



## C Problemas Nematológicos en el Cultivo de Peonías.

Andrés France I.

### 5.3.1 Introducción.

Los nematodos son organismos similares a las lombrices, pero sin segmentos en su cuerpo (Figura 1). La mayoría tiene formas vermiformes (largos y delgados con ambos extremos terminando en forma aguzada), pero también hay algunos con forma de pera o similares. La gran mayoría de las especies son de vida libre, alimentándose de microorganismos como bacterias, hongos y algas, lo cual contribuye a mantener en equilibrio estos organismos en el suelo. Una distribución aproximada, según hábito alimenticio, indica que 50% de las especies viven en ambientes acuáticos, 25% habitan en el suelo y son de vida libre, 15% parasitan animales y un 10% parasitan plantas.

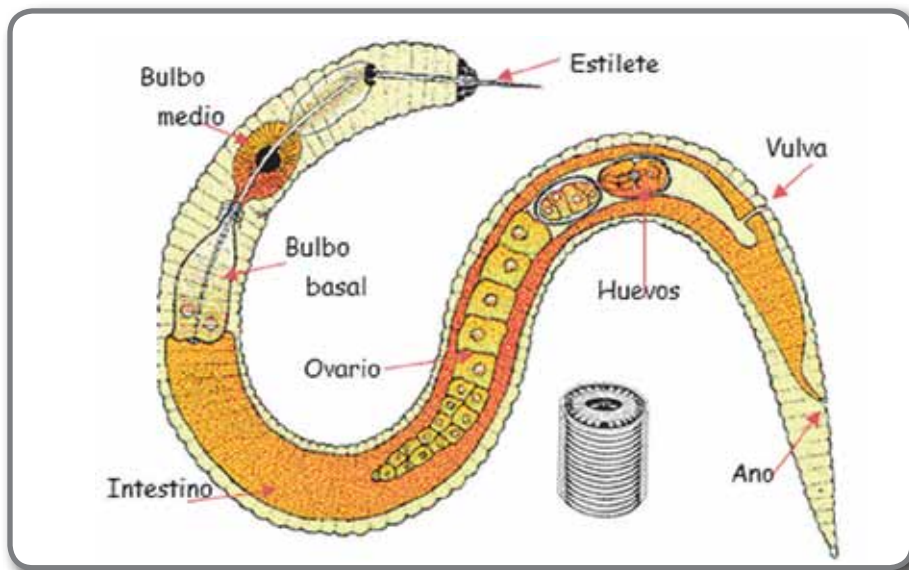
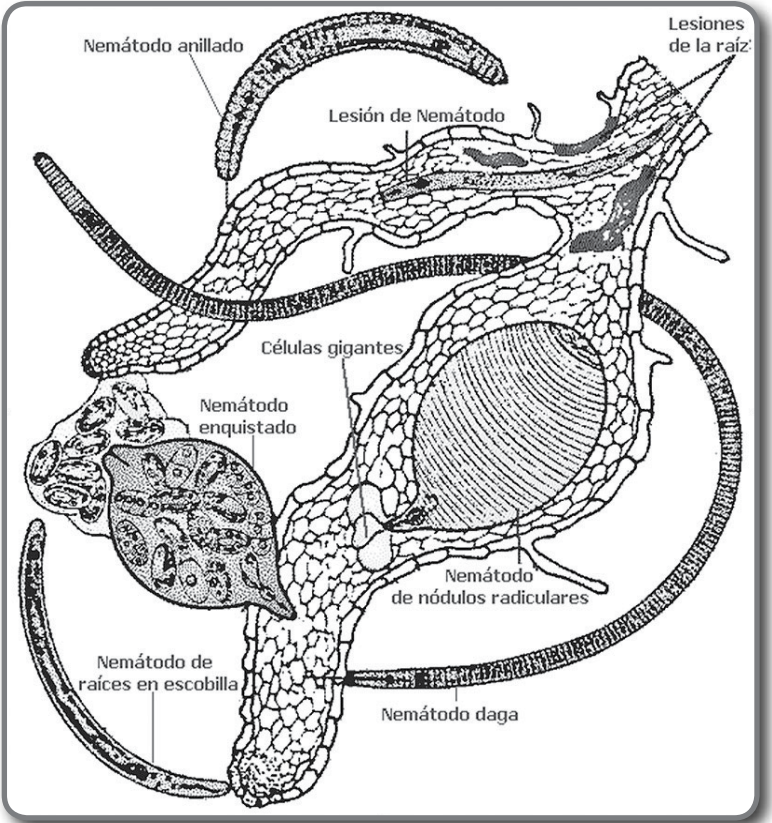


Figura 1. Morfología de un nemátodo fitoparásito y sus principales estructuras.

Los nemátodos que parasitan plantas son en general de tamaños pequeños, difíciles de ver sin equipos ópticos y poseen un estilete, estructura similar a una aguja hueca que permite perforar y sacar nutrientes del interior de las células. Algunas especies pueden alimentarse desde el exterior de las plantas y se les conoce como ectoparásitos (Figura 2). En cambio, otros se introducen dentro de las plantas y obtienen su alimento a medida que se desplazan dentro de los tejidos, causando un daño mayor que los anteriores. A estos nemátodos se les

denominan endoparásitos. Por último, existen los denominados sedentarios, aquellos que penetran parcial o totalmente dentro de la planta y de allí no se mueven más (Figura 2), éstos se alimentan exclusivamente de unas pocas células al alcance de su estilete, las cuales son modificadas por secreciones salivares y se transforman en células nodrizas, proveyendo de alimentos de por vida al nemátodo.



**Figura 2. Distintos tipos de relaciones alimenticias entre nemátodos y raíces (modificado de Viglierchio, 1991).**

Las peonías son afectadas por todos estos tipos de nemátodos, los que pueden causar importantes daños en el sistema radicular de las plantas, afectando la absorción de agua, nutrientes, calidad de las flores y longevidad del cultivo. El daño puede ser tanto directo, por la alimentación del nemátodo y deformación de las raíces, como indirecto por facilitar la transmisión de otros microorganismos, tales como hongos y virus.

La Región de La Araucanía no está exenta de estos organismos, detectándose la presencia de varios tipos de géneros de nemátodos fitoparásitos, desde muestras de suelo y raíces de peonías (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Nemátodos presentes en peonías en la Región de La Araucanía.**

Nombre común	Generos y especies	Tipo de Daño
Nemátodo agallador	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. hapla</i>	Agallas en raíces, muerte de raicillas, menor fotosíntesis.
Nemátodo de la lesiones	<i>Pratylenchus penetrans</i> , <i>P. neglectus</i> , <i>P. vulnus</i> , <i>P. thornei</i>	Lesiones de las raíces, reducción de vigor, marchitez.
Nemátodo alfiler	<i>Paratylenchus</i> sp.	Disminución de raíces secundarias.
Nemátodo espiral	<i>Helicotylenchus</i> sp.	Menor crecimiento.
Nemátodo reniforme	<i>Rotylenchus</i> sp.	Menor crecimiento y vigor.
Nemátodo daga	<i>Xiphinema index</i> , <i>X. americanum</i>	Deformación apical de raíces, transmisión de nepovirus.
Nemátodo anillado	<i>Mesocriconema</i> sp.	Detención del crecimiento y menor absorción de agua.

Los nemátodos más importantes para este cultivo son el nemátodo agallador (*Meloidogyne*), el nemátodo de las lesiones (*Pratylenchus*) y el nemátodo alfiler (*Xiphinema*), aunque este último aparece en baja frecuencia. Le siguen en importancia las especies de *Mesocriconema*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Rotylenchus*.

El diagnóstico de problemas nematológicos no es fácil, ya que no se produce un síntoma específico en la parte aérea, pudiendo confundirse con otros problemas, tales como falta de nutrientes y agua, enfermedades o insectos radicales. Los síntomas en raíces también son inespecíficos; excepto para el caso del nemátodo agallador, el cual produce nudosidades visibles en las raíces y que permiten su diagnóstico. Para el resto de los nemátodos es posible observar raíces con lesiones necróticas, deformaciones, raíces cortas, menor cantidad de pelos radicales o raicillas, síntomas que también pueden ser causados por otros microorganismos o condiciones físico-químicas del suelo. El diagnóstico correcto de los problemas nematológicos pasa necesariamente por el análisis de muestras de suelo y raíces, único método confiable para confirmar la presencia de estos organismos.

### 5.3.2. Nematodos de importancia en peonías.

#### 5.3.2.1 *Meloidogyne*.

Conocido como el nemátodo de las agallas, es sin duda el de mayor importancia para el cultivo. Existen sobre 80 especies descritas dentro de este género, las cuales pueden parasitar miles de plantas diferentes. En la Región de La Araucanía dos especies se encuentran afectando las peonías: *M. incognita* y *M. hapla*. Estos nemátodos son de hábito sedentario y sólo los juveniles de segundo estadio (J2) y machos adultos son móviles en el suelo. Los otros estadios (J3, J4 y hembras) permanecen en el interior de las raíces alimentándose de unas pocas células, las cuales son transformadas por las secreciones salivares del nemátodo en células gigantes. Estas células actúan como poderosas cisternas que atraen nutrientes hacia ellas desde las células sanas, permitiendo proveer de alimentos en forma continua al nemátodo. Las hembras tienen forma de peras y se encuentran completamente insertas en el tejido (Foto 1).

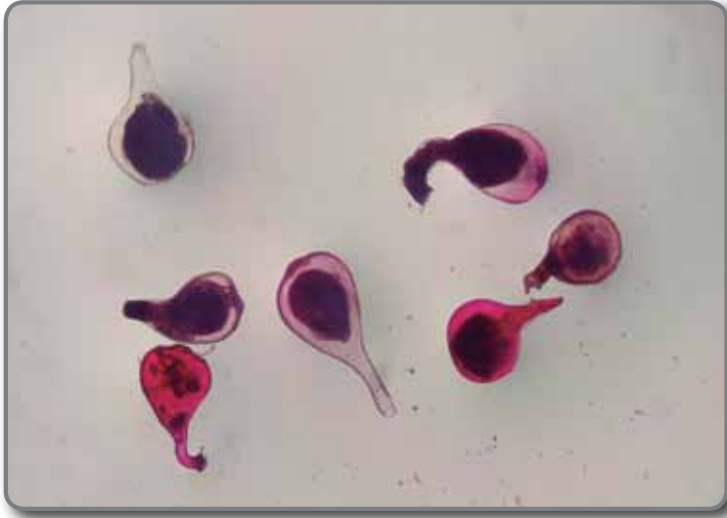


Foto 1. Hembras maduras de *Meloidogyne* teñidas con fuccinia.

### **Síntomas y daños.**

La transformación celular que provoca el nemátodo se conoce como hipertrofia, o aumento del tamaño celular, alrededor de estas células gigantes hay una gran cantidad de células más pequeñas, que proveen de nutrientes a las células hipertrofiadas. A este conjunto de células se le conoce como “agallas” y en la medida que más nemátodos se encuentran juntos y en mayor cantidad, más grande es el tamaño de la agalla (Foto 2). Los machos generalmente maduran y salen de la raíz, sin causar mayores daños, en cambio la hembra permanece alimentándose de por vida y manteniendo el estímulo para la formación de células gigantes. Estas hembras requieren grandes cantidades de nutrientes para la producción de huevos, por lo que se alimentan activamente de las raíces.



Foto 2. Síntomas de agallas en raíces de peonías causadas por *Meloidogyne*.





La importancia del nemátodo está en la reducción paulatina del crecimiento y rendimiento de flores, aumento de clorosis (Foto 3) y mayor susceptibilidad de la planta a otras enfermedades. Otro de los problemas de importancia es la gran facilidad de transmitir los nemátodos dentro de los tejidos de las raíces parasitadas, siendo ésta la principal causa de diseminación de *Meloidogyne*.



Foto 3. Plantas enanizadas por severo daño de *Meloidogyne* en raíces.

### 5.3.2.2 *Pratylenchus*.

Es considerado el segundo nemátodo fitoparásito de mayor importancia para la agricultura, después de *Meloidogyne*. Se caracterizan por ser vermiformes, endoparásitos migratorios y con una variada gama de hospederos. En peonías este nemátodo puede ser fácilmente transmitido en el interior de raíces afectadas. Las hembras grávidas oviponen tanto en raíces como en el suelo. Una vez que eclosa el estadio juvenil busca activamente otras raíces o se mueve en el interior de la raíz para alimentarse, produciendo lesiones internas a medida que va destruyendo las células. La mayoría de los huevos son colocados en el interior de las raíces, quedando protegidos de eventuales enemigos o controles sanitarios.

### *Síntomas y daños.*

Juveniles y adultos de *Pratylenchus* son capaces de debilitar la epidermis de las raíces con su estilete y presionar con la cabeza el área dañada para penetrar. Una vez que el nemátodo logra entrar a la raíz, otros nemátodos son atraídos a la misma zona para penetrar por el mismo lugar los tejidos radiculares, su gran flexibilidad les permite moverse dentro de las células y tejidos buscando nuevos sitios de alimentación (Foto 4).



**Foto 4. Hembra de *Pratylenchus*.**

Dentro de la raíz los nemátodos emigran al parénquima cortical, provocando en su paso lesiones extensas y alargadas como resultado de su alimentación y movimiento. Las lesiones radiculares, se oscurecen por la concentración de sustancias fenólicas producidas por las células dañadas, las cuales se observan externamente de color parduscas y similares a necrosis (Foto 5). Otros síntomas asociados al daño de *Pratylenchus* son estrés de plantas, clorosis foliar, áreas con poco crecimiento, muerte temprana de las hojas más viejas y falta de crecimiento.



**Foto 5. Lesiones necróticas en raíces de peonías a causa de *Pratylenchus*.**



Además, las infestaciones ocasionadas por *Pratylenchus* incrementan los síntomas de enfermedades ocasionados por otros agentes patógenos, especialmente aquellos provocados por hongos radiculares. Incluso estos nemátodos pueden cambiar la fisiología y reacción de resistencia de la planta a enfermedades, aumentando la susceptibilidad a otros patógenos radiculares o foliares.

### 5.3.2.3. *Xiphinema*.

Este es uno de los nemátodos más largos que afectan las plantas (Foto 6), poseen un amplio rango de hospederos como flores, árboles frutales y hortalizas. Tiene importancia no sólo por el daño directo que causa al alimentarse de las raíces, sino por la posibilidad de transmitir nepovirus. *Xiphinema* se encuentran de preferencia en suelos con texturas livianas o medias y se caracterizan por una gran longevidad, con ciclos de vida que duran alrededor de 3 años.

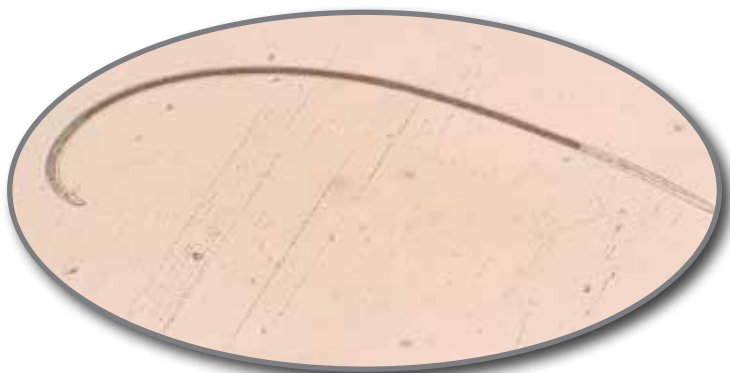


Foto 6. Adulto de *Xiphinema*.

### *Síntomas y daños.*

El resultado de los ataques por *Xiphinema*, son dramáticas reducciones en el crecimiento de las raíces. Algunos individuos pueden quedar inmóviles por un día entero alimentándose intermitentemente de la misma zona radicular, lo cual provoca detención del crecimiento y deformaciones de los ápices radiculares. Las raíces afectadas van adquiriendo formas de crochet o ganchos (Foto 7).



Foto 7. Raíces de peonías afectadas por *Xiphinema*.



*Xiphinema* tiene la capacidad de interactuar con otros patógenos como bacterias y hongos, los que invaden las lesiones ocasionadas por este nemátodo. Sin embargo, la interacción más importante es la transmisión de virus desde plantas enfermas a plantas sanas.

**5.3.2.4 Mesocriconema.**

Llamado nemátodo anillado, por los anchos anulares semejantes a anillos que rodean el cuerpo (Foto 8). Este ectoparásito se caracteriza por ser poco móvil y con un estilete largo y grueso, con el cual provoca grandes heridas en los sitios de alimentación. Los *Mesocriconemas* se adhieren a la epidermis de la raíz mientras el fuerte estilete penetra las células de los tejidos exteriores, ocasionalmente el nemátodo completo ingresa a la raíz. Se les encuentra usualmente en suelos arenosos con suficiente humedad. Las altas poblaciones de este nemátodo producen severos daños en las raíces parasitadas y síntomas similares a la falta de agua, pero en la Región de La Araucanía no se han visto altas poblaciones.

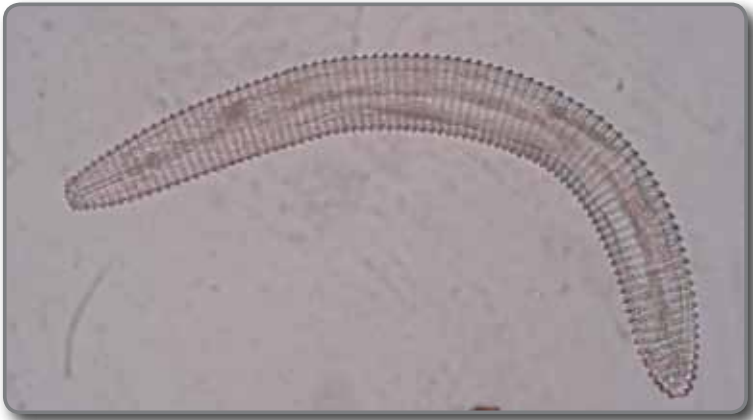


Foto 8. Adulto de *Mesocriconema*.

**Síntomas y daños.**

Este nemátodo produce lesiones necróticas en las raíces y heridas profundas que facilitan el ingreso de otros microorganismos del suelo, dañando secundariamente a las plantas ya parasitadas por el nemátodo. El daño está asociado, además, a un elevado estrés hídrico, baja cantidad de aminoácidos libres en raíces y tallos, cambios en las proporciones relativas de aminoácidos individuales y alteraciones en las concentraciones de glucósidos, lo cual produce menos reservas, flores más pequeñas y de menor duración de poscosecha.

**5.3.2.5 Paratylenchus.**

Las especies de este género son de tamaño pequeño, alargados y de estilete delicado. El daño de unos pocos individuos pasa desapercibido para la planta, pero con altas poblaciones los daños son notorios y disminuye la producción de ellas. Puede afectar numerosos hospederos, tales como especies de la familia Cruciferae y Umbeliferae, donde se encuentran importantes cultivos hortícolas y malezas frecuentes, alimentándose indistintamente de ellas.





En suelos afectados con este nemátodo, el efecto de un control de malezas obliga a que estos organismos se concentren en las peonías, hasta la aparición de nuevas malezas.

Este nemátodo posee la característica que el segundo y tercer estadio juvenil, así como las hembras, se alimentan de las raíces, pero el cuarto estadio juvenil posee atrofiado el estilete y sobrevive en el suelo por largos periodos sin alimentarse. Dicho estado requiere, para activarse, exudaciones de las raíces de los hospederos, lo que le permite mudar y pasar al estado adulto. Las mayores poblaciones de *Paratylenchus* se encuentran en suelos de textura fina.

### **Síntomas y daños.**

*Paratylenchus* inserta su estilete dentro de las células del epidermis o en la base de los pelos radiculares, los individuos pueden alimentarse en la misma célula por varios días sin matarla. Sin embargo, las altas concentración de nemátodos que se pueden encontrar en la Región de La Araucanía, pueden matar largas secciones de raíces. La menor superficie de raíces sanas influye en una menor absorción de nutrientes y agua desde el suelo, lo cual puede ser notado en la parte aérea como un menor vigor y producción. Además, los daños ocasionados por *Pratylenchus* pueden verse aumentados cuando se encuentra asociados a hongos radiculares.

### **5.3.2.6 Helicotylenchus.**

Es conocido como nemátodo espiral por su morfología, además posee una variada gama de hospederos, incluyendo cultivos anuales y frutales. Los nemátodos espiral penetran parte de su cuerpo dentro de la raíz y ocasionalmente entran por completo para alimentarse.

### **Síntomas y daños.**

Las lesiones ocasionadas por *Helicotylenchus* en la corteza de la raíz, es el resultado de la muerte de las células de las cuales se alimentan. A pesar que destruyen las células al alimentarse, estos nemátodos actúan generalmente solitarios, por lo cual el daño es relativamente leve con poblaciones moderadas. Sin embargo, al aumentar la población de *Helicotylenchus* en el suelo, los daños alcanzados por estos ectoparásitos en las raíces pueden resultar severos. Además, se han observado sinergismo cuando *Helicotylenchus* se asocia a bacterias del género *Pseudomonas*.

## **5.4 Control de nemátodos.**

El control efectivo de estos organismos se basa en la prevención de su presencia, mediante el uso de raíces y suelos libres de nemátodos, para lo cual es necesario la realización de análisis nematológicos previo a la plantación. En caso que los suelos estén contaminados con *Meloidogyne* y/o *Pratylenchus*, no debieran utilizarse o realizar un manejo previo a la plantación. Si estos nemátodos están presentes en las raíces entonces el problema es mayor. Como primera medida debiera rechazarse el uso de raíces contaminadas y sólo como última medida, hacer un tratamiento de erradicación mediante termoterapia, lo cual no tiene garantía de eliminación total.



Cuando se prepara el suelo se produce un daño importante en las poblaciones de nemátodos, sobretodo si esta actividad se realiza en días soleados, un laboreo intensivo es una buena medida para disminuir nemátodos. En aquellos casos en que pueda prepararse el suelo en verano, se puede realizar además la solarización. Esta consiste en mullir el suelo, luego regarlo a saturación y cubrir con plástico transparente por al menos un mes. Las temperaturas alcanzadas bajo el plástico son suficientes para eliminar nemátodos fitoparásitos. Complementario a lo anterior o por si solo, el uso de enmiendas orgánicas (compost, guano de ave o residuos de crucíferas) ayudan a controlar nemátodos.

Si se desconoce el origen de las raíces o se tienen poblaciones moderadas de nemátodos internos, se puede realizar termoterapia. Tal procedimiento debe ser muy cuidadoso con las temperaturas y los tiempos ya que se están calentando las raíces y ellas se pueden terminar cociendo. Un esquema general de la termoterapia se muestra en la figura 3.

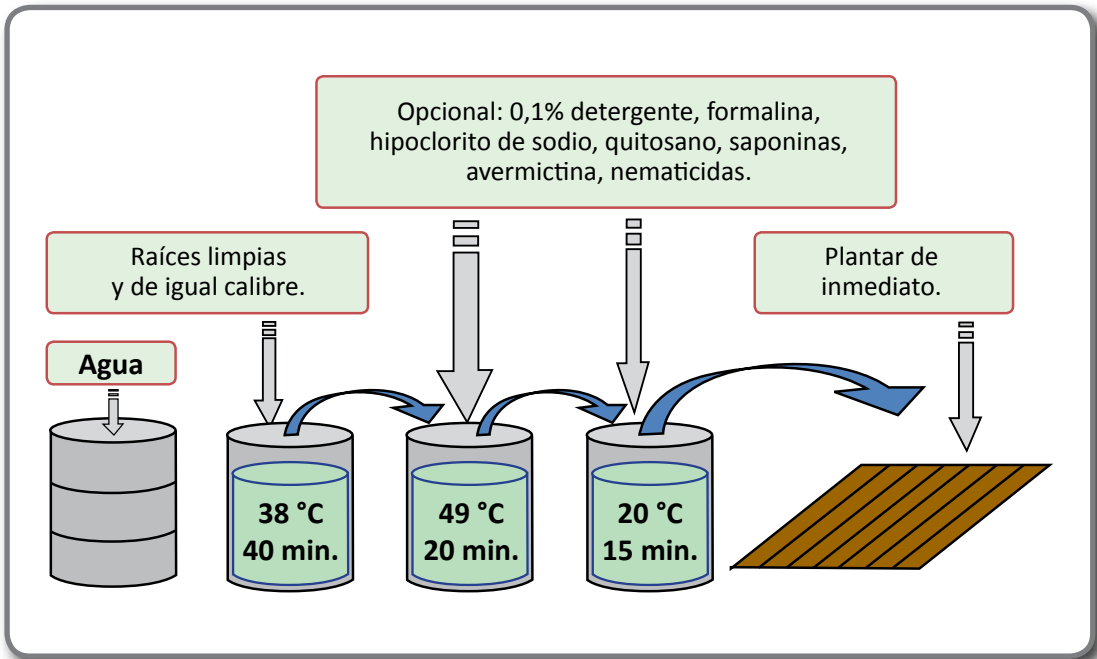


Figura 3. Esquema del proceso de termoterapia.

Una de las medidas más drásticas para el control de nemátodos es el uso de fumigantes de suelo, el que incluía el bromuro de metilo hasta su prohibición por razones ambientales. Otros fumigantes como el methan-sodio o el 1-3 dicloropropano son utilizados para el control, pero su principal problema está relacionado con el alto grado de toxicidad y daño que produce en la microflora y fauna del suelo, lo cual no los hace sustentables. Lo mismo ocurre con los nematicidas comerciales pertenecientes a carbamatos o fosforados, los cuales tienen altos niveles de toxicidad y afectan tanto nemátodos como fauna benéfica. Algunas excepciones son los de origen orgánico, como el Di-Tera y QL-Agri. En el cuadro 2 se incluye un listado de nematicidas, su modo de acción y nombres comerciales.



**Cuadro 2. Listado de productos nematicidas que se comercializan en Chile.**

Ingrediente activo	Modo de acción	Nombre comercial
Carbofuran	Carbamato sistémico	Carbodan, Curaterr, Carbofuran, Furadan
Ethoprop	Fosforado de contacto	Mocap
Fenamiphos	Fosforado sistémico	Nemacur
Cadusafos	Fosforado de contacto	Rugby 200CS
Metam sodio	Ditiocarbamato fumigante líquido	Raisan 50, Nemasol
Oxamyl	Carbamato sistémico	Vydate
Terbufos	Fosforado sistémico	Counter
Capsicina e Isotiocianato	Repelencia y contacto	Dasitol
Dazomet	Tiadiazinas fumigante	Basamid
Extracto de quillay	Saponinas, taninos y polifenoles de contacto	QL Agri 35
<i>Myrothecium verrucaria</i>	Toxina fungosa de contacto	DiTera
Quitosano	Derivado de quitina	Biorend, Bioriego
Tetratiocarbonato de sodio	Tiocarbonato de contacto	Enzone

Hay que tener presente que los nematicidas no controlan adecuadamente los nemátodos en suelos con texturas finas (arcilla), debido a una mala difusión del ingrediente activo, y en texturas gruesas la volatilización es demasiado rápida, por lo que se obtiene un menor efecto residual.

Dentro del control biológico existen hongos atrapadores de nemátodos, como son *Arthrobotrys*, *Hirsutella*, *Monoacrosporium*, *Nematoctonus* y *Paecilomyces* pero su uso comercial no está disponible en Chile o al menos no existen ensayos comerciales que lo demuestren. Sin embargo, el uso de compost es una buena forma de aportar estos tipos de organismos, además de otros que influyen en el control. Un compost bien terminado es rico en actinomicetes, *Bacillus*, hongos termófilos, artrópodos predadores y una fauna asociada que produce un control efectivo de nemátodos. Las aplicaciones anuales de compost es una buena medida para mantener las poblaciones de nemátodos indeseables controlados. También hay reportes de incorporación de *Pleurotus*, hongo comestible y cuyos residuos de producción de callampas pueden ser incorporados al suelo, que tienen propiedades nematológicas.



**Cuadro 3. Principales nemátodos de peonías.**

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Síntomas que producen	Importancia
Nemátodo agallador.	<i>Meloidogyne spp.</i>	Endoparásito sedentario.	Las hembras producen tumores radiculares.	Reducción paulatina del rendimiento, aumento de la susceptibilidad de la planta a otras enfermedades y disminución de la absorción de agua y nutrientes. También, gran facilidad de transmisión dentro de raíces parasitadas.
Nemátodo de las lesiones.	<i>Pratylenchus spp.</i>	Endoparásito migratorio.	Causa extensas necrosis en el sistema radicular a medida que se moviliza dentro de los tejidos de la raíz.	Su daño es tanto directo, al alimentarse de los tejidos, como indirecto, al disminuir la resistencia natural de la planta a enfermedades y dejar numerosas heridas o sitios de entrada para otros patógenos.
Nemátodo alfiler.	<i>Xiphinema spp.</i>	Ectoparásito migratorio.	Deformación de los ápices radiculares, formación de raíces tipo crochet.	El daño directo se puede considerar de menor importancia comparado con la transmisión de virus.
Nemátodos anillados.	<i>Mesocriconema spp.</i>	Ectoparásitos migratorios.	Poseen un largo estilete con el cual producen severas y extensas lesiones en las raíces.	Destrucción de ápices de crecimiento, cambios fisiológicos en toda la planta, tales como aumento de la susceptibilidad a la sequía, cambios en contenidos de azúcar y proteínas. El daño de este nemátodo es más notorio en verano con las altas temperaturas.
Nemátodos aguja	<i>Paratylenchus spp.</i>	Ectoparásitos migratorios.	Detención de crecimiento de los ápices radiculares.	No causan mayores daños salvo grandes poblaciones.
Nemátodos espiral	<i>Helicotylenchus spp.</i>	Ectoparásitos migratorios.	Lesiones radiculares.	Afectan numerosos huéspedes, especialmente árboles, en la zona del cortex de la raíz. Se consideran patógenos secundarios, pero con altas poblaciones se producen severos daños radiculares.





## **Glosario.**

**Agalla:** aumento del tamaño del tejido producto del mayor número de células o mayor tamaño de éstas.

**Clorosis:** pérdida de clorofila en los tejidos, lo cual le da un aspecto amarillo a las hojas.

**Ectoparásitos:** parásito que se nutre de su hospedante desde el exterior.

**Endoparásitos:** parásito que penetra en el hospedante y se alimenta de su interior.

**Hipertrofia:** aumento del tamaño de la célula.

**Hospedante:** planta que es invadida por un parásito y de la cual éste obtiene sus nutrientes.

**Parásito:** organismo que vive a expensas de otro organismo vivo (hospedante) y del cual obtiene sus nutrientes.

**Sedentarios:** que permanece en un sólo sitio; estacionario.

## **Bibliografía.**

Castillo, P. and N. Volvas. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Brill, Leiden, The Netherlands. 529 p.

Chen, Z., S. Chen and D. Dickson. 2004. *Nematology. Volume 2. Nematode management and utilization.* CABI Publishing, Wallingford, UK. 1284 p.

Perry, R., M. Moens and J. Starr. 2009. *Root knot nematodes.* CABI Publishing, Wallingford, UK. 488 p.

Rich, J., R. Dunn and J. Noling. 2004. Nematicides: Past and present uses. Pp. 1179-1200, in: Z. Chen, S. Chen and D. Dickson. *Nematology. Volume 2. Nematode management and utilization.* CABI Publishing, Wallingford, UK. 1284 p.

Viglierchio, D. 1991. *The world of Nematodes.* U. of California, Davis, USA. 266 p.