

LOS NEMATODOS PARÁSITOS

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los nematodos como parásitos de las plantas cultivadas, es relativamente reciente, pero sin embargo son conocidos desde hace mucho tiempo como parásitos del hombre y animales. Ejemplos tan frecuentes como las lombrices intestinales, que a veces se encuentran en el estómago e intestino del hombre y animales, son de todos conocidos.

Los nematodos son gusanos que no se perciben a simple vista, no solo por ser de pequeños tamaños sino también por su forma muy estrecha y por su transparencia, así que todos aquellos organismos visibles y en forma de gusanos que podemos encontrar en un suelo de cultivo no son nematodos. El tamaño de un nematodo puede ser muy variable, existiendo especies que no sobrepasan los 0,3 mm y otros que alcanzan más de 2 cm., no obstante la mayor parte de ellos tienen una longitud comprendida entre 0,2 y 1 mm.

Todos los nematodos son filiformes, por lo menos al momento de salir de los huevos, y algunas especies pueden posteriormente presentar formas distintas en estado de adulto. El vocablo «nematodo» es una transformación de «nematoide» (como un hilo), y es

Rafael Rodríguez Rodríguez
Sección Fitopatología
Granja Agrícola Experimental
Cabildo de Gran Canaria

el nombre más común que se aplica a estos animales, siendo otros menos frecuentes, el de «gusanos redondos», gusanos filamentosos», anguñulas, lombrices, etc.

Los nematodos son pobladores microscópicos muy numerosos de un suelo de cultivo, se ha dicho que constituyen el 90% de los organismos animales pluricelulares que viven en él, y según su forma

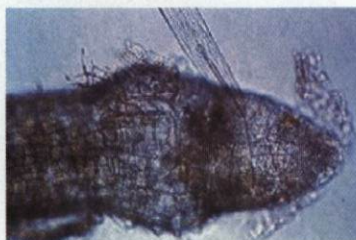


Foto 1

de alimentarse están claramente diferenciados en dos grupos: **saprófagos** y **parásitos**.

Los nematodos **saprófagos** no son nocivos para las plantas, y afortunadamente son los más abundantes en un suelo agrícola. Estos nematodos se alimentan de materia orgánica en descomposición (restos vegetales) la cual metabolizan en elementos nutritivos para las plantas, acción beneficiosa que se une a la de servir de alimento para otros organismos útiles, como lombrices y ácaros. Otros nematodos como *Steinernema spp.* y *Heterorhabditis spp.*, que no son parásitos de raíces de las plantas, pero si de larvas de insectos, están siendo actualmente utilizados para el control biológico de plagas importantes.

Los nematodos **parásitos** se distinguen de los anteriores porque atacan directamente los tejidos vegetales valiéndose de un aguijón en forma de punta de flecha o aguja hueca, con el que absorben el líquido celular, y que recibe el nombre de «estilete». (Ver foto 1)

2. CICLO DE VIDA DE LOS NEMATODOS PARÁSITOS.

Las hembras de los nematodos son sexuales o partenogénicas y siempre ovíparas, o sea que ponen huevos, y a partir de estos se inicia el ciclo evolutivo.

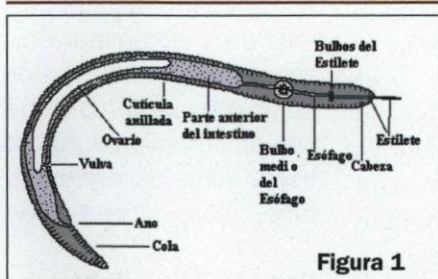


Figura 1

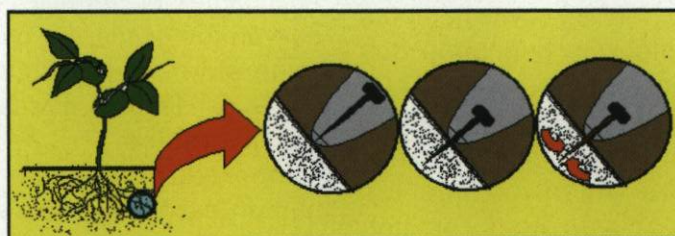


Figura 2

En la Figura 1 puede verse representado esquemáticamente un nematodo parásito, con los elementos más importantes de su cuerpo, donde el «estilete», destaca como pieza fundamental para su alimentación, el cual los nematodos proyectan con fuerza gracias a unos músculos conectados con tres protuberancias (bulbos) y clavan en los tejidos vegetales, principalmente de raíces, absorbiendo el jugo de las células por un mecanismo complicado de bombeo. (Ver Esquema Figura 2) Se comprende fácilmente que cuando miles de estos parásitos actúan sobre las raíces de una planta, ésta sufra un proceso de debilitación, falta de vigor, disminución de la cosecha, o incluso muera.

El concepto de «larva» se ha usado desde antiguo en los insectos para nombrar a los estados jóvenes o inmaduros de los mismos, antes de transformarse en adultos, asimismo se usa el término de «muda» cuando cambian la cutícula exterior del cuerpo, que es

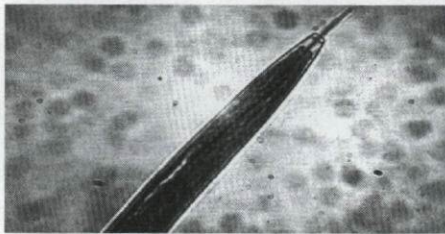


Foto 2

poco elástica, a medida que el animal va creciendo (Ver Foto 2, nematodo desprendiéndose de la cutícula externa). En el caso de los nematodos existen cuatro estados larvarios (L_1 , L_2 , L_3 , L_4) con sus respectivas mudas intermedias (M_1 , M_2 , M_3 , M_4), antes de evolucionar a adultos. En los esquemas de los ciclos evolutivos presentados mas adelante, podemos observar que la primera muda (M_1) tiene lugar dentro del huevo y que a partir de la segunda muda (M_2), en el ciclo evolutivo de *Pratylenchus goodeyi* (Ver Ciclo de *Pratylenchus*)), los sucesivos estados permanecen con la misma forma (filiformes), mientras que en el ciclo evolutivo de *Meloidogyne spp.* (Ver Ciclo de *Meloidogyne*) las larvas se van ensanchando para llegar a forma piriforme (hembra) en estado adulto. Los primeros, que no cambian de forma y cuyas hembras adultas filiformes depositan sus huevos libremente, sin ningún receptáculos que los contenga, reciben el nombre de **nematodos de forma libre**, mientras que los segundos, cuyas hembras han pasado a formas globosas, pueden ser llamados **nematodos formadores de nódulos** (*Meloidogyne spp.*) (Ver Ciclo de *Meloidogyne*) o **nematodos formadores de quistes** (*Globodera spp.*, (Ver Ciclo de *Globodera*).

El ciclo completo desde el huevo hasta la transformación en adulto, se puede realizar en un tiempo variable según la especie, la planta huésped, la temperatura, la humedad, etc., que puede oscilar entre 2 a 6 semanas para especies de rápida o lenta evolución, por lo que el número de generaciones anuales resulta también variable, pudiendo haber, desde una al año, para ciertas especies, hasta decenas para otras.

3. ECOLOGÍA Y DISPERSIÓN

Los nematodos son muy sensibles a la sequedad y sus movimientos cesan casi

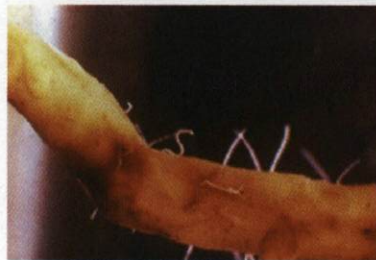


Foto 3

Los nematodos se desplazan lentamente por medio de movimientos ondulatorios de su cuerpo y aprovechando la fina película de agua que existe entre las partículas del suelo, su aspecto nadando en agua y vistos con aumento es el de una anguila. Estos desplazamiento en los casos mas favorables no llegan a sobrepasar los veinte metros por año, lo cual explica que en la practica formen lo que se conoce por «agregaciones», o sea, focos localizados y distantes entre sí. Este tipo de distribución en suelo infectados se ajusta matemáticamente a una distribución «binomial negativa».

Los desplazamientos a grandes distancias o las dispersiones sobre grandes extensiones ocurren sin embargo, de diversas maneras: las aguas de lluvia y riego así como el viento, son medios de transporte para las distintas formas, mas o menos pesadas, como quistes, adultos larvas y huevos. Asimismo resulta un frecuente medio de



completamente en presencia de menos de un 10% de humedad, por lo son relativamente escasos durante el verano en las capas superficiales del suelo, y mas abundantes en terrenos húmedos que en los secos, no obstante la inmersión en agua por encharcamiento o lluvias les son desfavorables. Las altas temperaturas pueden ser un limitante para ciertas especies (*Pratylenchus goodeyi*) o favorecer su desarrollo a otras (*Meloidogyne incognita*). Los nematodos son mucho mas abundantes en terrenos arenosos y mullidos que en los arcillosos y fuertes y la acidez o alcalinidad de los suelos (pH) parece influir poco en su desarrollo.

diseminación, a veces a considerables distancias, el transporte de la tierra adherida al calzado, a ruedas de maquinarias, a aperos de labranza, etc. Por último es necesario señalar un importante medio de diseminación, y muchas veces de introducción de especies en un país, región o comarca, con la comercialización de vegetales por la tierra adherida a plantas, estacas, tubérculos, raíces bulbos y granos.

Formas de parasitismo

Los fitófagos de raíces, se pueden alimentar de éstas concretándose a los tejidos corticales que perforan con su estilete, o a penetraciones superficiales de solo una parte de

su cuerpo. La raíz resulta entonces dañada exteriormente y los nematodos que así actúan reciben el nombre de **ectoparásitos** (Ver Foto 3, Nematodos alimentándose sobre una raíz). Todo lo contrario ocurre con los nematodos **endoparásitos**, que están facultados para penetrar en el interior de la raíz, todo su cuerpo, y a veces, permanecer allí toda su vida, provocando lesiones internas. (Ver Esquema Ecto-Endoparásito). Existen especies de nematodos, como por ejemplo *Pratylenchus spp.*, que viven y se reproducen en el interior de las raíces pero que mas tarde pueden abandonarlas, cuando éstas se deterioran, y emigrar en busca de otras sanas, recibiendo por este comportamiento el nombre de nematodos **endoparásitos migradores** (Ver Ciclo de *Pratylenchus goodeyi*). Estos nematodos permanecen en el suelo, por tanto, solamente el tiempo necesario para desplazarse de una raíz a otra. Otras especies como las del género *Meloidogyne* y *Globodera*, permanecen durante toda su vida en el interior de la raíz en un lugar determinado, por lo que son llamados **endoparásitos sedentarios** (Ver Ciclo de *Meloidogyne*). Igualmente existen **ectoparásitos migradores** como los de los géneros *Helicotylenchus*, *Criconemoides*, *Xiphinema*, etc., que atacando exteriormente una raíz emigran a otras zonas de la misma o a otras raíces, o **ectoparásitos sedentarios**, que permanecen exteriormente y en solo lugar de la raíz como algunas especies de *Paratylenchus* y los del género *Cacauporus*. Algunos autores llegan mas lejos aún con esta clasificación de parasitismo, considerando estados intermedios como el de **semi-ectoparásitos migradores**, como ocurre con señaladas especies de *Tylenchorhynchus* y algunos nematodos espirales (*Hoplolaimidae*); y de **semi-endoparásitos sedentarios** como el famoso nematodo de los cítricos *Tylenchulus semipenetrans* (Ver Ciclo de *Tylenchulus*), que solo penetra en las raíces la mitad de su cuerpo.

Una forma distinta de parasitismo la encontramos en los nematodos que atacan a los tallos, hojas y semillas. Estas especies pueden sobrevivir en el suelo o sobre restos vegetales y mas tarde infectar los distintas partes de una planta. Así tenemos a *Ditylenchus dipsaci* que produce serias deformaciones en bulbos, tallo y hojas de cebollas, ajos y otras plantas; *Aphelenchoides ritzemabosi* que produce áreas necrosadas en las hojas de crisantemos; *Anguina tritici* que infecta y deforma los granos de trigo; etc.

5. DAÑOS QUE OCASIONAN.

Los nematodos en sus ataques a las raíces y en el área de alimentación o penetración pueden causar simples **decoloraciones (necrosis) superficiales** (ectoparásitos), **lesiones internas** (endoparásitos migradores), **deformaciones** (endo-parásitos sedentarios), que pueden derivar a la devastación total de la zona atacada y de la raíz completa.

Las plantas que están sometidas a los ataques de nematodos, cuando menos pierden parte de su vigor, que conduce a una falta de desarrollo y en casos extremos a la muerte de la planta.

El tamaño, la cantidad y calidad de los frutos que producen las plantas con ataques de nematodos son inferiores, es decir, hay una reducción de la calidad y cantidad de las cosechas

Por último está el problema de los nematodos en su relación con las enfermedades de las plantas, puesto que pueden ser transmisores directos de una enfermedad o ayudar a que se produzca la infección, a través de las heridas que ocasionan en las raíces. Este problema está siendo estudiado por muchos nematólogos y en la bibliografía sobre el tema encontramos muchos ejemplos que señalamos a continuación:

TABLA I
Principales asociaciones señaladas entre nematodos fitófagos y agentes fitopatógenos.

Agente patógeno	Nematodos
HONGOS	
<i>Fusarium spp.</i>	<i>Rotylenchus</i> , <i>Tylenchorhynchus</i> , <i>Tylenchulus</i> , <i>Heterodera</i> , <i>Meloidogyne</i>
<i>Verticillium spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Heterodera</i> , <i>Meloidogyne</i>
<i>Rhizoctonia spp.</i>	<i>Pratylenchus</i> , <i>Heterodera</i> , <i>Meloidogyne</i>
<i>Pythium spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>Phytophthora spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>Cylindrocarpon spp.</i>	<i>Rotylenchus</i> , <i>Pratylenchus</i>
<i>Aphanomyces spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>
<i>Trichoderma spp.</i>	<i>Pratylenchus</i>
<i>Ophiobolus spp.</i>	<i>Heterodera</i>
<i>Macrophomina spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>Sclerotium spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>Alternaria spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
BACTERIAS	
<i>Corynebacterium spp.</i>	<i>Ditylenchus</i> , <i>Aphelenchoides</i> , <i>Meloidogyne</i>
<i>Erwinia spp.</i>	<i>Ditylenchus</i> , <i>Aphelenchoides</i>
<i>Agrobacterium spp.</i>	<i>Meloidogyne</i>
<i>Pseudomonas spp.</i>	<i>Meloidogyne</i> , <i>Helicotylenchus</i>
VIRUS	
"Ringspot" "rattle"	<i>Xiphinema</i> , <i>Longidorus</i> , <i>Trichodorus</i>

La gravedad y cuantía de los daños producidos por los nematodos está indudablemente relacionada con la especie que se trate, su hábito de parasitismo (ecto o endoparásito, migrador o sedentario) y con el nivel de infección que exista en el suelo y en las raíces. Este nivel de infección, o sea, la cantidad de ejemplares que existen en un determinado momento en el suelo o raíces de una planta cultivada cualquiera, puede ser determinado mediante análisis nematológico de muestras obtenidas en el campo, que posteriormente son sometidas a técnicas, cada vez mas precisas, en laboratorio, para la extracción de los nematodos su conteo y separación en géneros y especies.

Veamos a continuación algunos ejemplos de nematodos parásitos que tienen gran importancia económica por sus daños en cultivos muy frecuentes y extensos en España y en el mundo.

6. LOS NEMATODOS ENDOPARÁSITOS MIGRADORES O NEMATODOS LESIONANTES DE LAS RAÍCES

Dos de los géneros más famosos de nematodos endoparásitos que luego emigran en busca de otras zonas de la misma raíz o de otras raíces sanas, son los *Pratylenchus spp.* y *Radopholus spp.*, que también son conocidos como «nematodos lesionantes» de raíces. Entre estos existen especies muy importantes como *Pratylenchus brachyurus*, que aunque puede atacar a las raíces de muchas plantas su huésped original es la Piña tropical; asimismo es bien conocido

Las raíces de plataneras invadidas por esta especie muestran unos síntomas típicos de los nematodos lesionantes. En la superficie de las raíces atacadas nos encontraremos con unas grietas o rajaduras longitudinales de pocos centímetros y al ser cortadas por estas zonas agrietadas veremos en el interior zonas necróticas que pueden llegar al cilindro central de la raíz y que pueden ocupar una superficie de hasta 3 o 4 centímetros. No siempre aparecen grietas superficiales y muchas veces las necrosis internas son visibles exteriormente. El cilindro central de la raíz, así como el rizoma de la planta, no es invadido por esta especie a diferencia con *Radopholus similis*, que parasita a las plataneras del área tropical.

En la evolución de las poblaciones en un año, de *P. goodeyi*, estudiadas en diferentes zonas de Canarias, nos encontramos con que la máxima población anual en raíces suele situarse, según zonas y climatología



en toda la zona bananera del área tropical el *Radopholus similis*, verdadero azote de raíces de las plataneras, no presente en Canarias afortunadamente, pero muy similar en biología y hábitos a *Pratylenchus goodeyi*, que si está presente en plataneras de las islas y que nos va a servir como ejemplo. La biología de *Pratylenchus goodeyi*, como la de otra especie de *Pratylenchus* o *Radopholus*, la hemos resumido gráficamente en la Figura 4, donde se puede observar, como todos los estados móviles de este nematodo, que han evolucionado de los huevos, larvas (L₂, L₃, L₄) y adultos (hembras y machos), son capaces de buscar raíces e ir avanzando a su interior mientras se alimentan del jugo celular de los tejidos, alcanzando el cilindro central de la raíz y produciendo una necrosis (muerte) de las zonas invadidas ejemplo del comportamiento de estos nematodos lesionantes.

del año, entre Mayo y Junio, continuando descendente durante el verano (Junio, Julio y Agosto) y recuperándose en cierta medida en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, cayendo definitivamente en Diciembre y Enero. Con la llegada de la temprana primavera Canaria las poblaciones comienzan a recuperarse de nuevo lentamente a finales de Enero para iniciar un rápido ascenso en Abril.

Este tipo de evolución anual se ha comprobado que está en relación con las estaciones o épocas húmedas y secas y dentro de ellas con las temperaturas, es decir, las bajas temperaturas de Diciembre y Enero limitan el desarrollo de *P. goodeyi*, las suaves temperaturas crecientes y ambiente húmedo de Febrero, Marzo, Abril aceleran la evolución hasta el máximo de Mayo y Junio. La sequedad ambiental y las altas temperaturas producen una caída rápida de las poblaciones y el

ambiente mas húmedo y temperaturas suaves de Septiembre y Octubre produce una reactivación de las poblaciones.

En relación a los estados fenológicos de la planta se ha comprobado como las máximas poblaciones se sitúan cerca de el inicio de la floración y cuando la planta posee la máxima superficie foliar y máximo desarrollo radicular.

Todos estos estudios de evolución nos han indicado que las mejores épocas para efectuar los tratamientos nematocidas en plataneras de Canarias son: la temprana primavera Febrero-Marzo, y el principio del otoño, Septiembre y Octubre.

En cuanto a los tratamientos nematocidas para el control de esta especie se ha pasado de la alta eficacia del fumigante DBCP (Dibromo-cloro-propano) aplicado en agua de riego por inundación de los años sesenta y setenta, a la baja eficacia de los actuales nematocidas no fumigantes (fenamifos, etoprofos, carbofuran, vydate, cadusafos, etc.) aplicados en riego por goteo. Estos bajos rendimientos en eficacia, están relacionados con varios factores entre los que destacan la poca penetrabilidad del nematocida aplicado en riego por goteo, la falta de uniformidad de riego de las instalaciones, la aplicación de dosis y frecuencias por debajo de las óptimas y, en algunos casos, la biodegradación natural del nematocida en el suelo. Estas circunstancias se ha traducido en un aumento paulatino de las poblaciones en raíces, y donde en los años sesenta se encontraban un máximo de 40 o 50 mil ejemplares por 100 gramos de raíces, hoy pueden encontrarse cifras records de 500 mil.

Por último reseñar un importante dato sobre la especie que nos ocupa, que es la población máxima tolerable o umbral, que ha sido establecido en unos 9 a 12 mil ejemplares por 100 gramos de raíces.

7. NEMATODOS ENDOPARÁSITOS SEDENTARIOS. MELOIDOGYNE SPP. Y GLOBODERA SPP.

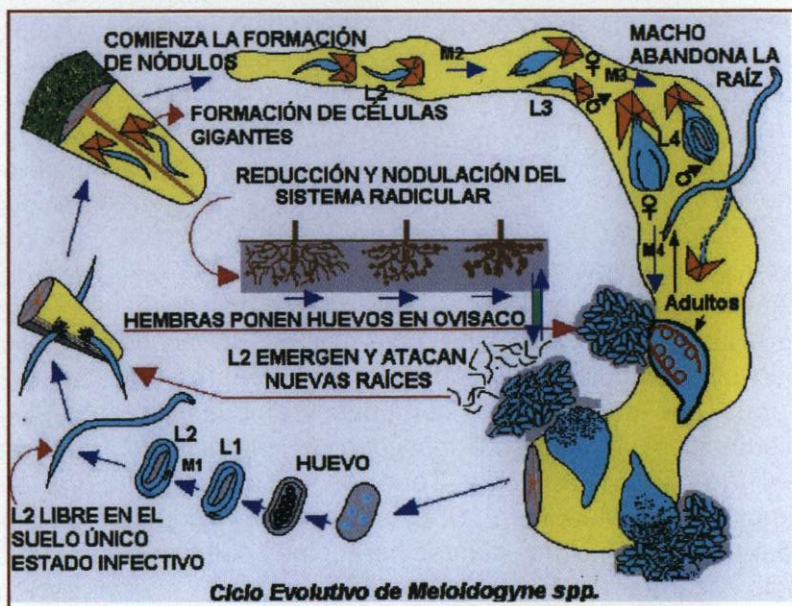
En este apartado nos vamos a ocupar de dos géneros cuyos daños son siempre importantes y tienen una amplia distribución por todas las regiones hortícolas y patateras del mundo.

Los nematodos del género *Meloidogyne* también conocidos por «nematodos de la nudosidad de las raíces» o «agalladores de raíces» son bien conocidos en la mayor parte de las regiones del mundo por sus daños en hortícolas, frutales y ornamentales. La etimología de la palabra *Meloidogyne* viene del griego: «Melón» (Manzana, calabaza); «oides», «oid» (semejante); «gyne» (mujer, hembra), «hembra como manzana», aludiendo claramente a la forma globosa de las hembras adultas.

En el diagrama del Ciclo evolutivo, vemos esquemáticamente representado el ciclo biológico de este género, que comprende un periodo de **preparasitismo** y otro de **parasitismo**. El primero se inicia a partir de un huevo unicelular depositado por una hembra total o parcialmente incrustada en una raíz de la planta huésped. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa que los mantiene reunidos en la parte posterior del cuerpo de la hembra donde se han podido contar hasta mas de 1000 huevos depositados por un solo ejemplar. La **embriogénesis** o división celular comienza a los pocos instantes de ser depositados los huevos y conducirá a la formación del primer estado larvario (L_1) dentro del mismo huevo. Con la emergencia del segundo estado larvario (L_2) y su pronta penetración en las raíces, como consecuencia de la atracción que ejercen sobre ellas los exudados radiculares, se inicia la fase de **parasitismo**, caracterizada por la formación de células gigantes (síncitos) que provocan las secreciones salibares de las larvas. Estas células se disponen a modo de barrera delante de sus cabezas y el aceleramiento de la división celular da lugar a la formación de los primeros nódulos radiculares de 1 a 3 mm.

A medida que la células gigantes se van formando la larvas van engrosando como consecuencia de su alimentación de estas células. Es un caso claro de interrelación huésped-parásito donde la reacción del huésped para oponerse a la penetración del parásito determina que estas células gigantes se formen, para la alimentación y conclusión del ciclo del parásito.

En el proceso de engrosamiento de las larvas, transcurren los siguientes estados larvarios (L_3 y L_4); la diferenciación de sexos y el alcance del estado adulto. Las hembras serán finalmente globosas con cabeza y cuello terminado en punta y los machos abandonaran la cutícula larvaria en forma alargada o filiforme. Mientras tanto los nudos radiculares han ido creciendo hasta formar verdaderas masas nodulares.

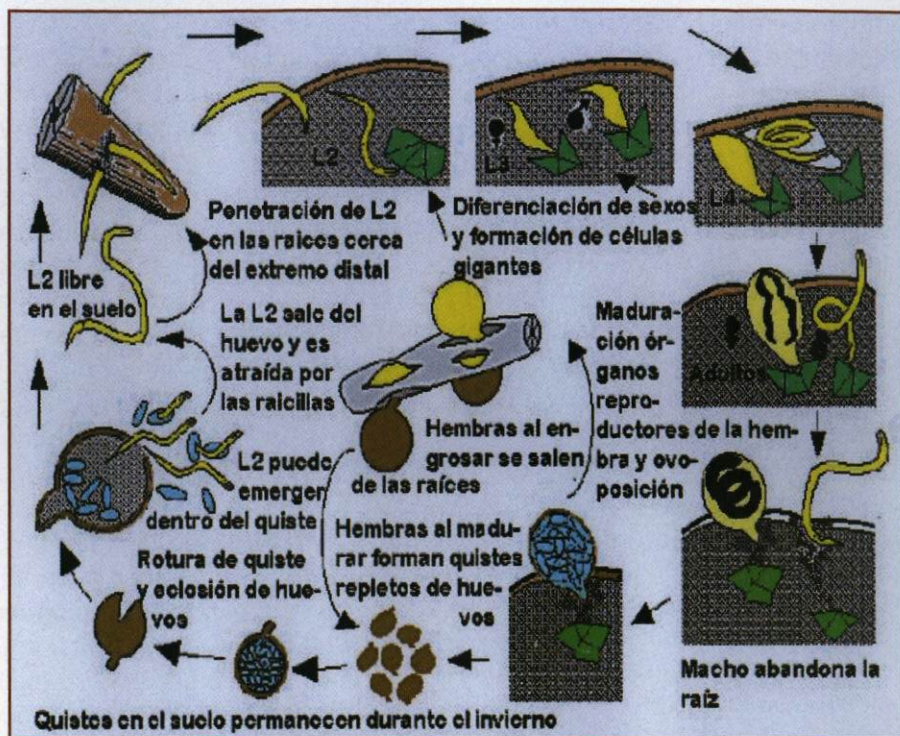


La duración del ciclo de vida de *Meloidogyne spp.* depende de la temperatura y de la especie que se trate. Si tomamos a *Meloidogyne javanica* como ejemplo de especie de clima cálido, veremos que completa su ciclo de vida a 14 grados centígrados en 56 días, mientras que a 26 grados lo hará en solo 21 días. Por el contrario una especie de clima frío como *M. hapla* sitúa su óptimo en unos 20 grados en el que completaría su ciclo en el menor tiempo.

Las especies de *Meloidogyne* son parásitos obligados de las plantas, las cuales reaccionan a la infección de estos gusanos microscópicos mostrándose **susceptibles** ó **resistentes** con escalas intermedias en ambos conceptos de **altamente** y **moderadamente**. En cuanto a la formación de nódulos radiculares es importante resaltar que las especies de *Meloidogyne* pueden producirlos en plantas inmunes aunque en el interior de estos solo podremos encontrar larvas y nunca hembras adultas ni puestas de huevos, o sea que no hay evolución. Por el contrario, en plantas susceptibles no siempre hay formación de nódulos, aunque si reproducción. Según esto, un esquema que refleja la reacción de las plantas con respecto a la formación de nódulos radiculares podría ser el siguiente.

Los daños derivados de la infección de *Meloidogyne spp.* no solo se traducen en la formación de nódulos radiculares sino además en la disminución de la eficiencia radicular, paralización del crecimiento y marchitez. En cuanto a la disminución de la cosecha nosotros trabajando con *M. javanica* y *M. incognita* hemos calculado que para un índice de nodulación 5 (escala 0-5), el porcentaje de reducción de cosecha en pepinos de invernadero es del 87,95 y para tomates del 76,20, viéndose que cuando el índice de nodulación crece en una unidad el rendimiento de cosecha disminuye en un 17 y 15 por ciento para pepinos y tomates respectivamente.

Las especies de *Meloidogyne* que se han descrito hasta el momento son unas 50 pero se piensa que estas son una pequeña parte de las que se describirán en el futuro, ya que solo unas pocas regiones del mundo han sido estudiadas detenidamente. De estas hay cuatro que son las mas comunes y ampliamente distribuidas: *Meloidogyne incognita*; *M. javanica*; *M. arenaria* y *M. hapla*. En Canarias en un rastreo geográfico efectuado en 1984, muestreando nódulos radiculares de muchas plantas hortícolas y plataneras solo encontramos *M. incognita* y *M. javanica*.



CICLO EVOLUTIVO DE *Globodera pallida* y *rostochiensis*
NEMATODO DORADO DE LA PAPA

En cuanto al control de los nematodos del género *Meloidogyne* y después de mas de 10 años de ensayos con productos nematocidas **no fumigantes** (fenamifos, oxamilo, carbofuran, etoprofos, y otros); **fumigantes** (Dicloropropano-dicloropropeno, 1,3 Dicloropropeno, Bromuro de metilo, Metan-Na, Metan-K, y otras mezclas) hemos llegado a las siguientes conclusiones:

Los nematocidas **no fumigantes** en presencia de altas poblaciones de *Meloidogyne* se muestran en general poco eficaces y con incrementos de cosechas bajos, y a veces negativos. Son productos, que cuando mas, mantienen las poblaciones existentes, si estas todavía son bajas. Los nematocidas **fumigantes** de preplantación son mas activos cuando su aplicación es correcta (humedad y temperatura de suelo), destacando sobre todo por su alta eficacia e incremento de cosecha el bromuro de metilo, seguido por los productos a base de 1,3 Dicloropropeno con los que se obtienen eficacias variables pero mas que suficientes. Dos nematocidas **fumigantes** que durante mucho tiempo fueron los mas eficaces y empleados en Canarias, Dibromo-cloro-propano (DBCP) y Dibroetano (DBE), están en la actualidad prohibidos.

Uno de los métodos de control mas eficaces empleado en los últimos años es el uso de **variedades resistentes**, y concretamente en tomates, ha sido durante los años setenta y parte de los ochenta el mejor método de control. En efecto, con la aparición de las variedades híbridas de tomates que venían principalmente del mercado holandés y que poseían, entre otros, el «gen Mi», de resistencia a *Meloidogyne spp.*, propició el que durante muchos años estos

nematodos dejaron de ser económicamente importantes, pero en la actualidad, la presencia de poblaciones que «rompen la resistencia» ha sido constatada en Canarias como en muchas regiones del mundo.

Por último señalar que la actual investigación sobre el control de *Meloidogyne spp.* está poniendo mucho esfuerzo en el control biológico, y algunos resultados prometedores se están obteniendo con organismos parásitos, entre los que destacamos a la bacteria *Pasteuria penetrans* y al hongo parásito de huevos *Paecilomyces lilacinus*.

«El nematodo dorado» de la papa ó «nematodo del quiste» de la papa, es otra especie muy importante para este cultivo y sus hábitos, igual que el anterior, es de **endoparásito sedentario**.

Realmente en el genérico nombre de nematodo dorado se incluyen dos especies: *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida* con la misma biología y comportamiento en sus daños a la papa, y cuyo ciclo de vida se refleja en el correspondiente Esquema. En ella vemos como la evolución de estas dos especies es casi idéntica a la de *Meloidogyne spp.*, con algunas importantes diferencias que señalaremos seguidamente: Las Larvas del segundo estado después de penetrar en las raíces, provocan la formación de células gigantes pero no hay formación de nódulos radiculares; después de la diferenciación de sexos y a medida que el cuerpo de las hembras van engrosando, la presión del engrosamiento produce la rotura de los tejidos corticales de las raíces y el cuerpo de las hembras formadas queda fuera, pero manteniendo la cabeza y cuello dentro; la ovoposición tiene lugar dentro del mismo cuerpo de las hembras fecundadas y cuando estas mueren la cutícula cambia químicamente y el color que era blanco o amarillo se torna marrón rojizo. La hembra muerta se convierte en un quiste de cutícula gruesa resistente a las condiciones ambientales desfavorables, conteniendo desde unos pocos a 600 huevos y que puede permanecer viables por 20 años o mas. Los huevos volverán a activarse desde el momento que de nuevo se planten papas.

El ciclo de vida de *Globodera spp.* suele durar de 6 a 10 semanas y en este tiempo si no hay competencia por alimento la población se puede multiplicar en proporciones de hasta 1 a 50.

Dentro de cada una de las especies de *Globodera* existen razas o patotipos que se diferencian por poseer distinta virulencia frente a plantas huéspedes: *Solanum tuberosum ssp. andigena*, *S. multidissectum*, *S. vernei* y *S. kurtzianum*. La nomenclatura de estas razas así como el número de las mismas es variable según los países, pero el esquema mas aceptado actualmente es el de Kort *et al.* (1978), y la posterior rectificación de Stone *et al.* (1986). Según estos se han señalado hasta el momento 5 patotipos de *G. rostochiensis* (Ro1, Ro2....etc.) y 2 de *G. pallida* (Pa1, y Pa2/3). En Canarias se han citado la existencia de las razas Ro1, y Pa2/3.

En Gran Canaria se ha confirmado la existencia de las dos especies de *Globodera*: *G. rostochiensis* y *G. pallida*, conviviendo en todas las zonas de cultivos, y según estudios realizados (J. M. RODRÍGUEZ, 1985) se encontró que en zonas húmedas y altas de la isla dominaba ligeramente *G. rostochiensis*, y por el contrario había una franca dominancia de *G. pallida* en cultivos de la zona costera. No obstante en los últimos tiempos se ha informado que debido al uso de variedades resistentes al patotipo Ro1, tal como la "Cara", van en aumento la poblaciones del Pa 2/3.

Los primeros síntomas de infección de estas especies se observan por el crecimiento ralentizado de las plantas o falta de brotación después de la siembra. Apreciándose la formación de parches o zonas mas o menos redondeadas de las parcelas donde las plantas amarillean y no se desarrollan. Los quistes de color blanquecinos adheridos a las raíces y tubérculos pueden ser vistos con cierta dificultad a simple vista, o mejor con una lupa de campo. La coloración de estos quistes, aparte de los caracteres morfológicos microscópicos, suele servir para la separación de los patotipos de *G. rostochiensis* de los de *G. pallida*, puesto que los primeros pasan del color blanco al amarillo dorado y por último al marrón rojizo, mientras que los de los segundos pasan directamente de blancos a marrón rojizo.

En cuanto a la reducción de cosecha por infección de los nematodos de quistes, existen criterios diferentes en la bibliografía mundial. Así por ejemplo tenemos de una referencia inglesa, que la reducción puede ser de 2500 Kg por Ha, por cada 20 quistes llenos (unos 1000 huevos viables), extraídos en 100 gramos de suelo, mientras que una referencia del Centro Internacional de la papa (Perú), señala una reducción de 2000 Kg por Ha por cada 2000 huevos. En este sentido la experiencia nos ha mostrado que la reducción de cosecha debe ser constatada en cada región o zona y valorada por el incremento de cosecha obtenido en suelos muy infectados cuando se aplica algún nematocida que reduzca al mínimo la poblaciones, o por comparación dentro de una misma zona de parcelas libres de nematodos y parcelas con alta infección.

El control de los nematodos formadores de quistes a de pasar por una estrategia en la que se incluyen varios puntos importantes: inspeccionar los campos y parcelas para determinar especies, patotipos y distribución; utilización de nematicidas fumigantes para reducir la población en el suelo; uso de variedades resistentes; tratamientos con nematicidas no fumigantes para evitar el incremento de la población durante el cultivo; y evitar la diseminación por el uso de material vegetal infectado, aperos, maquinaria, contenedores o transporte de suelo.

Como ampliación de los puntos arriba mencionados señalaremos que el uso de nematicidas fumigantes de preplantación puede reducir en buena medida, según la dosis, las poblaciones existentes en el suelo al

momento de plantar, sobre todos con los productos a base de 1,3 dicloropropeno (Telone, D-D, etc.). En cuanto a las aplicaciones de nematicidas granulados al momento de la plantación han sido muy útiles los aldicarb, oxamilo y etoprofos.

El uso de variedades resistentes tiene el inconveniente de seleccionar nuevos patotipos que rompen esta resistencia, es decir, que el uso de una variedad resistente a un patotipo, selecciona e incrementa la presencia de otro. Esto está sucediendo en Canarias donde en los últimos años se viene cultivando preferentemente la variedad «Cara» con resistencia poligénica al patotipo Ro1 y como consecuencia se ha incrementado el patotipo Pa2/3. En Inglaterra, por ejemplo, se recomienda a los agricultores efectuar plantaciones de prueba con pocas plantas de 2 variedades, «Maris Piper» y «King Edward», sembrando en varias zonas de parcelas infectadas, para inspeccionar en el mes de Julio las raíces y determinar el color de los quistes. La variedad «Maris Piper» (resistente a Ro1) podrá ser cultivada en ese terreno, si en sus raíces no aparecen quistes blancos, y solo aparecen quiste amarillos en las raíces de la variedad «King Edward».

8. NEMATODOS SEMIENDOPARÁSITOS SEDENTARIOS

Terminaremos con un ejemplo de este grupo, muy famoso por sus daños y su amplia distribución en todo el mundo: el nematodo específico de los cítricos *Tylenchulus semipenetrans*.

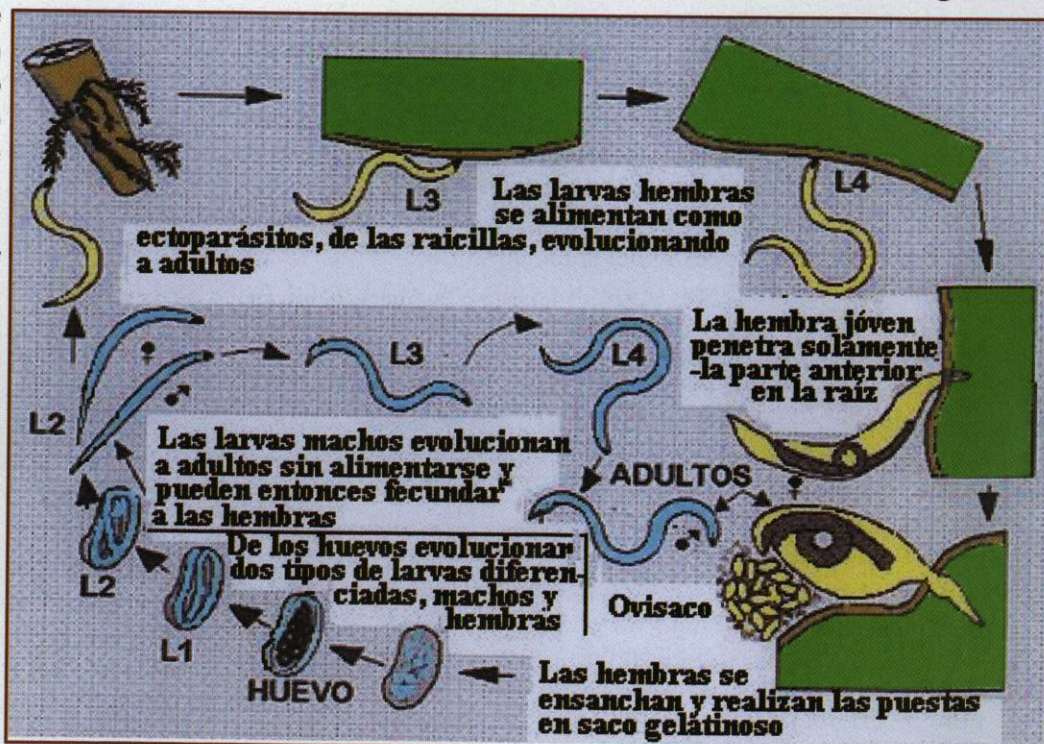
Su ciclo de vida se refleja en el esquema correspondiente, y como en los anteriores nematodos parásitos estudiados vemos, que las larvas que emergen de los huevos han alcanzado el segundo estado de la evolución (L₂) y son las únicas móviles e infectivas de las raicillas. En la emergencia de las L₂, en esta especie, ya hay diferenciación de sexos, es decir, larvas (L₂) hembras con la cola muy puntiaguda y larvas (L₂) machos con la cola menos puntiaguda. La evolución que siguen estos dos tipos de larvas una vez emergidas es distinta, pues mientras las larvas hembras evolucionan alimentándose como un ectoparásito de las raicillas, hasta alcanzar el estado de hembra adulta; las larvas

machos evolucionan hasta adultos sin alimentarse. Son las jóvenes hembras las que penetran solo la parte anterior de su cuerpo en el interior de las raíces (semiendoparásito) y allí se fijan, para ser fecundadas por los machos, su cuerpo se ensancha, y realizan la puesta de huevos en ovisaco gelatinoso, cumpliéndose el ciclo de huevo a huevo.

La duración del ciclo de vida como en todos estos gusanos microscópicos depende de la humedad y temperatura del suelo (óptima 25 grados), pero en esta especie se ha informado también de su dependencia del tipo de suelo. En suelos de aluvión es donde mas rápido evolucionan (63-84 días), seguidos por suelos arenosos (70-98 días), siendo mas lenta en suelos salinos (91-133 días) y calcáreos y alcalinos (98-140 días). También con respecto a la densidad de población del nematodo se ha citado una correlación, siendo mas altas en suelos de aluvión y arenosos y bajas en suelos salinos y alcalinos.

El ataque de continuadas y altas poblaciones del nematodo de los cítricos produce un lento declinamiento de los árboles conocido por «Slow decline». En principio los árboles manifiestan ramas con muerte regresiva y reducción del tamaño de los frutos, amarilleo de las hojas y defoliación, síntomas que lentamente se van agudizando hasta la total esqueletización de la copa y marchitez. El proceso realmente es lento pero la reducción de cosecha se manifiesta pronto. Según autores que han valorado los daños de este nematodo, la reducción del volumen total de las raíces puede llegar al 40% y al 50% el desarrollo de la planta.

Los síntomas en raíces son mas difíciles de distinguir y podrán descubrirse en las raicillas finas que normalmente se encuentran a poca profundidad. En ellas podríamos apreciar zonas con mas grosor de



lo normal debido a la acumulación de tierra que se adhiere a las masas gelatinosas de las puestas de huevos de las hembras. Las raicillas atacadas adquieren un tono oscuro y terminan pudriéndose.

Cuatro biotipos (patotipos) del nematodo de los cítricos han sido citados en el mundo, los cuales difieren en el rango de plantas huéspedes y su relativa virulencia, pero la mayor parte de las *Rutáceas spp* son susceptibles. Otras plantas huéspedes aparte de los *Citrus spp.* son : viña, olivo, lila, níspero, etc. No obstante se piensa que plantas huéspedes de este nematodo que no son *Rutáceas*, tienen poca importancia en el desarrollo de poblaciones ya que en huertos de suelo virgen donde se han establecido plantaciones de cítricos, raramente el problema del nematodo ha sido inmediato, lo cual sugiere que la infección no viene de la plantas nativas.

Pocas referencias existen de profundos estudios sobre dinámica de poblaciones y umbrales. Algunos datos obtenidos de la India apuntan que la rentabilidad de la aplicación de un nematocida comienza cuando se encuentra una densidad de población de 10.000 juveniles (larvas) por Kg de suelo. En Canarias son relativamente fáciles de encontrar poblaciones de 40.000 juveniles por 100 gramos de raíces y los árboles con ésta infección responden muy bien a tratamientos con nematocidas. Con respecto al incremento de las poblaciones, recientemente se la ha relacionado con la ausencia de micorrizas, ya que árboles micorrizados artificialmente han limitado el desarrollo del nematodo.

El control del nematodo de los cítricos sobre suelos infectados que se van a plantar o volver a plantar requiere el empleo de nematocidas fumigantes de preplantación tal como los dicloropropenos, bromuro de metilo. etc. En huertos establecidos han sido muy útiles los nematocidas de postplantación aldicarb, fenamifos y oxamilo, los cuales han producido incremento de la cosecha y del tamaño de los frutos.

El uso de patrones resistentes ha sido, y sigue siendo un método efectivo para el control de esta especie. Todos los patrones comercialmente aceptables con resistencia al nematodo de los cítricos, proceden de hibridaciones con *Poncyrus trifoliata*, y en estos se incluyen los Citranger Troyer y Carrizo, no obstante ya es bien conocido que la rotura de resistencia debida a nuevos patotipos, obliga a una constante búsqueda de nuevas fuentes de resistencia.

Por último señalar el gran esfuerzo investigativo en el control con enmiendas orgánicas, donde destaca la incorporación al suelo de quitina (Clandosan); el uso de incontables plantas antagonistas; y las buenas perspectivas de control biológico con microorganismos parásitos como hongos parásitos de huevos (p. e., *Paecilomyces lilacinus*) o bacterias parásitas de larvas y adultos (p. e., *Pasteuria penetrans*).

TABLA II

Nematodos parásitos de mayor importancia económica a nivel mundial de algunos cultivos comunes.

ALFALFA	
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nematodo del tallo
<i>Meloidogyne hapla</i>	Nódulos radiculares
<i>Meloidogyne incognita</i>	Idem
<i>Meloidogyne javanica</i>	Idem
<i>Paratylenchus spp.</i>	
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionantes
<i>Xiphinema spp.</i>	Nematodos de daga
ALGODON	
<i>Benololaimus longicaudatus</i>	Nematodos de aguijón
<i>Hoplolaimus galeatus</i>	Nematodo de lanceta
<i>Meloidogyne incognita</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrichodorus minor</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionantes
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme
<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	Nematodos del raquitismo
ARBOLES FRUTALES	
<i>Cacopaurus pestis</i>	Nematodo del nogal
<i>Criconemella spp.</i> (melocotón)	Nematodo anillado
<i>Longidorus spp.</i> (Frambuesa)	Nematodo de aguja
<i>Meloidogyne spp.</i> (manzano, peral, mmelocotón)	Nódulos radiculares
<i>Paratylenchus spp.</i> (manzano, peral)	
<i>Pratylenchus spp.</i> (Manzano, peral)	Nematodos lesionantes
<i>Tylenchulus spp.</i> (Olivo)	
<i>Xiphinema spp.</i> (peral, frambuesa, melocotón)	Nematodos de daga
ARROZ	
<i>Aphelenchoides besseyi</i>	Punta blanca del arroz
<i>Ditylenchus angustus</i>	Nematodo del arroz
<i>Heterodera oryzae</i>	Nematodo del quiste
<i>Hirschmanniella spp.</i>	
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
CAFE	
<i>Helicotylenchus spp.</i>	Nematodos en espiral
<i>Meloidogyne exigua</i>	Nódulos radiculares
<i>Meloidogyne incognita</i>	Nódulos radiculares
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	Lesionante cabeza lisa
<i>Pratylenchus coffeae</i>	Nematodo lesionante
<i>Radopholus similis</i>	Nematodo barrenador
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme
CEREALES	
<i>Anguina tritici</i> (Trigo, centeno)	Agallador de semilla
<i>Bidera avenae</i> (Avena, trigo)	
<i>Ditylenchus dipsaci</i> (Centeno, avena)	Nematodo del tallo
<i>Meloidogyne naasi</i> (Cebada, trigo, centeno)	Nódulos radiculares
<i>Paratylenchus spp.</i> (Trigo)	
<i>Pratylenchus spp.</i> (Avena, trigo, cebada, centeno)	Nematodos lesionante
<i>Tylenchorhynchus spp.</i> (Trigo, avena)	Nematodos del raquitismo

CESPEDES (GRAMINEAS)

<i>Benololaimus spp.</i>	Nematodos de aguijón
<i>Ditylenchus spp.</i>	Nematodos de tallo
<i>Longidorus spp.</i>	Nematodo de aguja
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrychodorus christiei</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Xiphinema spp.</i>	Nematodos de daga

CITRICOS

<i>Benololaimus longicaudatus</i>	Nematodo de aguijón
<i>Hemicycliophora arenaria</i>	Nematodo de vaina
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Radopholus citrophilus</i> (Solo en Florida, USA)	Nematodo de los cítricos
<i>Radopholus similis</i>	Nematodo barrenador
<i>Trichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nematodo de los cítricos
<i>Xiphinema spp.</i>	Nematodos de daga

FRESA Y OTROS FRUTOS PEQUEÑOS

<i>Aphelenchoide spp.</i> (Fresa, Fresones)	Nematodos foliares
<i>Longidorus spp.</i>	Nematodo de aguja
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrychodorus christiei</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Xiphinema spp.</i>	Nematodos de daga

JUDIAS Y GUISANTES

<i>Benololaimus spp.</i>	Nematodos de aguijón
<i>Helicotylenchus spp.</i>	Nematodos en espiral
<i>Heterodera spp.</i>	Nematodos de quistes
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrichodorus anemones</i>	Raíces en escobilla
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme
<i>Trichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla

MAIZ

<i>Hoplolaimus columbus</i>	Nematodo de lanceta
<i>Longidorus spp.</i>	Nematodo de aguja
<i>Paratrichodorus minor</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante

PAPA

<i>Ditylenchus spp.</i>	Nematodos de tallo
<i>Globodera pallida</i>	Nematodo del quiste
<i>Globodera rstochiensis</i>	Nematodo dorado, quiste
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Nacobbus aberrans</i>	Falso nematodo del nudo
<i>Paratrichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Trichodorus primitivus</i>	Raíces en escobilla

PIÑA

<i>Criconemella spp.</i>	Nematodo anillado
<i>Helicotylenchus spp.</i>	Nematodos en espiral
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrychodorus christiei</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme

PLATANERAS (BANANAS)

<i>Helicotylenchus multicinctus</i>	Nematodos en espiral
<i>Meloidogyne arenaria</i>	Nódulos radiculares
<i>Meloidogyne incognita</i>	Idem
<i>Meloidogyne javanica</i>	Idem
<i>Pratylenchus coffeae</i>	Nematodo lesionante
<i>Pratylenchus goodeyi</i>	Nematodo lesionante
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme
<i>Radopholus similis</i>	Nematodo lesionante

REMOLACHA AZUCARERA

<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nematodo del tallo
<i>Heterodera schachtii</i>	Nematodo del quiste
<i>Longidorus spp.</i>	Nematodo de aguja
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Nacobbus aberrans</i>	Falso nematodo del nudo
<i>Paratrichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Trichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla

SOJA

<i>Benololaimus spp.</i>	Nematodos de aguijón
<i>Heterodera glycines</i>	Nematodo del quiste
<i>Hoplolaimus columbus</i>	Nematodo de lanceta
<i>Meloidogyne incognita</i>	Nódulos radiculares
<i>Meloidogyne javanica</i>	Idem

TABACO

<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nematodo del tallo
<i>Globodera tabacum</i>	Nematodo del quiste
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Paratrichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Trichodorus spp.</i>	Raíces en escobilla
<i>Tylenchorhynchus claytoni</i>	Nematodo del raquitismo
<i>Xiphinema americanum</i>	Americano de daga

TOMATE

<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	Nematodos del raquitismo

TREBOL

<i>Heterodera trifolii</i>	Nematodo del quiste
<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares

VID

<i>Meloidogyne spp.</i>	Nódulos radiculares
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos lesionante
<i>Rotylenchulus reniforme</i>	Nematodo reniforme
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nematodo de los cítricos
<i>Xiphinema spp.</i>	Nematodos de daga

BIBLIOGRAFIA MAS IMPORTANTE CONSULTADA

- JATALA, P. 1981. Nematodos parásitos de la papa. Boletín de Información técnica 8. Centro Internacional de la papa. Lima. Perú
- KAPLAN, D.T. 1988. Nematodes diseases. Slow decline. *Compendium of Citrus diseases*. APS Press. USA.
- LO GIUDICE, V. 1985. Il Nematode degli agrumi *Tylenchulus semipenetrans*. IF.3: 23-27.
- MAI, W.F.; BRODIE, B.B.; HARRISON, M.B.; JATALA, P. 1981. Potato Cyst nematodes. *Compendium of Potato aDisesase*. APS PRESS. USA.
- NATIONAL INSTITUTE OF AGRICULTURAL BOTANY AND POTATO MARKETING BOARD.?. Potato Cyst Nematode (Cyst Eelworm). *Potato diseases*. Pag. 28. Englang.
- RODRIGUEZ, R. 1977-1978. «Los nematodos» pobladores microscópicos del suelo. *Xoba*, Vol. 1, 2, 3 y 4; 16-21, 66-69, 137-142 y 177-179.
- RODRIGUEZ, R. 1989. Los nematodos del género *Meloidogyne* en hortícolas, biología, daños y control. *Ponencias*. II Jornadas Nacionales de cultivos protegidos. Almería. España.
- RODRIGUEZ, R. 1990. Los Nematodos de la platanera (*Musa acuminata* AAA, subgrupo *Cavendish Enana*) en Canarias (1963-1984). *Xoba. Monografía 4*. Servicio Agrícola. Caja Insular de Ahorros de Canarias.
- SASSER, J.N. 1989. Plant-Parasitic Nematodes: The Farmer's Hidden Enemy. North Carolina State University. Raleigh. North Carolina.
- SIDDIQI, M.R. 1974. *Tylenchulus semipenetrans*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. Set. 3, No. 34.C.A.B. Englang.
- STONE, A.R.; HOLLIDAY, J.M.; MATHIAS, P.L.; PARROT, D.M. 1986. A Selective survey of potato cyst nematode pathotypes in Great Britain. *Plant Pathology* 35, 18-2

