. Potato J.* 49 (79):281.
- Luc, M. F., (1988). A Reappraisal of Tylenchina (Nemata). The Family Heteroderidae. *Revue Nematol* 11(2): 127 p.
- Mai, W.F. 1977. "Worldwide distribution of potato-cyst nematodes and their importance in crop production." *Journal of Nematology.* 9:30-34.
- Mai, W. F. and B. F. Lewisbery 1948. Studies on the host range of the golden nematode *Heterodera rostochiensis* Woll. *Am. Potato jour.* 25:290 p.
- Mayer, S. M. 1981. Evaluación de la resistencia técnica en papa a los nematodos de quiste. Boletín de información técnica No. 10 Centro Internacional de la papa, Lima, Perú. 17 p.
- Malik. V. S. (2003). *Invasive Species and Pest Management* staff. Fremont, Nueva York. 10 p.
- MulVey, R.H. and A. Morgan. 1983. An illustrated key to the cyst forming genera and species of Heteroderidae in the westein. Hemisphere with species morphometrics and distribution. *J. Nematol* 15 (19):1-59.
- Nematodo del Quiste de la Papa, *Globodera rostochiensis*...
www.redpav-fpolar.info.ve/fitopato/v082/082f010.html - 49k

- Plaisted, et al. 1993. Genesee. A late season golden nematode resistant variety Am. Potato J. 70 (12): 897 p.
- Rodríguez, E. 1973. Estudio preliminar sobre el nematodo de la papa *Heterodera rostochiensis* Woll. En México. Tesis M. Sc. Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura Colegio de postgraduados. 98 pp.
- Rodríguez H. R. 1986. Selección de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L) tolerantes al nematodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll, 1923) Mulvey Y Stone 1976. 19, 42, 46. p.
- Rueda P. E. O. 1993. Muestreo de Lotes de Papa del Municipio de Saltillo. Para Detección del Nematodo Dorado *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975. 13, 18, 20 p.
- Scurrah, M. 1981. Evaluación de la resistencia en papa a los nematodos de quiste. Boletín de información técnica. Centro Internacional de la papa. Lima Perú. 15 p.
- Secretaria de Agricultura y Recursos hidráulicos (S. A. R. H.). 1987. Cuarentena interior permanente No. 17 contra el nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis*. Diario Oficial del martes 10 de Noviembre.
- Sosa Moss C. 1997. IICA. Act / México. Clave para los géneros y especies de heteroderidos (nematoda) que se enquistan, colegio de postgraduados. 4 - 5 p.
- Spears, J.F. 1968. "The golden nematode handbook: survey, laboratory, control, and quarantine procedures." *USDA Agriculture Handbook*. No. 353.
- Stone, A. R. 1973. *Heterodera rostochiensis*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes, Set 2, N 16. CAB Farnham Royal, U.K. 4p.
- Thomson, T.W. 1991. Agricultural chemicals Book III Miscellaneous Agricultural chemicals. Thomson publications. Fresno. CA.200.

- Trudgill, D.L. 1975. The effect of envi reonmet on sex determination in *Heterodera rostochiensis*. 3: 268 -272 p.
- Vázquez, S. L. M. 1994. Detección de patógenos de fototipos del nematodo dorado *G. rostochiensis* (Woll.) Behrens 1975, en una población de navidad, N. L. y sus efectos n los rendimientos de tres variedades de papa. Tesis Maestría. U.A.A.A.N. Coah. México. 115 p.
- Webley, D.P. and F. G. W. Jones. 1981. Observations on *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* on early potatoes. *Pl. Path.* 30:217-244. United States of America.
- Whithead, A.G., D. Tite y M. French. 1973. Control of potato cyst nematode *Heterodera rostochiensis*, in three soils by small amounts of aldicarb, of Nematicur applied to the soil at plan ting time *Ann. Appl. Biol.* 74:113-118.
- Winslow, R.D., and R.J. Willis. 1972. "Nematode diseases of potatoes. II. Potato cyst nematode, *Heterodera rostochiensis*." Pp. 18-34, J. Webster (ed.), *Economic Nematology*. New York: Academic Press.
- Wollenweber, (1923) y Behrens, (1975). Detención del Nematodo Dorado de la Papa *Globodera rostochiensis*. 24, 32 -34 p.
- Wronkowask, H. 1986. Occurrence of *Verticillium chlamydosporum* in *Globodera rostochiensis k Woll. Cyst.* Holanda Florida 72 p.
- Zafar, (2004). Nappo Phytosanitary Alert System notifications.Estados Unidos. 80 p.
- Zorrilla, R.A. 1990. Efficacy of nematophagous fungi for the biocontrol of tomato root-knot nematoda meliodogyne incognita, chitwood and potato cyst nematoda, *Globodera Rostochiensis*, Woll. In the Philippines. Thesis (ph. D. in plant pathology). Philippines univ. Banos, college, Laguna (Philippines. 115 p.).