



Universidad Austral de Chile

---

Escuela de Agronomía

**Evaluación de las propiedades nematocidas de  
residuos foliares de ocho especies leñosas y  
semileñosas comunes del sur de Chile**

Memoria presentada como parte de los  
requisitos para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo

**Vanessa Pinto Andrade**

Valdivia – Chile

2009

PROFESOR PATROCINANTE:

---

Laura T. Böhm S.  
Ing. Agrónomo  
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

PROFESOR INFORMANTE:

---

Ricardo Fuentes P.  
Ing. Agr. Ms.Sc.  
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

PROFESOR INFORMANTE:

---

Peter Seemann F.  
Ing. Agr. Dr. Rer. Hort.  
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

*Dedicada a mi hijo*  
*Benjamín*

## **AGRADECIMIENTOS**

Para comenzar quisiera agradecer a mi profesora patrocinante, Sra. Laura Böhm por su paciencia, apoyo y consejos los cuales me dieron fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles y sobre todo gracias por creer en mí.

A mi marido, por su amor y entrega, gracias por ser un gran padre y cuidar con esmero de nuestro hijo mientras no estuve, este logro también te pertenece.

Agradecer a mi madre por su esfuerzo, se que la espera fue larga, pero finalmente valió la pena.

También quisiera compartir este momento con todos aquellos familiares y amigos que de una u otra forma me apoyaron y acompañaron en esta etapa de mi vida.

Finalmente agradecer a Dios por estar a mi lado en cada minuto de mi vida.

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMMARY	3
1	INTRODUCCIÓN	4
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	El género <i>Meloidogyne</i>	6
2.2	<i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood (1949)	6
2.2.1	Descripción taxonómica	6
2.2.2	Descripción morfológica	7
2.2.3	Biología y parasitismo	7
2.2.4	Distribución geográfica y diseminación	8
2.2.5	Hospederos	9
2.2.6	Efecto y daño en plantas	9
2.2.7	Control y prevención	10
2.3	Control natural o alternativo	10
2.3.1	Uso de plantas antagónicas	10
2.3.1.1	Uso de enmiendas orgánicas en el control de nemátodos	11
2.3.2	Plantas con acción nematocida hacia especies de <i>Meloidogyne</i>	12
3	MATERIAL Y METODOS	13
3.1	Material	13
3.1.1	Material vegetal	13

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
3.1.2	Sustrato	13
3.1.3	Inóculo de <i>Meloidogyne hapla</i>	13
3.1.4	Material de laboratorio	13
3.1.5	Equipos	13
3.2	Método	14
3.2.1	Recolección de las especies leñosas	14
3.2.2	Preparación del tejido fresco de cada especie vegetal	14
3.2.3	Preparación del sustrato	14
3.2.3.1	Análisis nematológico del suelo	15
3.2.4	Distribución y preparación de macetas	15
3.2.5	Obtención del inóculo de <i>M. hapla</i>	15
3.2.6	Inoculación de huevos y juveniles en las macetas	16
3.2.7	Mantenimiento de las plantas	16
3.2.8	Duración del ensayo	17
3.2.9	Evaluaciones	17
3.3	Diseño y análisis estadístico	18
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	19
4.1	Índice de agallamiento	19
4.2	Total de propágulos de <i>M. hapla</i> recuperados por planta	22
4.3	Efecto de los sustratos y de <i>M. hapla</i> en el desarrollo de plantas de lechuga	25
4.3.1	Altura de plantas	27
4.3.2	Número de hojas	29
4.3.3	Peso seco aéreo	31

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
4.3.4	Volumen radical	32
4.3.5	Peso fresco radical	34
4.3.6	Longitud radical	36
5	CONCLUSIONES	39
6	BIBLIOGRAFÍA	40
7	ANEXOS	46

**INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo	14
2	Análisis nematológico del suelo utilizado en el ensayo	15
3	Tratamientos del ensayo	16
4	Índices de agallamiento de raíces	17
5	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar de especies arbóreas y arbustivas en el índice de agallamiento de <i>M. hapla</i> en plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	19
6	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas en el número de huevos y juveniles de <i>M. hapla</i> formados por planta de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	23
7	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de <i>M. hapla</i> en el desarrollo de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	26
8	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre la altura (cm) de plantas de lechuga	28
9	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre el número de hojas de plantas de lechuga	30
10	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre el peso seco aéreo (gr) de plantas de lechuga	32
11	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre el volumen radical (ml) de plantas de lechuga	34



<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
12	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre el peso fresco radical (gr) de plantas de lechuga	36
13	Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de <i>M. hapla</i> sobre la longitud radical (cm) de plantas de lechuga	38

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Efecto de la concentración (1%, 2,5% y 5%) de hojas frescas de especies arbóreas y arbustivas incorporadas al sustrato en el índice de agallamiento de plantas de lechuga	22
2	Efecto de la concentración (1%, 2,5% y 5%) de hojas frescas de especies arbóreas y arbustivas incorporadas al sustrato en el total de propágulos (huevos y juveniles) formados por planta de lechuga	25
3	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en la altura (cm) de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	27
4	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en el número de hojas de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	29
5	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en el peso seco aéreo (gr) de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	31
6	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en el volumen radical (ml) de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	33
7	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en el peso fresco radical (gr) de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	35

Figura		Página
8	Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con <i>M. hapla</i> en la longitud radical (cm) de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> )	37

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en el total de propágulos (nº huevos y juveniles)	46
2	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en el total de propágulos (nº huevos y juveniles)	46
3	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre la altura de plantas (cm)	46
4	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el peso seco aéreo (gr)	47
5	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el volumen radical (ml)	47
6	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el peso fresco radical (gr)	47
7	Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre la longitud radical (cm)	47
8	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre la altura de plantas (cm)	48

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
9	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el peso seco aéreo (gr)	48
10	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el volumen radical (ml)	48
11	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre el peso fresco radical (gr)	48
12	Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de <i>M. hapla</i> sobre la longitud radical(cm)	49

## RESUMEN

*Meloidogyne hapla* Chitwood ha adquirido cada vez mas importancia en la zona sur de Chile donde infesta, entre otros, cultivos de papa, remolacha, y praderas, así como especies hortícolas como arvejas, zanahorias, repollo y lechuga; además, en los últimos años se ha detectado una alta incidencia en peonías y arándanos. Su control tradicionalmente se basa en la combinación de diversas prácticas culturales y la aplicación de nematicidas; a nivel mundial se ha buscado alternativas menos contaminantes para el control de nemátodos fitoparásitos, destacando la incorporación al sustrato de cultivo de restos vegetales o de extractos de plantas. Considerando la riqueza de la flora de la zona sur y la necesidad de alternativas de control de nemátodos más amigables con el medio ambiente esta investigación plantea como objetivo evaluar el efecto sobre el control de *M. hapla* y el desarrollo de plantas de lechuga de la incorporación al sustrato de tres concentraciones de hojas de *Luma apiculata* (DC) Burret (arrayán), *Drymis winteri* J.R. Forst & G. Forst (canelo), *Maytenus boaria* Mol. (maitén), *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz (maqui), *Gevuina avellana* Mol. (avellano), *Ugni molinae* Turcz (murta), *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) y *Laurelia sempervirens* Ruiz et Pav. Tul. (laurel).

Las hojas de cada especie se incorporaron trozadas (>1mm) en base a tres concentraciones (1%, 2,5% y 5%) en 250 macetas de 220mL conteniendo como sustrato tierra de compost vegetal y arena en relación 2:1, dejándolo interactuar durante 15 días. Transcurridos este tiempo en cada maceta se transplantó una planta de lechuga cv. Reina de Mayo de 5 cm altura. La mitad de las macetas se inoculó con una suspensión fresca de huevos y juveniles de *M. hapla* y las restantes con agua destilada. El ensayo se mantuvo en invernadero con riego periódico durante 40 días. El efecto del follaje fresco sobre *M. hapla* se evaluó determinando el índice de agallamiento en raíces en base a dos escalas una porcentual y otra numérica y el número de huevos y juveniles obtenidos por planta. Paralelamente se evaluó el efecto del tejido fresco sobre el desarrollo aéreo y radical de las plantas.

De acuerdo a los resultados obtenidos la incorporación de tejido de las ocho especies arbóreas y arbustivas disminuyó en forma significativa el agallamiento por *M. hapla* de las raíces de lechuga para ambas escalas de evaluación, como también el número de huevos y juveniles recuperados por planta. Además las tres concentraciones de follaje fresco para todas las especies evaluadas tuvieron un efecto significativo, mostrando la concentración 5% para los tejidos de maitén y laurel las mejores respuestas sobre los índices de agallamiento A (nº) y B (%) respectivamente, de igual manera tejidos de laurel y además canelo al 5% presentaron la mayor disminución en el total de propágulos. En cuanto a los parámetros de desarrollo de plantas, la altura de plantas de lechuga, el peso seco aéreo, el volumen de raíces y el peso fresco radical fueron afectados por el residuo foliar de casi todas las especies en estudio. Por el contrario el follaje fresco incorporado al sustrato no afectó el número de hojas y longitud radical para todos los casos.

Cabe destacar que esta investigación representa una primera evaluación del efecto nematicida de estas especies, lo que hace necesario llevar a cabo otros estudios que involucren no solo otras especies locales y otros tejidos, sino que además ver el efecto hacia otras especies de nemátodos de importancia en la zona.

## SUMMARY

*Meloidogyne hapla* Chitwood has regularly acquired more relevance in the southern Chile where is infesting potato, sugar beet, meadows and species horticultural as pets, carrots, cabagge and lettuce, among others; besides, in the last years it has been detected its high impact on peonies and blueberries. Control is traditionally based on the combination of several cultural practices and the application of nematicides; it is been world-wide searched for less pollutant alternatives so as to control the plant-parasitic nematodes, enhancing the incorporation in soil of crop residues and plants extracts. Taking into account the richness of the southern flora and the need of environmental-friendlier control alternatives of nematodes, this research has as objective to assess the effect on the control of the *Meloidogyne hapla* and the growing of lettuce plants after having incorporated to the soil three concentrations of leaf extracts: the *Luma apiculata* (DC) Burret , *Drymis winteri* J.R. Forst & G. Forst , *Maytenus boaria* Mol. , *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz , *Gevuina avellana* Mol., *Ugni Mollinae* Turcz, *Eucalyptus globulus* Labill and *Laurelia sempervirens* Ruiz et Pav. Tul.

The leaves of each species were incorporated into pieces (>1mm) in soil based on three concentrations (1%, 2,5% y 5%) in 250 pots of 220mL containing a mixture of plant compost and sand (2:1), being left in interaction for 15 days. After this period it was planted in each pot a lettuce plant cv. Reina de Mayo of 5 cm. high. A 50% of the pots were inoculated with a fresh suspension of eggs and juveniles of *M. hapla* and the others with distilled water. The trial was kept in a greenhouse being periodically watered for 40 days. The effect on the fresh foliage on the *M. hapla* was evaluated determining root galling indices based on two scales one in percentage term and the other numerical, besides the numbers of eggs and juveniles obtained from each plant. In parallel, it was evaluated the effect on the fresh plant tissue over the air and radical growth of the plants.

According to the results, the incorporation of tissue of the eight species made the lettuce root galling caused by the *M. hapla* decrease significantly in both measuring scales, as well as the numbers of eggs and juveniles recovered from each plant. The three concentrations of fresh foliage also had a significant effect for all the evaluated species, showing the concentration of 5% on the tissues of the maitén and laurel the best results in relation with root galling indices A (nº) y B (%) respectively, in the same way the tissues of *Laurelia sempervirens* and *Drymis winteri* at 5% showed the greatest fall in the total of propagules. As regards the parameters in the growth of plants, the height of the lettuce plants, the dry air weight and their root volume and weight, were affected by the fresh tissue of all the species being studied. On the contrary, the fresh foliage incorporated to the soil made the numbers of leaves and radical volume in all the cases diminished significantly.

It is worth noting that this research represents a first evaluation of the nematicide effect on these species, which makes necessary that further studies can be done not only of local species and tissues, but the impact of other species of nematodes of significance in the area.



## 1 INTRODUCCION

Las especies del género *Meloidogyne*, conocidas comúnmente como “nematodo de las agallas radiculares” o “nematodo del nudo de la raíz” afectan a la mayoría de las especies vegetales cultivadas a nivel mundial, pudiendo provocar en algunos casos daños de tal consideración que impiden una producción económicamente viable.

En Chile, específicamente en la zona sur, una de las especies del género que predomina es *Meloidogyne hapla*, infestando, entre otros, plantas de vivero, cultivos de papa, remolacha, tréboles, cultivos hortícolas como arvejas, tomate, lechuga y zanahoria; durante los últimos años se han detectado severas infestaciones en plantaciones de arándanos y peonías.

Entre los métodos utilizados para el control de las especies de *Meloidogyne* están la aplicación de nematicidas químicos y prácticas culturales tales como: incorporación de materia orgánica al suelo, uso de material vegetal sano, rotación de cultivos y utilización de variedades resistentes.

El uso de nematicidas químicos para el control de nematodos ha tenido un rol importante en la agricultura, sin embargo han sido cuestionados por su impacto en el medio ambiente y se prevé que algunos de ellos no se encontrarían disponibles debido a su alta toxicidad para seres vivos y agroecosistemas.

Por esta razón surge la necesidad de buscar nuevas alternativas de control que en la práctica sean económicas y sustentables. Una estrategia que puede ser utilizada y que ha sido motivo de diversas investigaciones en todo el mundo es el uso de plantas antagonicas a los nematodos; estas especies, en general, se caracterizan por presentar altas concentraciones de taninos, fenoles y alcaloides, entre otros compuestos. Como estas características también las presentan muchas de las especies leñosas o semileñosas comunes en la zona sur de Chile, el presente trabajo plantea como hipótesis que compuestos presentes en las hojas de las especies en estudio tendrían un efecto nematicida hacia *Meloidogyne hapla*.

Objetivo general:

- Evaluar la actividad nematicida del tejido foliar de ocho especies leñosas presentes en la zona Sur de Chile.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la incorporación de tejido fresco de hojas de: *Luma apiculata* (DC) Burret (arrayán), *Drymis winteri* J.R. Forst & G. Forst (canelo), *Maytenus boaria* Mol. (maitén), *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz (maqui), *Gevuina avellana* Mol. (avellano), *Ugni molinae* Turcz (murta), *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) y *Laurelia sempervirens* Ruiz et Pav. Tul. (laurel) sobre la capacidad de infestación de *M. hapla*.

- Evaluar el efecto sobre plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de la incorporación al sustrato de hojas frescas trituradas de cada una de las especies en estudio
- Determinar el efecto sobre *M. hapla* de tres concentraciones de hojas de cada especie vegetal.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 *Meloidogyne sp.*

Corresponde a uno de los géneros de nemátodos fitoparásitos de mayor distribución e importancia a nivel mundial, atacando a más de 2000 especies de plantas, siendo la mayoría especies cultivadas (SASSER, 1989 y AGRIOS, 1996). De acuerdo a HUSSEY y JANSSEN (2002) solamente este género causa aproximadamente un 5 % de pérdidas en la producción de cultivos a nivel mundial.

El género fue identificado por primera vez por Chitwood en el año 1949, y su nombre deriva del griego que significa hembras hinchadas como una manzana (MAGUNACELAYA Y DAGNINO, 1999).

Debido a los síntomas que provocan, a las especies de *Meloidogyne* se les conoce individualmente como “nemátodos de las agallas radiculares” o “nemátodo del nudo de la raíz” ya que el tejido afectado muestra un sobrecrecimiento a causa de la hiperplasia e hipertrofia celular, la cual se aprecia externamente como nudosidades o agallas en raíces y otros órganos subterráneos (EISENBACK Y TRIANTAPHYLLOU, 1991).

En Chile las especies más importantes del género son: *M. incognita*, *M. hapla*, *M. javanica* y *M. arenaria* (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

### 2.2 *Meloidogyne hapla* Chitwood (1949).

Corresponde a la especie predominante en la zona sur de Chile junto a *M. incognita*, infestando habitualmente cultivos de papa y remolacha; sin embargo, también puede encontrarse infestando otras especies como tomate, lechuga, arveja, zanahoria, ajo chilote entre otras (BÖHM, 1986 y MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999). Además BARRIA (1997) señala su amplia distribución en praderas de la zona, especialmente en tréboles.

Tanto HUSSEY y JANSSEN (2002) como THORNE (1961) señalan que *M. hapla*, a diferencia de otras especies del género, frecuentemente produce agallas más pequeñas, las que se caracterizan por tener numerosas raicillas laterales, dando la apariencia de arañas.

**2.2.1 Descripción taxonómica.** De acuerdo a PERRY y MOENS (2006) la clasificación de *M. hapla* corresponde a:

Phylum	:	Nematodo
Clase	:	Chromadoria
Orden	:	Rhabditida
Suborden	:	Tylenchina

Superfamilia	:	Tylenchoidea
Familia	:	Meloidogynidae
Subfamilia	:	Meloidogyninae
Género	:	<i>Meloidogyne</i>
Especie	:	<i>Meloidogyne hapla</i>

**2.2.2 Descripción morfológica.** Según JEPSON (1987) el cuerpo de la hembra es globoso con un cuello corto. Posee un estilete ligeramente curvado con una longitud entre 13-17 $\mu$  y nódulos redondeados (SOUTHEY, 1978) y la longitud de su cuerpo es de 0.5 a 0.8 mm (DROPKIN, 1980). En los cortes perineales presenta un carácter no encontrado en otras especies del género, como es la presencia de puntuaciones al final de la cola (HUSSEY y JANSSEN, 2002); otra característica típica de la especie es que las áreas laterales pueden estar marcadas y las estrías forman alas en uno o ambos lados del diseño perineal (THORNE, 1961).

Los machos son móviles y vermiformes al igual que el segundo estado juvenil, con un estilete de punta aguda cuya longitud es de 20 a 25  $\mu$  y nódulos pequeños y redondeados; la longitud de éste es de aproximadamente 1,1 mm (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999; HUSSEY y JANSSEN, 2002).

Los juveniles de segundo estado tienen una longitud de 0,4 a 0,5 mm con un estilete delicado (EISENBACK 1985).

**2.2.3 Biología y parasitismo.** Al igual que las otras especies del género, *M. hapla* es un endoparásito sedentario, que presenta un hábito de alimentación especializado y complejo (HUSSEY, 1985). Según CHRISTIE (1974) el macho es un endoparásito sedentario únicamente durante su desarrollo larvario, en cambio la hembra durante toda su vida.

La única etapa en que el nemátodo se encuentra libre, móvil e infestivo en el suelo es el juvenil II, el cual, luego de sufrir la primera muda dentro del huevo emerge al exterior (AGRIOS, 1996 y HUSSEY y JANSSEN, 2002). La larva o juvenil II se mueve a través del suelo en busca de una raíz susceptible, atraídas a las zonas apicales por las sustancias presentes en ésta, o exudados radicales (NORTON, 1978 y TAYLOR y SASSER, 1983).

Luego de penetrar por la zona apical el juvenil II se moviliza entre las células hasta instalarse en el tejido alrededor de los haces vasculares, es decir en la zona de diferenciación del cilindro vascular (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999 y WYSS *et al.*, 1992).

Al pinchar con el estilete el nemátodo inyecta secreciones enzimáticas producidas en las glándulas esofágicas, como respuesta a ello las células vegetales se comienzan a modificar, aumentando en tamaño y sufriendo sucesivas divisiones sin alcanzar a formar paredes celulares, transformándose de esta forma en células gigantes cuya función es servir de fuente alimenticia al nemátodo (HOFMAN y GRUNDLER, 2007).

HUSSEY y JANSSEN (2002) y SOUTHEY (1978) señalan que la alimentación del nematodo se limita a las células que rodean su cabeza; para la alimentación realiza punciones sucesivas del estilete inyectando saliva la cual posee compuestos, probablemente precursores de ácido indol acético (HUSSEY y JANSSEN, 2002) que estimulan la formación de “células gigantes” las que son usadas para su alimentación. Además, los tejidos vegetales cercanos al sitio de alimentación sufren hiperplasia e hipertrofia formándose las agallas o nudosidades (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999; CAILLEAUD *et al.*, 2007).

Una vez establecido, el juvenil II comienza a engrosar su cuerpo y sufre dos mudas sucesivas pasando por los estados juveniles III y IV para que después de una cuarta muda alcanzar el estado adulto (WYSS *et al.*, 1992). Este proceso puede ocurrir en un lapso variable de tiempo de 20 a 40 días dependiendo del alimento disponible, es decir de la respuesta del vegetal a su infección (HUSSEY y JANSSEN, 2002). SASSER (1989) señala que cuando las condiciones de desarrollo son óptimas predominan las hembras, las que se caracterizan por ser blancas, globosas y con un cuello prominente. En cambio cuando las condiciones son adversas muchos de los estados juveniles en desarrollo llegan a ser machos (SIDDIQI, 1986).

La hembra deposita sus huevos en una matriz gelatinosa y los mantiene en una masa o saco de huevos adheridos a la parte posterior de su cuerpo, la que puede contener hasta 1500 huevos (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999; TAYLOR y SASSER, 1983). Tanto HUSSEY y JANSSEN (2002) como SOUTHEY (1978) indican que los huevos pueden ser depositados dentro o fuera del tejido de la raíz e incubarse inmediatamente, o bajo condiciones poco favorables mantenerse latentes.

Así, el nemátodo puede sobrevivir como juveniles o hembra dentro del tejido de raíces, tubérculos o rizomas, pero principalmente como huevo en las masas gelatinosas o como juveniles de segundo estado, libres en el suelo o en residuo de plantas. Estos juveniles pueden sobrevivir en el suelo en estado de quiescencia por largos períodos de tiempo (HUSSEY y JANSSEN, 2002 y MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

El desarrollo de *M. hapla* al igual que el de otras especies del género está influenciado mayoritariamente por la temperatura; a mayor temperatura disminuye el tiempo entre un estado y otro (INSERRA *et al.*, 1985). AGRIOS (1996) señala que para completar el ciclo de vida se requiere de una temperatura de 27°C por 27 días. Sin embargo MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999) indican que *M. hapla* tiene preferencias por temperaturas un poco más bajas que las otras especies. Al respecto BARRIA (1997) encontró que para poblaciones de *M. hapla* obtenidas de praderas en la zona de Valdivia, el ciclo de vida ocurría en menos de 20 días cuando la temperatura era de 20° C.

**2.2.4 Distribución geográfica y diseminación.** Los nemátodos pertenecientes al género *Meloidogyne*, se encuentran en todo el mundo pero con mayor abundancia en regiones con clima templado; además, son frecuentes en invernaderos con suelos no esterilizados (HUSSEY y JANSSEN, 2002 y AGRIOS, 1996). PLOWRIGTH *et al.* (2002) señalan que *M. hapla* es una especie cosmopolita que ha sido reportada en todos los continentes.

MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999) explican que entre las diferentes especies existen preferencias por ciertas características climáticas que determinan su predominio en determinadas regiones y cultivos de Chile. Los mismos autores, señalan que los nemátodos formadores de agallas se pueden dispersar a través de agua de riego, suelo adherido a los equipos agrícolas, y herramientas. Además, *M. hapla* se puede dispersar extensamente por medio de semilla de papa y material vegetal (THORNE, 1961).

**2.2.5 Hospederos.** Se ha determinado que *M. hapla* es un fitoparásito de amplio espectro y al igual que las otras especies de este género pueden atacar cultivos hortícolas, ornamentales, frutales, forestales, hierbas y muchas malezas (HUSSEY y JANSSEN, 2002; SASSER; 1989; CHRISTIE, 1974)

Esta especie es encontrada a menudo en tubérculos de papa, aunque aparece frecuentemente en plantas de tomate, peonías, leguminosas forrajeras, lechuga y otras especies cultivadas y también es frecuente de encontrar en viveros (SASSER, 1977; THORNE, 1961).

**2.2.6 Efecto y daño en plantas.** Las larvas de *Meloidogyne* al entrar a las raíces y otras estructuras subterráneas producen lesiones mecánicas leves, a no ser que un gran número de éstas penetre un espacio limitado (HUSSEY, 1985; CHRISTIE, 1974). Sin embargo, como señala SASSER (1989), las heridas provocadas en las raíces se convierten en una vía de ingreso para otros patógenos presentes en el suelo como por ejemplo infecciones de *Fusarium* (MAI y ABAWI, 1987). Una vez ingresado a raíces, debido al crecimiento del individuo y al hecho que por su alimentación secreta sustancias inductoras del desarrollo de hiperplasia e hipertrofia celular, el sistema vascular de la planta alrededor del sitio de alimentación colapsa (HUSSEY, 1985; HUSSEY y JANSSEN, 2002), provocando un daño directo al interrumpir el flujo normal de agua y nutrientes (YEATES, 1998).

TAYLOR y SASSER (1983) señalan que los efectos provocados por la infección de *Meloidogyne* en el desarrollo de las plantas, pueden clasificarse en efectos físicos, como son el acortamiento y deformación de las raíces y efectos fisiológicos como la disminución o pérdida de eficiencia radicular y la reducción en crecimiento y rendimiento.

Los síntomas aéreos de las plantas infectadas por este nemátodo son similares a los que presenta una planta con otro tipo de daño en las raíces, tales como: desarrollo deficiente, inhibición de la brotación, clorosis del follaje y marchitamiento temporal, disminución en la producción y hasta pérdida de ésta (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999; SASSER, 1989).

AGRIOS (1996) y DROPKIN (1980) señalan que los síntomas más característicos de la enfermedad son los que aparecen sobre las raíces y órganos subterráneos de las plantas, formándose las agallas o nudos radicales, las cuales alteran el crecimiento, disminuyendo la capacidad de absorción de agua y nutrientes.

**2.2.7 Control y prevención.** El manejo tradicional para la prevención y el control de la infestación de las especies de *Meloidogyne* se basa principalmente en el uso de productos químicos y prácticas culturales; entre éstas últimas destaca el barbecho, las rotaciones con cultivos no hospederos y la incorporación de materia orgánica, pero principalmente la utilización de material vegetal sano y uso de variedades resistentes (EISENBACK, 1985 y HUSSEY y JANSSEN, 2002).

Los nematicidas son una alternativa atractiva para el control de nemátodos fitopatógenos; sin embargo, éstos no son selectivos por lo cual afectan también a especies no fitoparásitas que ayudan a regular las poblaciones de los nemátodos fitoparásitos (VAN DER PUTTEN *et al.*, 2006); además, ven interferida su acción por otros aspectos, como características del suelo y aspectos pluviométricos (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999). Así mismo, WIDMER y ABAWI (2000) señalan que el uso de rotación de cultivos no hospederos es una de las prácticas culturales más antiguas y efectivas para el control de nemátodos a pesar de ser dificultosa, debido a que el tiempo requerido es relativamente largo limitando la disponibilidad de tierra y al amplio rango de hospederos en el caso de las especies de *Meloidogyne*.

AGRIOS (1996) señala que el control biológico también se ha logrado para nemátodos formadores de agallas mediante el uso de algunos parásitos obligados de estos. El mismo destaca que a nivel de invernadero se puede esterilizar el suelo por medio de vapor.

La desinfección del suelo mediante solarización también puede ser efectiva en zonas donde se alcanzan temperaturas ambientales altas que se mantienen durante la noche (MAGUNACELAYA y DAGNINO, 1999).

## 2.3 Control natural o alternativo

A pesar de que los nematicidas químicos han jugado un rol importante en la disminución del impacto de las plagas, algunos de ellos han sido cuestionados en los últimos años por la amenaza a los seres vivos debido a su alta toxicidad lo que conlleva problemas de contaminación del suelo y aguas subterráneas, por lo cual se prevé que muchos de ellos podrían no estar disponible en corto tiempo (ABALLAY, 2005 y CHAVARRÍA-CARVAJAL, 2001). Por otra parte, el alto costo de éstos, en muchos casos, no permite un retorno suficiente de la inversión, por lo cual no siempre están al alcance de pequeños productores cuyos márgenes son muy estrechos (SASSER, 1989 y TALAVERA, 2003).

Por esta razón surge la necesidad de desarrollar otras opciones de control mediante técnicas o productos que sean sustentables y económicamente factibles, como son el uso de plantas antagonistas, entre otros (ABALLAY, 2005 y ZAVALA-MEJÍA, 1993).

**2.3.1 Uso de plantas antagonistas.** Existen varias especies de plantas que han desarrollado un amplio rango de elementos defensivos contra parásitos radiculares, como es el caso de aquellas que contienen o exudan compuestos con acción nematicida o nemostática o que los liberan en su descomposición al incorporarlas al suelo (HALBRENDT, 1996). El mismo autor, indica que estos compuestos son considerados biocidas ya que alteran el comportamiento y desarrollo, interrumpiendo el

ciclo de vida de las plagas (eclosión, mudas u otros procesos controlados hormonalmente) e incluso provocándoles la muerte. Además, pueden interferir en la localización y reconocimiento del hospedero, alimentación o actividad reproductiva (ABALLAY, 2005 y DUFOUR *et al.*, 2003).

TALAVERA (2003) y HALBRENDT (1996) señalan que los productos que son liberados al suelo, ya sea durante el crecimiento de las plantas o como productos de su descomposición, se conocen como aleloquímicos; éstos pueden provocar efectos antagónicos o beneficiosos. En el caso de las raíces de sorgo, contienen un compuesto químico llamado dhurrin, que se degrada en cianuro de hidrogeno, el cual es un poderoso nematicida. Otro ejemplo es el de las bráscicas, productoras de glucosinolatos, los que solo se vuelven nematotoxicos durante la descomposición debido a un proceso de degradación enzimática.

Tanto ABALLAY *et al.* (2001) como HALBRENDT (1996) y DUFOUR *et al.* (2003) señalan que entre las plantas antagónicas más estudiadas están las del género *Tagetes* y otras Asteráceas. Los mismos autores indican que muchas especies de *Tagetes* han sido resistentes a varias especies de nematodos, usándolas ya sea como rotación, cultivos de cobertera o enmiendas; en sus estudios han observado que los nematodos son atraídos por las raíces de esta especie las cuales liberan sustancias que inducen la muerte de estos individuos.

Según ABALLAY (2005) diversas especies de la familia de las Asteráceas como *Calendula officinalis* y *Zinnia elegans* han demostrado tener además una efectiva acción nematotoxica en otras partes de las plantas como hojas, tallos, frutos y semillas, teniendo ciertas especies mayor acción nematicida en la parte aérea que en la radicular.

HALBRENDT (1996) señala que los efectos nematicidas que pueda tener una planta dependen de la especie, el tejido utilizado, forma de aplicación y nemátodo. Así una planta puede presentar efecto nematicida hacia una o más de una especie de nemátodo, pero no a todas (OKA *et al.*, 2000).

Los compuestos de plantas con actividad nematicida incluyen una amplia variedad de fitoquímicos como polifenoles, acetilenos, alcaloides, ácidos carboxílicos, ácidos grasos y derivados, terpenoides entre otros. Los compuestos involucrados en las interacciones planta-nemátodo incluyen repelentes, atrayentes, inhibidores o estimuladores de incubación y compuestos nematotóxicos (CHITWOOD, 2002).

2.3.1.1 Uso de enmiendas orgánicas en el control de nemátodos. El uso de plantas antagónicas en el control de nemátodos se puede realizar tanto en rotaciones, como en cultivos en cobertera, en entre hileras, cultivos “trampa” o enmiendas o abono verde en suelo (ABALLAY e INSUNZA, 2002).

La incorporación de cultivos en cobertera, como abono verde, generalmente disminuye la población y daño de nemátodos fitoparásitos así como a otros patógenos de raíces (WIDMER y ABAWI, 2000); este efecto se atribuye a que aumentan los microorganismos que actúan como controladores naturales y a la exudación de compuestos durante la descomposición de los cultivos o abonos orgánicos (GALPER *et al.*, 1990 y PANDEY, 2000).



La eficacia de las enmiendas orgánicas depende de su composición química y del tipo de microorganismos que se desarrollan durante su degradación (Rodríguez-Kábana, 1987 citado por CHAVARRÍA-CARVAJAL, 2001).

2.3.1.2 Plantas con acción nematicida hacia especies de *Meloidogyne*. Se ha comprobado que especies de la familia de las Asteráceas, entre las cuales se pueden destacar las pertenecientes al género *Tagetes*, contienen poliacetilenos que han actuado como controladores de *M. incognita* y *M. javanica* (CHITWOOD, 2002).

TSAY *et al.* (2004) reportaron que algunas plantas a pesar de ser hospederas de un nemátodo pueden presentar efecto antagónico si se incorporan sus extractos o tejidos en el sustrato, este es el caso de *Calendula officinalis* que a pesar de ser hospedera al aplicarla como enmienda redujo la incidencia de *M. incognita*.

También OKA *et al.* (2000) reportaron actividad nematicida de aceites esenciales de 12 plantas aromáticas, los cuales inmovilizaron juveniles II de *M. javanica* y además inhibieron el desarrollo de sus huevos destacando algunas especies como *Mentha rotundifolia*, *Mentha spicata* y *Origanum vulgare*.

AKHTAR y MAHMOOD (1994) y PANDEY (2000) destacan a la especie *Azadirachta indica* conocida como “neem” ya que ha demostrado reducir la incidencia de *M. incognita*.

Por su parte en Chile, INSUNZA y VALENZUELA (1995) e INSUNZA *et al.* (2001) reportan el efecto *in vitro* de extractos de plantas presentes en Chile evaluadas sobre *M. incognita*, *D. dipsaci* y *X. index*. Entre las especies con mejores resultados están: *Plantago major*, *Ruta graveolens*, *Aristolelia chilensis*, *Chenopodium ambrosioides* y *Ovidia pillopillo*, probadas también en macetas y *Cestrum parqui*, *Oxalis rosea* y *Melissa officinalis*.

Estudios realizados por WIDMER y ABAWI (2000) demuestran que la infección y daño causado por *M. hapla* en cultivos susceptibles como lechuga fue suprimido al incorporar pasto sudán como abono.

### 3 MATERIAL y METODO

#### 3.1 Materiales.

Los materiales utilizados en el ensayo se describen a continuación.

**3.1.1 Material vegetal.** En el ensayo se utilizaron hojas frescas de ocho especies leñosas provenientes de árboles y arbustos establecidos en los alrededores de Isla Teja, Valdivia. Las especies usadas fueron: canelo (*Drymis winteri*), murta (*Ugni molinae*), maqui (*Aristotelia chilensis*), arrayán (*Luma apiculata*), avellano (*Gevuina avellana*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), laurel (*Laurelia sempervirens*), maitén (*Maytenus boaria*).

Además, como planta indicadora de la incidencia del nemátodo se utilizaron plantas de lechuga cv. Reina de Mayo (*Lactuca sativa* L.) de aproximadamente 5 cm altura y con a lo menos la primera hoja expandida, obtenidas de un almácigo preparado con sustrato orgánico y libre de nemátodos fitoparásitos.

**3.1.2 Sustrato.** Se utilizó suelo de compost vegetal obtenido de pilas de acumulación en la Estación Experimental Santa Rosa y arena de río. A este sustrato se le realizaron análisis nematológicos para establecer si se presentaban nemátodos fitoparásitos, resultado que dio negativo.

**3.1.3 Inóculo de *Meloidogyne hapla*.** Como inóculo para los ensayos se utilizaron huevos y juveniles frescos de *M. hapla* extraídos de raíces de tomates infestadas con una población pura de la especie, obtenida originalmente de peonía.

**3.1.4 Material de laboratorio.** El material fungible utilizado durante el ensayo consistió de: tubos de ensayo de 20x3 cm, vasos de precipitado de distinto tamaño, pipetas graduadas de 5 y 10 mL, pisceta, macetas de plumavit de 220 mL, placas Petri de 6 y 11 cm diámetro, palas, tijera, cinta de papel engomado, lápices marcadores, baldes y fuentes plásticas, bandejas, bisturís, pinzas, coladores, bolsas plásticas, tijeras de podar, rejillas porta tubos, papel aluminio. Además, se utilizó agua destilada e hipoclorito de sodio (cloro 5 %).

**3.1.5 Equipos.** Balanza de precisión, refrigerador, micropipetas, tamices de distinta graduación (75, 150 y 500  $\mu$ ), procesadora Moulinex, contador nematológico (Metrolab), lupa estereoscópica, microscopio.

### 3.2 Método.

La investigación se realizó en dependencias del Laboratorio de Nematología del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile y en un invernadero de dicha unidad.

**3.2.1 Recolección de las especies leñosas.** De cada especie vegetal en estudio se seleccionaron tres árboles o arbustos adultos y vigorosos, establecidos en el Arboretum de la Universidad Austral de Chile ubicado en el fundo Teja Norte y en los alrededores de la Isla Teja. De éstos se cortaron brotes del sector medio que presentaban hojas completamente expandidas.

**3.2.2 Preparación del tejido fresco de cada especie vegetal.** Inmediatamente después de recolectado el material vegetal, de cada especie se separaron las hojas de las ramas o tallos, los cuales se eliminaron. Las hojas se trozaron finamente con una procesadora Moulinex y se dispusieron en las macetas correspondientes a cada tratamiento.

**3.2.3 Preparación del sustrato.** El sustrato consistió en una mezcla de suelo y arena preparado en relación volumétrica de 2:1. Previo a la utilización del suelo se tomó una muestra de éste para su posterior análisis químico (Cuadro 1) y otra para análisis nematológico (Cuadro 2), constatándose la ausencia de individuos fitoparásitos en éste.

**CUADRO 1 Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo<sup>1</sup>.**

Parámetro	Valor
pH H <sub>2</sub> O	5,03
pH KCl	4,63
Ct (%)	2,97
Nt (%)	0,54
C/N	5,5
P-Olsen (ppm)	340
Al (ppm)	346
Na (ppm)	300
K (ppm)	1240
Ca (ppm)	1760
Mg (ppm)	142
Al-KCl (ppm)	15
Suma de Bases (meq/100g)	14,45
Saturación de Al (%)	1,11

<sup>1</sup> FUENTE: LABORATORIO DE NUTRICION Y SUELOS FORESTALES.

3.2.3.1 Análisis nematológico del suelo. Se realizó procesando dos submuestras de suelo de 100 mL cada una, mediante el método Baermann en placa y mantenidas en reposo por 48 h. La suspensión obtenida de cada muestra se decantó a 5°C por 24 h. El posterior recuento de la suspensión obtenida de cada submuestra se realizó bajo microscopio promediando el resultado de ambas.

**CUADRO 2 Análisis nematológico del suelo utilizado en el ensayo.**

<b>Género</b>	<b>Nº individuos/100 mL suelo</b>
<i>Aphelenchus</i> sp.	10
<i>Tylenchus</i> sp.	50
<b>Total Fitoparásitos</b>	<b>60</b>
<b>No Fitoparásitos (Total)</b>	<b>350</b>

**3.2.4 Distribución y preparación de macetas.** De cada una de las especies a evaluar se trozaron finamente hojas frescas, distribuyéndolas en macetas de 220 mL, las cuales primero se etiquetaron de acuerdo al tratamiento y repetición correspondiente, a concentraciones de 1%, 2,5% y 5% de tejido foliar, es decir, 2 g, 5 g y 10 g por maceta respectivamente. El testigo correspondió a la concentración 0% (solo sustrato).

Una vez preparado el sustrato, con un vaso de precipitado se midieron 200 mL de éste para llenar cada una de las macetas en las cuales se incorporó previamente el tejido vegetal fresco y trozado. Antes del llenado en cada maceta se procedió a mezclar el tejido con el sustrato en una fuente plástica para homogenizar.

Los sustratos preparados de cada tratamiento, se dejaron interactuar durante 15 días para permitir la liberación de los compuestos del tejido vegetal.

Transcurrido este tiempo se procedió a transplantar las plántulas de lechuga e inocular los tratamientos que evalúan el efecto de los sustratos sobre *M. hapla*.

Para los tratamientos sin inóculo también se transplantó una plántula de lechuga por maceta transcurridos los 15 días de tal forma de registrar el efecto del follaje fresco en el desarrollo de las plantas, manteniendo las plantas en invernadero con riego periódico para posterior evaluación.

**3.2.5 Obtención del inóculo de *M. hapla*.** El inóculo utilizado para el ensayo corresponde a huevos y juveniles de *M. hapla* obtenido de raíces de tomate infestadas y mantenidas en el laboratorio. Ello se realizó siguiendo la metodología propuesta por HUSSEY y BARKER (1973) para la extracción de inóculo del género *Meloidogyne*. Para ello se separaron raíces de tomate las que trozadas de 1 a 2 cm se depositaron en un frasco de vidrio al cual se incorpora una solución de NaOCl al 0,5%, en cantidad suficiente para cubrirlas. Luego se agitan vigorosamente por cuatro minutos, momento en que el contenido del frasco se vierte sobre un set de tamices de 75 µ, 150 µ y 500 µ, lavando profusamente con agua corriente y recuperando con una pisceta en un

vaso de precipitado el residuo del tamiz más fino. La suspensión obtenida se aforaba a un volumen conocido y de ésta se tomaban alícuotas de 0,5 mL, la que se deposita en un portaobjetos para el recuento de huevos y juveniles al microscopio. El resultado de varios recuentos se promedia para mayor certeza de los datos obtenidos.

**3.2.6 Inoculación de huevos y juveniles en las macetas.** Transcurridos los 15 días de descomposición del tejido en el sustrato, se transplantó en cada maceta una plántula de lechuga (5 cm). Luego de 48 horas cada maceta se inoculó con 2000 huevos y juveniles de *M. hapla*, los cuales se incorporaron en 0,5 mL de agua por medio de una micropipeta graduada, a 1 cm de profundidad en dos perforaciones realizadas en el sustrato a un costado de las plantas.

**3.2.7 Mantención de las plantas.** Una vez comenzado el ensayo las macetas se mantuvieron en un invernadero por 40 días, cada una dispuesta individualmente sobre platillos para así evitar contaminación cruzada, aplicando solamente riego con agua corriente y ayuda de una pisceta según requerimientos.

Como se muestra en el Cuadro 3 los tratamientos a evaluar fueron en total 50, distribuidos de la siguiente forma: ocho especies vegetales con dos infestaciones (con y sin inóculo) y con tres concentraciones de tejido fresco cada una (1%, 2,5% y 5%), más los dos testigos (0% con y sin inóculo).

Cada tratamiento se replicó cinco veces, consistiendo cada repetición en una maceta con una plántula de lechuga de 5 cm altura aproximadamente.

**CUADRO 3 Tratamientos del ensayo.**

Especie	Con inóculo				Sin inóculo			
	0%	1%	2.5%	5%	0%	1%	2.5%	5%
Arrayán		5*	5	5		5	5	5
Laurel		5	5	5		5	5	5
Avellano		5	5	5		5	5	5
Maitén		5	5	5		5	5	5
Eucalipto		5	5	5		5	5	5
Canelo		5	5	5		5	5	5
Murta		5	5	5		5	5	5
Maqui		5	5	5		5	5	5
Testigo (solo sustrato)	5				5			

\* Cada tratamiento considera 5 repeticiones

**3.2.8 Duración del ensayo.** El ensayo partió durante el mes de agosto del 2007 finalizando el mes de enero del 2008, este período incluyó la recolección de las

especies vegetales, la preparación y mantención del ensayo y finalmente las evaluaciones nematológicas y medición de parámetros de desarrollo de las plantas.

**3.2.9 Evaluaciones.** El levantamiento del ensayo se realizó trascurridos los 40 días para evaluar el efecto de la incorporación del follaje fresco sobre las plantas y sobre la capacidad infestiva que presenta el nemátodo comparándolos además en relación al tratamiento testigo (solo sustrato).

La evaluación del efecto del tejido fresco de cada especie vegetal y sus distintas concentraciones sobre las plantas se realizó registrando el desarrollo de éstas a los 40 días desde transplante de acuerdo a los siguientes parámetros: altura de planta, número de hojas, peso fresco y seco de plantas, largo, volumen y peso fresco de raíces.

El efecto de los distintos tejidos vegetales sobre *M. hapla* se evaluó en base a dos métodos: índice de agallamiento en las raíces y total de propágulos (huevos y juveniles) en raíces.

El índice de agallamiento en las raíces de cada planta se registró de acuerdo a dos escalas, una numérica y otra porcentual, siguiendo la pauta de calificación indicada en el Cuadro 4.

**CUADRO 4 Índices de agallamiento de raíces.**

Nivel	A*	B
	TAYLOR y SASSER (1978)	HUSSEY y JANSSEN (2002)
0	sin agallas	sin agallas
1	1-2 agallas	algunas agallas pequeñas
2	3-10 agallas	< 25% de las raíces agalladas
3	11-30 agallas	25-50% de las raíces agalladas
4	31-100 agallas	51-75% de las raíces agalladas
5	más de 100 agallas	> 75% de las raíces con agallas

FUENTE: \* (A) TAYLOR y SASSER (1978) y (B) HUSSEY y JANSSEN (2002)

El total de propágulos se evaluó estimando el número de huevos y juveniles formados en las raíces, para lo cual se utilizó el método de extracción de huevos y juveniles propuesto por HUSSEY y BARKER (1973) señalado anteriormente en la obtención del inóculo.

**3.3 Diseño y análisis estadístico.** El diseño experimental que se utilizó en este ensayo fue un diseño completo al azar con tratamientos en arreglo factorial de  $8 \times 3 \times 2 + 2$  con cinco repeticiones por tratamiento. El cual entregó como resultado un ensayo con 50 tratamientos, consistiendo cada maceta en una repetición. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y posteriormente fueron analizados mediante el programa statgraphic 2.0. En el caso de los índices de agallamiento, como no poseen distribución normal, los análisis aplicados corresponden a estadística no paramétrica para lo que se usó el test de Kruskal Wallis.

## 4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan las respuestas que tuvo la incorporación como enmienda al sustrato del follaje de las ocho especies leñosas en el desarrollo de *M. hapla* y en su efecto sobre las plantas. En primer lugar se dará a conocer el efecto promedio de los residuos foliares de cada especie en el índice de agallamiento en base a dos escalas, luego se entregará el efecto de cada una de las concentraciones utilizadas en el ensayo (1%, 2,5% y 5%). Posteriormente se entregará la respuesta promedio del total de propágulos de *M. hapla* presentes en raíces y el efecto de cada concentración. Finalmente se indicarán los parámetros de desarrollo de lechuga utilizada como planta indicadora: altura de planta, número de hojas, peso seco de la parte aérea, largo, volumen y peso fresco de raíces, tanto para aquellos tratamientos inoculados con el nemátodo como para los tratamientos sin inoculación.

**4.1 Índice de agallamiento.** En el Cuadro 5, donde se aprecia la respuesta promedio por especie sobre el índice de agallamiento, destaca que la formación de agallas en raíces de lechuga disminuyó de manera significativa en los tratamientos que contenían hojas frescas molidas en el sustrato, comparadas con el testigo, para ambas escalas de evaluación.

**CUADRO 5 Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar de especies arbóreas y arbustivas en el índice de agallamiento de *M. hapla* en plantas de lechuga (*L. sativa*).**

Especie	Índice agallamiento	
	A (nº)*	B (%)*
Testigo	3,6 ± 0,24a	3,4 ± 0,24a
Arrayán	2,2 ± 0,17 b	1,5 ± 0,13 bc
Avellano	2,2 ± 0,20 b	1,5 ± 0,14 bc
Canelo	2,2 ± 0,20 b	1,4 ± 0,13 bc
Eucalipto	2,1 ± 0,13 b	1,5 ± 0,14 bc
Laurel	2,0 ± 0,17 b	1,3 ± 0,13 bc
Maitén	1,8 ± 0,20 b	1,3 ± 0,12 c
Maqui	1,9 ± 0,17 b	1,5 ± 0,13 bc
Murta	2,6 ± 0,19 b	1,9 ± 0,12 b

\* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según Kruskal Wallis < 0,05 entre las especies.



Como lo demuestra el tratamiento testigo, inoculado con el nemátodo, la formación de agallas en plantas de lechuga se produjo en un período menor a 40 días lo cual concuerda con APPLEMAN (2003), quien señala que plantas de lechuga son altamente susceptibles a *Meloidogyne sp.* lo que permite utilizarlas como indicadoras de infestación; el mismo autor corroboró que comparativamente con otras especies indicadoras, como tomate, la formación de agallas en lechuga ocurre más tempranamente.

La disminución en la formación de agallas supone una acción efectiva de los residuos foliares de estas especies en el control de *Meloidogyne*, acción que solo se puede asumir en este caso para *M. hapla*, ya que, según OKA *et al.* (2000) y HALBRENDT (1996) este efecto no solo depende de la especie sino que también del nemátodo; así una especie de planta puede presentar efecto antagonista hacia una o más de una especie de nemátodo pero no a todas.

Sin embargo, como señala SASSER (1985), para determinar la capacidad de infestación de una especie de *Meloidogyne* no solo es necesario conocer el índice de agallamiento sino que ésta evaluación debe ser complementada con el número de huevos y juveniles en raíces. Siguiendo esta recomendación en el Cuadro 6, se aprecia que estos índices concuerdan con los resultados de número y porcentaje de agallas analizadas, situación que se analizará más adelante.

Para el caso de la escala numérica (Índice A) entre especies no se presentaron diferencias significativas, mientras que para la escala porcentual (Índice B) maitén disminuyó en mayor proporción este índice, en tanto que los residuos foliares de murta lo hicieron en menor proporción aún cuando fueron significativos con respecto al testigo (solo sustrato).

El índice "A" propuesto por TAYLOR y SASSER (1978), permite cuantificar el número de agallas presentes en las raíces; pero no discrimina el tamaño ni la distribución de las agallas o engrosamientos en el tejido radical. Así, una planta con agallas de tamaño pequeño puede tener el mismo índice que una planta con agallas grandes que ocupen un mayor volumen de la raíz, por lo cual autores como (HUSSEY y JANSSEN, 2002), promueven el uso de más de un índice como es el caso del índice "B", el cual refleja el porcentaje de tejido dañado en el sistema radical.

Los tratamientos con follaje fresco de maitén y maqui redujeron en la mitad el índice de agallamiento A, comparado con el testigo; tejidos de arrayán, avellano, canelo, eucalipto y laurel lo hicieron en casi un 40%, mientras que tejido fresco de murta tuvo menos de un 30% de reducción. El mayor efecto sobre el índice de agallamiento B se produjo con el follaje fresco de laurel y maitén provocando una reducción en la formación de agallas superior al 60% en relación al testigo suelo; tejidos de arrayán, avellano, canelo, eucalipto y maqui también lograron reducir éste índice en mas de la mitad, mientras que murta lo hizo en menos de un 50%.

Estos resultados se pueden deber a que no todas las especies incorporadas como enmiendas tienen la misma efectividad, ya que como señalan RODRÍGUEZ-KÁBANA *et al.* (1987) el efecto alelopático o inhibitorio de una planta depende de los compuestos liberados durante su degradación o de aquellos sintetizados por los microorganismos involucrados en ésta. Además, como indica SASSER (1989), el tamaño de las agallas varía dependiendo básicamente de la susceptibilidad del hospedero, lo cual se reflejaría en el índice de agallamiento B que es porcentual. No

obstante, EVANS *et al.* (1993) indican que la respuesta en la formación de agallas es consecuencia de la interacción que ocurre entre el nemátodo y el tejido vegetal, dando MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999) el ejemplo de kiwi, especie menos susceptible en cuanto al efecto de *Meloidogyne* sobre el rendimiento pero en la cual las agallas formadas en raíces pueden alcanzar gran tamaño.

Las especies vegetales evaluadas han sido utilizadas por años en medicina popular para diversas enfermedades en el hombre; por ejemplo MONTES y WILKOMIRSKY (1992), atribuyen su acción farmacológica a sus altos contenidos de taninos y alcaloides. Algunas especies vegetales como por ejemplo eucalipto, laurel y canelo presentan abundancia de aceites esenciales, todos compuestos fitoquímicos que, según CHITWOOD (2002), poseen actividad nematicida. De las estudiadas en el presente ensayo, la única en la que se han encontrado reportes de sus propiedades nematicidas es el maqui, por medio de los trabajos de INSUNZA y VALENZUELA (1995) e INSUNZA *et al.* (2001), los cuales demostraron su efecto sobre *Meloidogyne incognita*, *Ditylenchus dipsaci* y *Xiphinema americanum*.

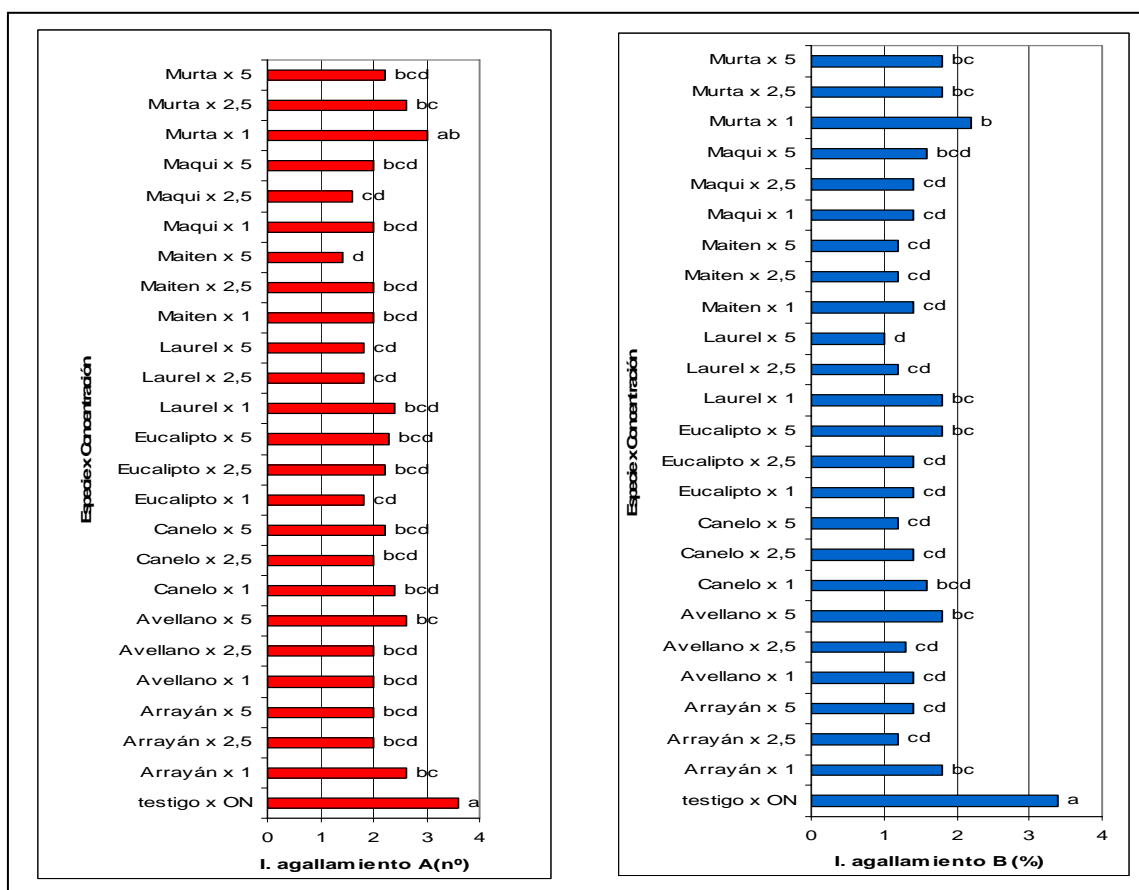
En la Figura 1, donde se compara el efecto de cada una de las tres concentraciones de tejido de las distintas especies en el índice de agallamiento, se observa que el residuo foliar de todas, disminuyó de manera significativa la formación de agallas en raíces de lechuga comparadas con el tratamiento testigo, a excepción de murta al 1%.

Para las diferentes concentraciones evaluadas dentro de cada especie no hubo diferencias significativas en el índice de agallamiento A. Para el índice B solamente laurel presentó diferencias estadísticas entre la concentración 1% y 5%.

A pesar de que no se aprecia una tendencia definida de que el incremento de la concentración de tejido incorporado al sustrato reduzca la formación de agallas de *M. hapla*, las concentraciones de 2,5% y 5% en la mayoría de las especies presentaron las mejores respuestas. Al respecto, investigaciones realizadas por TSAY (2004) demostraron que concentraciones de 1% y 5% de tejido fresco de *Gaillardia pulchella* (Asteraceae) en el control de *M. incognita* no mostraron diferencias en el índice de agallas.

Por otra parte entre las distintas especies vegetales los tratamientos que disminuyeron en mayor proporción la formación de agallas fueron el maitén al 5% para el índice A (nº) y laurel al 5% para el índice B (%); concentraciones de tejido fresco que redujeron en más de un 50% estos índices, alcanzando en la escala de evaluación numérica un valor inferior a 2 con menos de 10 agallas por raíces de planta de lechuga y en la escala porcentual el valor de 1 lo que se traduce en solo algunas agallas pequeñas.

Es necesario destacar que un índice de agallamiento alto no siempre se relaciona con una alta población de individuos, ya que como señalan SASSER y CARTER (1985), una agalla puede contener uno o varios individuos de *Meloidogyne*.



**FIGURA 1** Efecto de la concentración (1%, 2,5% y 5%) de hojas frescas de especies arbóreas y arbustivas incorporadas al sustrato en el índice de agallamiento de plantas de lechuga.

**4.2 Total de propágulos de *M. hapla* recuperados por planta.** El Cuadro 6 muestra la respuesta promedio por especie en el total de propágulos (número de huevos y juveniles por planta). Se aprecia que comparado con el testigo el residuo foliar de todas las especies disminuyó significativamente el número total de huevos y juveniles presentes en raíces destacando maitén con 52,7 propágulos y laurel con 54,7, a diferencia del arrayán (125,3) y avellano (120,0) que presentaron la menor disminución en relación al testigo (301,4). En el mismo Cuadro se aprecia que en todos los casos la proporción de huevos fue superior a la de juveniles.

Tratamientos que contenían tejido fresco de arrayán, avellano, eucalipto y murta disminuyeron en más de un 60% el total de huevos y juveniles por planta en relación al testigo. Además canelo y maqui redujeron el total de propágulos en casi un 80%, mostrando laurel y maitén el mayor impacto en la actividad reproductiva.

**CUADRO 6 Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas en el número de huevos y juveniles de *M. hapla* formados por planta de lechuga (*L. sativa*).**

Especie	Número de huevos y juveniles por planta					
	Huevos		juveniles		Total	
testigo	184,8	±18,03	116,6	±16,09	301,4	±29,47a
arrayán	69,3	±15,48	56,0	±7,61	125,3	±17,29 b
avellano	106,7	±14,88	13,3	±6,06	120,0	±17,69 b
canelo	54,7	±16,03	13,3	±4,65	68,0	±16,65 cd
eucalipto	89,7	±8,05	3,2	±1,94	92,9	±8,28 bcd
laurel	37,3	±5,47	17,4	±5,11	54,7	±8,39 d
maitén	37,4	±7,27	15,3	±4,87	52,7	±10,16 d
maqui	54,7	±9,04	9,3	±2,67	64,0	±9,8 cd
murta	84,0	±12,06	20,0	±6,17	104,0	±13,83 bc

Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

El laurel, que en este ensayo destaca en cuanto a su efecto sobre *M. hapla*, corresponde a una especie endémica cuyo aceite esencial está compuesto principalmente de safrol que es un derivado del eugenol y que ha demostrado actividad insecticida y acaricida (NEIRA *et al.*, 2004). Según CHITWOOD (2002) el eugenol es un terpenoide que forma parte de algunos aceites que han reportado actividad nematocida.

Maitén fue otras de las especies que provocó la mayor reducción, no solo en la formación de agallas sino que también en el total de huevos y juveniles por planta. Según HOFFMANN *et al.* (1992) los compuestos presentes en hojas de esta especie son: daucosterina, dulcitol, lupenona, ácido aleanoico, beta amyrina, beta sitosterol y alfa espinasterol, ninguno de los cuales ha sido reportado con efectos nematocidas.

A pesar de que el tejido foliar de la murta presentó la menor reducción en el índice de agallamiento A (nº) y B (%) no fue coincidente en la tasa reproductiva donde la menor reducción la tuvo arrayán y avellano. Sin embargo, sus efectos no difieren significativamente del laurel y maitén. Extractos de hojas de murta poseen compuestos polifenólicos con propiedades medicinales (RUBILAR *et al.* 2006), los cuales como señala CHITWOOD (2002) se relacionan en niveles elevados con la resistencia de plantas a infecciones por patógenos.

Por su parte HOFFMANN *et al.* (1992), caracterizan al arrayán por la presencia de algunos flavonoides y aceites esenciales como el cineol y mirtol, además posee apineno, esencia que ha demostrado efectos sobre la eclosión de huevos de *Meloidogyne incognita* (IBRAHIM *et al.*, 2006). El cineol, como señala CHITWOOD (2002), es un terpenoide que ha demostrado tener efecto contra juveniles de alguna especie de nemátodos.

En el caso de avellano los estudios se han enfocado en el fruto o nuez, de la cual se extrae un aceite con características antioxidantes (TACON, 2002). En cuanto a sus

hojas la literatura destaca solo su uso ornamental, aún cuando CHACON y ARMESTO (2006) señalan contiene fenoles y taninos, compuestos que en muchos casos han tenido efecto nematicida y que por lo tanto podrían actuar sobre *M. hapla*.

Estos resultados muestran una reducción en la densidad de población del nemátodo con lo cual y de acuerdo a lo señalado por TABA *et al.* (2008) se asume que los residuos foliares de las especies evaluadas tendrían un efecto antagónico sobre *M. hapla*.

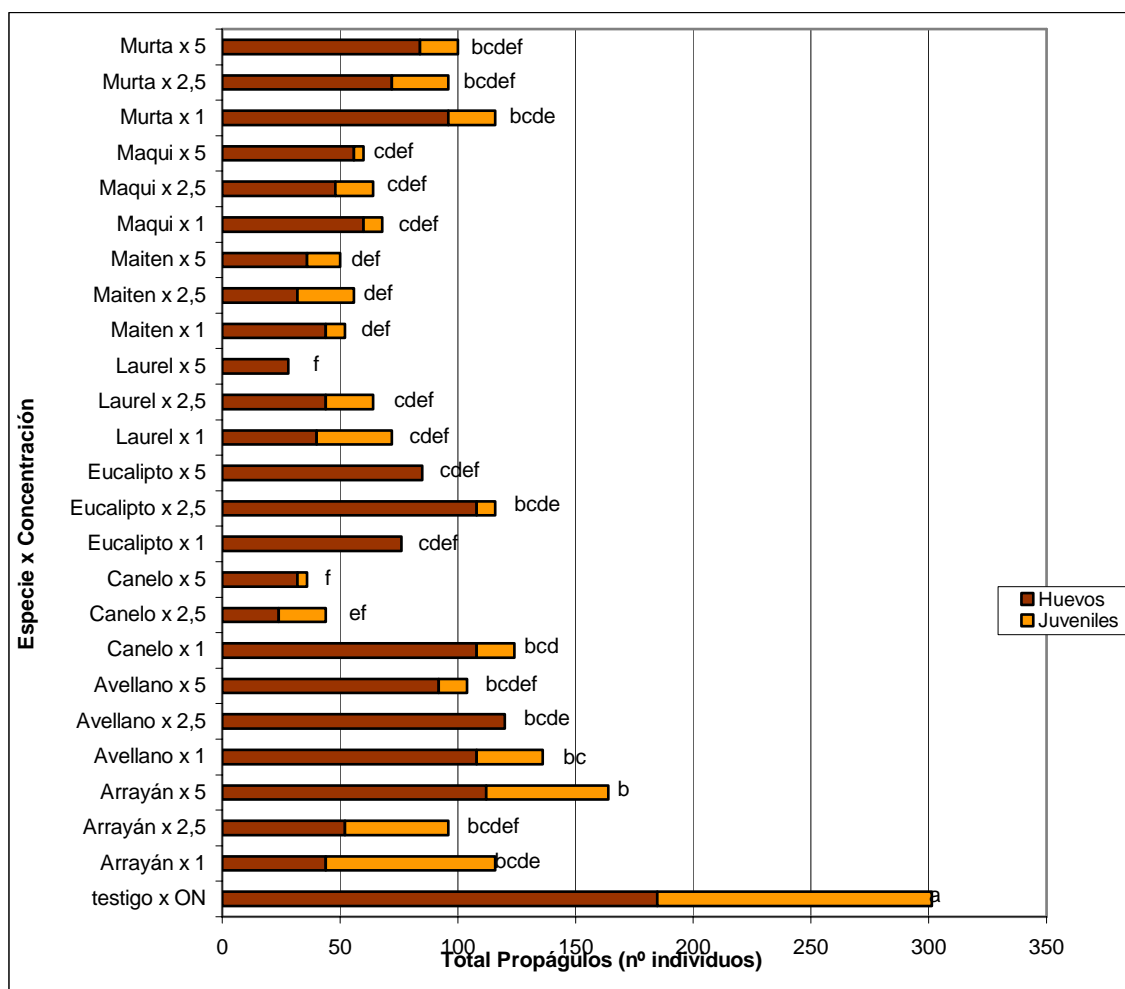
La Figura 2 destaca el efecto de cada concentración de tejido fresco de las distintas especies en el número de huevos y juveniles por planta, donde se muestra que todas afectaron en forma significativa el total de propágulos de plantas de lechuga comparadas con el tratamiento testigo.

Dentro de cada especie no se presentaron diferencias significativas entre concentraciones en el número de huevos y juveniles por planta de lechuga, con excepción de canelo en que con la concentración 1% el total de propágulos fue significativamente superior a la de 2,5% y 5%. Al igual a los resultados obtenidos con los índices de agallamiento no se aprecia una tendencia clara de que un aumento en la concentración de tejido reduzca el número de huevos y juveniles por planta, presentando concentraciones de 2,5% y 5% las mejores respuestas. Por otra parte entre las especies y concentraciones evaluadas las que redujeron en mayor proporción el total de huevos y juveniles fueron canelo y laurel al 5%, con menos de 50 individuos de *M. hapla* por sistema radicular, donde casi el 100% de éstos estuvo representado por número de huevos.

Estos resultados no tienen relación con lo demostrado por PANDEY (2000) quien señala que el grado de reducción de la población del nemátodo es dependiente de la proporción de aplicación de la enmienda.

Otra especie cuyo residuo foliar tuvo una respuesta no menos importante que el laurel y maitén fue el canelo cuyas hojas están compuestas de aceites esenciales como el ascaridol, pineno, limoneno y eugenol (MONTES y WILKOMIRSKY, 1992). Según YEN *et al.* (2007) derivados de ascaridol han tenido actividad nematicida sobre *Aphelenchoides besseyi* y *Meloidogyne incognita*. Además VARAS (2004), determinó la presencia de flavonoides como el kamferol, rutina y quercitina; este último compuesto ha demostrado tener efectos nematotóxicos hacia *Meloidogyne javanica* inhibiendo su actividad reproductiva (CHITWOOD, 2002).

MONTES y WILKOMIRSKY (1992) señalan que extractos de hojas de eucalipto presentan aceites esenciales como el 1-8 cineol entre 1-2% y eucaliptol con más de un 70% de esta esencia, destacando sus propiedades bactericidas. Además, como demuestra VARAS (2004), están presentes flavonoides como el kamferol, luteolina, myricetina, quercitina y rutina.



**FIGURA 2** Efecto de la concentración (1%, 2,5% y 5%) de hojas frescas de especies arbóreas y arbustivas incorporadas al sustrato en el total de propágulos (huevos y juveniles) formados por planta de lechuga.

**4.3 Efecto de los sustratos y de *M. hapla* en el desarrollo de plantas de lechuga.** El registro de los parámetros de desarrollo de las plantas de lechuga se realizó en las ocho especies tanto para los tratamientos inoculados con *M. hapla* como para los tratamientos sin inóculo.

**CUADRO 7 Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de *M. hapla* en el desarrollo de plantas de lechuga (*L. sativa*).**

Tratamiento	Sector aéreo			Sector radical		
	Altura (cm)*	Nº hojas	Peso seco (g)	Volumen (ml)	Peso fresco (g)	Largo (cm)
Control s/ <i>M. hapla</i>	26,9a	9,6 ef	2,0 bcde	10,0 ab	7,9 def	13,7 cdef
Testigo inoculado	22,3b	10,6 def	1,9 cde	9,2 bc	10,2 bc	13,2 ef
Arrayán	11,3g	9,8 ef	0,8 fg	4,3 ef	4,3 hi	12,8 f
Arrayán x <i>M. hapla</i>	16,3c	11,1 def	1,1 efg	6,3 d	7,0 ef	13,4 def
Avellano	10,9g	8,8 f	0,8 fg	3,2 fg	3,6 hi	13,5 def
Avellano x <i>M. hapla</i>	11,6 fg	10,9 def	1,1 efg	5,8 de	6,4 fg	14,2 bcdef
Canelo	11,1g	11,5 def	0,8 fg	2,5 g	2,8 i	14,9 abcd
Canelo x <i>M. hapla</i>	13,8 def	16,2 bc	2,0 bcde	7,6 cd	7,7 def	15,4 ab
Eucalipto	12,3 efg	11,5 def	0,9 fg	4,6 def	4,9 gh	15,6 ab
Eucalipto x <i>M. hapla</i>	13,7def	16,9 bc	2,5 abc	8,9 bc	9,2 cd	16,0 a
Laurel	11,3g	10,8 def	1,2 efg	4,6 def	4,7 gh	14,5 abcde
Laurel x <i>M. hapla</i>	15,2cd	21,7 a	3,0 a	11,3 a	12,0 a	15,2 abc
Maitén	11,4g	19,0 b	1,6 cde	7,7 cd	8,0 def	14,5 abcde
Maitén x <i>M. hapla</i>	14,4cde	18,6 bc	2,2 bcd	10,3 ab	11,0 ab	15,0 abcd
Maqui	12,1efg	17,6 bc	1,5 def	8,1 cd	8,6 cde	15,1 abcd
Maqui x <i>M. hapla</i>	14,1cde	17,2 bc	2,6 ab	7,9 cd	8,1 def	14,9 abcd
Murta	9,9 g	12,6 d	0,8 fg	3,3 fg	3,6 hi	13,1 ef
Murta x <i>M. hapla</i>	15,2 cd	17,2 bc	2,4 abc	9,1 bc	9,2 cd	15,9 a

\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativo al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

Considerando la respuesta promedio por especie, ya sea inoculada con *M. hapla* como sin el nemátodo (Cuadro 7), se observa que los residuos foliares de todas las especies vegetales aplicadas como enmienda al sustrato afectaron en forma significativa la altura de plantas comparadas con los tratamientos testigos. Destaca en este sentido que incluso la disminución ocurrió con respecto al testigo inoculado con *M. hapla* lo que indica un efecto adverso de los sustratos conteniendo enmienda. Además se puede apreciar que existen diferencias estadísticas entre los testigos, presentando el testigo inoculado con *M. hapla* una menor altura en relación al control sin *M. hapla*, lo que muestra un efecto del inóculo sobre éste parámetro.

En el mismo Cuadro 7 se aprecia que, en cuanto al número de hojas y longitud radical por planta de lechuga, ningún tratamiento afectó estos parámetros, registrando algunos valores significativamente superiores a los testigos. Los parámetros de peso seco aéreo, volumen de raíces, peso fresco radical presentaron una gran variación ya que no siempre se vieron afectados en relación a los testigos. Cabe destacar que para estos parámetros no se detectaron diferencias significativas entre los testigos, a excepción del peso fresco radical el cual fue estadísticamente superior para el testigo inoculado, lo que indica que los inóculos no tuvieron un efecto adverso sobre estos parámetros de desarrollo.

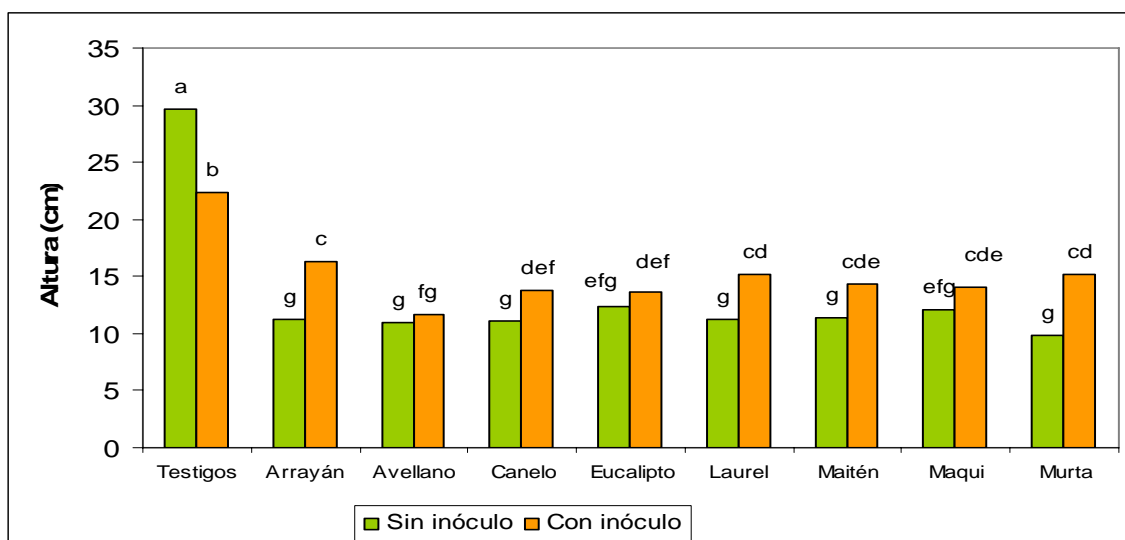
**4.3.1 Altura de plantas.** En la Figura 3 donde se compara la respuesta de las plantas de lechuga desarrolladas en sustratos inoculados y sin inocular con *M. hapla*, se observa que los residuos foliares de todas las especies vegetales incorporadas como enmienda al sustrato sin inóculo afectaron en forma significativa la altura de lechuga comparado con el tratamiento control sin *M. hapla*, si bien eucalipto y maqui lo hicieron en menor proporción que las demás.

Los mismos tratamientos pero en sustratos conteniendo inóculo de *M. hapla* también disminuyeron de forma significativa la altura en relación al testigo inoculado, siendo el tratamiento avellano con *M. hapla* el que disminuyó la altura de lechuga en mayor proporción y por el contrario arrayán con *M. hapla* en menor proporción.

En esta figura, además se aprecian diferencias entre los tratamientos testigos, siendo la altura del testigo inoculado estadísticamente menor que la del control sin *M. hapla*, lo que indicaría un efecto por parte del inóculo. Estos resultados concuerdan con lo señalado por MAGUNACELAYA y DAGNINO (1999) y TAYLOR y SASSER (1983) quienes señalan que la infección por este nemátodo afecta el crecimiento de las plantas lo que se traduce en un desarrollo deficiente.

En el gráfico se puede observar un efecto por parte de los residuos foliares incorporados al sustrato como enmienda sobre el desarrollo de la planta, ya que si bien éstos tuvieron un efecto hacia el nemátodo, la altura de lechuga no se vio favorecida, por el contrario, tanto los tratamientos con solo la enmienda como aquellos con la enmienda con el nemátodo disminuyeron significativamente este parámetro.

En relación a esto, ABALLAY (2005) indica que si bien los compuestos de estas plantas actúan de manera directa interfiriendo en el desarrollo del nemátodo, también puede tener efectos indirectos sobre la planta hospedera como la estimulación del crecimiento de la planta aumentando la tolerancia al ataque.



**FIGURA 3** Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en la altura (cm) de plantas de lechuga (*L. sativa*).



**CUADRO 8 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre la altura (cm) de plantas de lechuga.**

Sin inóculo		Con inóculo	
Especie x Concentración	Altura (cm)*	Especie x nemátodo x concentración	Altura (cm)*
Control sin <i>M. hapla</i>	29,9 a	Testigo inoculado	22,3 ab
Arrayán x 1	11,4 cdefg	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	17,2 bcd
Arrayán x 2,5	10,8 defg	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	17,8 bc
Arrayán x 5	11,8 cdefg	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	13,8 cdefg
Avellano x 1	11,5 cdefg	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	12 cdefg
Avellano x 2,5	10,4 defg	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	11,9 cdefg
Avellano x 5	10,9 cdefg	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	11,1 cdefg
Canelo x 1	11,5 cdefg	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	15,0 cdefg
Canelo x 2,5	13,4 cdefg	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	12,5 cdefg
Canelo x 5	8,5 g	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	13,9 cdefg
Eucalipto x 1	10,3 defg	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	13,4 cdefg
Eucalipto x 2,5	14,0 cdefg	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	13,5 cdefg
Eucalipto x 5	12,5 cdefg	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	14,2 cdefg
Laurel x 1	11,4 cdefg	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	15,2 bcdefg
Laurel x 2,5	11,5 cdefg	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	13,8 cdefg
Laurel x 5	11,1 cdefg	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	16,6 bcde
Maitén x 1	10,9 cdefg	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	15,0 cdefg
Maitén x 2,5	11,0 cdef	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	13,5 cdefg
Maitén x 5	12,2 cdefg	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	14,5 cdefg
Maqui x 1	11,3 cdefg	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	14,1 cdefg
Maqui x 2,5	13,1 cdefg	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	14,0 cdefg
Maqui x 5	11,8 cdefg	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	14,1 cdefg
Murta x 1	10,1 efg	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	15,4 bcdefg
Murta x 2,5	10,4 defg	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	15,7 bcdef
Murta x 5	9,3 fg	Murta x <i>M. hapla</i> x 5	14,5 cdefg

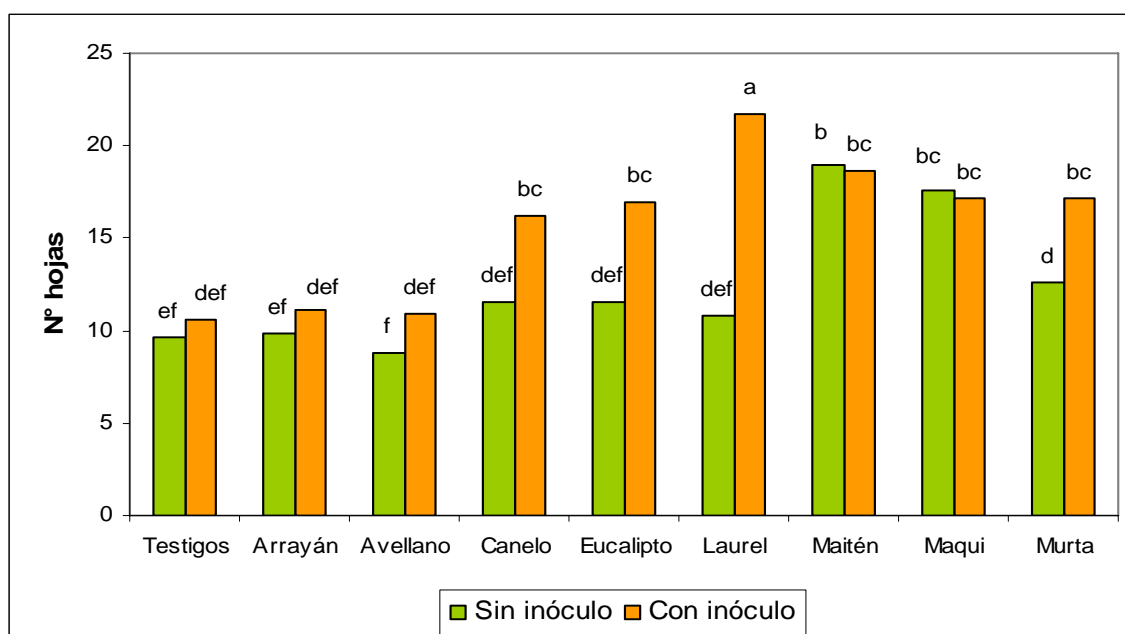
\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

El Cuadro 8 muestra el efecto sobre la altura de plantas de las tres concentraciones (1%, 2,5% y 5%) de tejido fresco incorporado al sustrato tanto para sustratos sin inóculo como para aquellos inoculados con *M. hapla*. Se destaca que para los sustratos que no fueron inoculados con el nemátodo se produjo una disminución significativa de la altura para todas las especies y sus respectivas concentraciones comparadas con el control sin *M. hapla*. Sin embargo, dentro de cada especie no se

aprecian diferencias estadísticas para las diferentes concentraciones al igual que entre las diferentes especies. La situación para el caso de los sustratos inoculados es similar, si bien existen una disminución significativa de la altura por parte de las especies y sus concentraciones en relación al testigo al compararlas dentro de cada especie y entre las especies no se presentan diferencias estadísticas.

**4.3.2 Número de hojas.** La Figura 4, muestra que los tratamientos no tuvieron efecto en cuanto a este parámetro comparado con los testigos respectivos. Por el contrario, para los sustratos sin *M. hapla*; los tratamientos que incluían residuos foliares de maitén, maqui y murta desarrollaron un número de hojas significativamente superior al tratamiento control y a los demás tratamientos, siendo maitén el que tuvo la mayor cantidad de hojas. Por lo tanto, estos residuos no afectaron este parámetro de desarrollo.

Para el caso de los tratamientos inoculados con *M. hapla* todos los sustratos conteniendo tejido foliar de las especies excepto el arrayán y avellano presentaron un valor promedio significativamente superior al testigo inoculado, de igual manera que en los sustratos sin nemátodo el maitén presentó el mayor número de hojas. No se presentó un efecto por parte del inóculo, siendo los testigos estadísticamente iguales.



**FIGURA 4** Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en el número de hojas de plantas de lechuga (*L. sativa*).

Con respecto al efecto de las distintas concentraciones de tejido fresco de cada especie sobre el número de hojas de plantas de lechuga (Cuadro 9) no se presentó un efecto inhibitorio en cuanto a este parámetro tanto para los sustratos inoculados con *M. hapla* como para los sustratos sin inóculo en relación a los testigos. Tampoco se presentaron diferencias estadísticas al comparar entre concentraciones y entre especies.

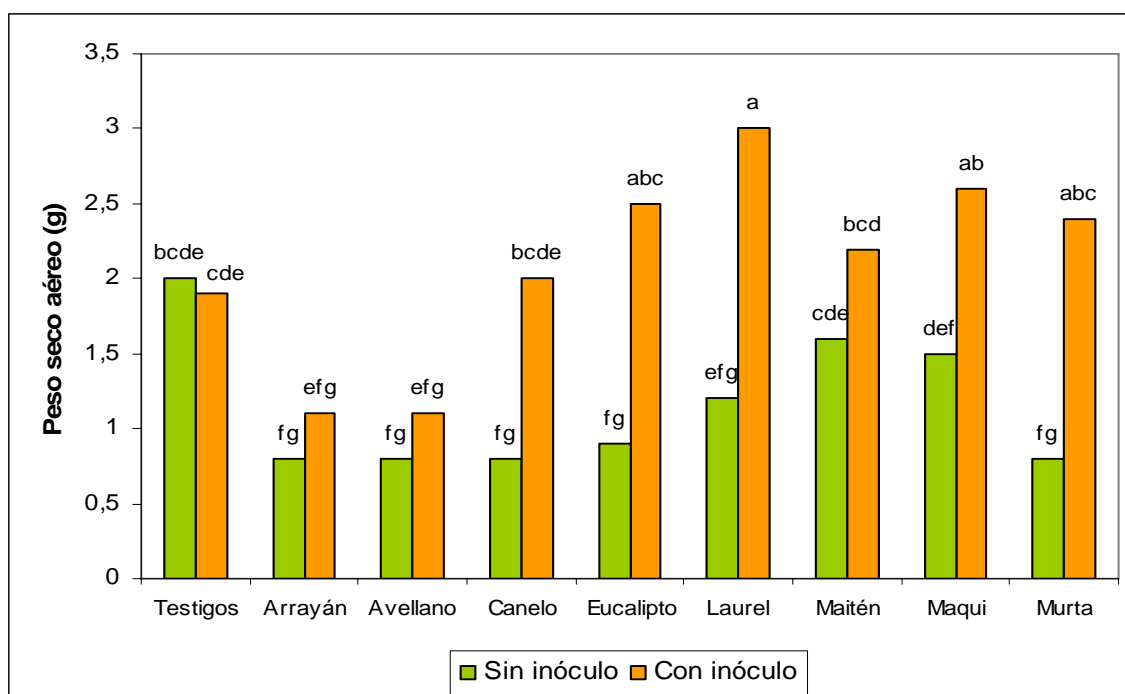
**CUADRO 9 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre el número de hojas de plantas de lechuga.**

Sin inóculo		Con inóculo	
Especie x Concentración	Nº hojas*	Especie x nemátodo x Concentración	Nº hojas*
Control s/ <i>M. hapla</i>	9,6 fghij	Testigo inoculado	10,6 abcdefghij
Arrayán x 1	10,4 bcdefghj	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	11,4 abcdefghij
Arrayán x 2,5	10,0 defghij	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	10,8 abcdefghij
Arrayán x 5	9,0 hij	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	11,0 abcdefghij
Avellano x 1	8,6 ij	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	11,6 abcdefghij
Avellano x 2,5	8,0 j	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	10,7 abcdefghij
Avellano x 5	9,8 efghij	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	10,4 bcdefghij
Canelo x 1	10,4 bcdefghij	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	17,8 abcdefghij
Canelo x 2,5	12,0 abcdefghij	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	15,6 abcdefghij
Canelo x 5	12,0 abcdefghij	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	15,2 abcdefghij
Eucalipto x 1	11,0 abcdefghij	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	18,4 abcdefgh
Eucalipto x 2,5	12,0 abcdefghij	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	18 abcdefghij
Eucalipto x 5	11,6 abcdefghij	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	13,8 abcdefghij
Laurel x 1	11,8 abcdefghij	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	23,4 a
Laurel x 2,5	10,4 bcdefghij	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	20,2 abcd
Laurel x 5	10,2 bcdefghij	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	21,4 abc
Maitén x 1	21,6 ab	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	19,0 abcdef
Maitén x 2,5	17,4 abcdefghij	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	20,0 abcd
Maitén x 5	18,0 abcdefghij	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	16,8 abcdefghij
Maqui x 1	17,2 abcdefghij	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	17,0 abcdefghij
Maqui x 2,5	17,8 abcdefghij	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	18,8 abcdefg
Maqui x 5	17,8 abcdefghij	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	15,8 abcdefghij
Murta x 1	15,6 abcdefghij	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	18,0 abcdefghij
Murta x 2,5	13,0 abcdefghij	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	18,2 abcdefghij
Murta x 5	9,2 ghij	Murta x <i>M. hapla</i> x 5	15,4 abcdefghij

\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

**4.3.3 Peso seco aéreo.** La Figura 5 destaca la respuesta promedio del tejido fresco de cada especie en el peso seco aéreo para sustratos inoculados, se aprecia un efecto de los residuos foliares de arrayán, avellano, canelo, eucalipto y murta para este parámetro en relación al tratamiento control. Por el contrario, los tratamientos con *M. hapla* no afectaron el peso seco aéreo, sin embargo laurel y maqui presentaron un peso seco aéreo estadísticamente superior al testigo inoculado. El gráfico muestra un efecto de los residuos foliares de las especies incorporadas como enmienda sobre este parámetro, no así por parte del inóculo de *M. hapla*.

Las diferentes concentraciones para cada una de las especies incorporadas al sustrato no disminuyeron de manera significativa el peso seco aéreo en plantas de lechuga (Cuadro 10) para los sustratos sin inóculo de *M. hapla* en relación al control sin *M. hapla*, de igual manera para los tratamientos con el nemátodo comparados con el testigo inoculado. Por el contrario, laurel con inóculo al 1% tuvo un aumento significativo de este parámetro. Entre especies y entre concentraciones no se detectaron diferencias estadísticas en los tratamientos sin inóculo; no obstante, en gran parte de los sustratos inoculados un incremento de la concentración implicó una reducción de este parámetro, así los tratamientos murta, eucalipto y canelo al 5% disminuyeron de forma significativa el peso seco aéreo al compararlas con las concentraciones 1%.



**FIGURA 5** Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en el peso seco aéreo (g) de plantas de lechuga (*L. sativa*).

**CUADRO 10 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre el peso seco aéreo (g) de plantas de lechuga.**

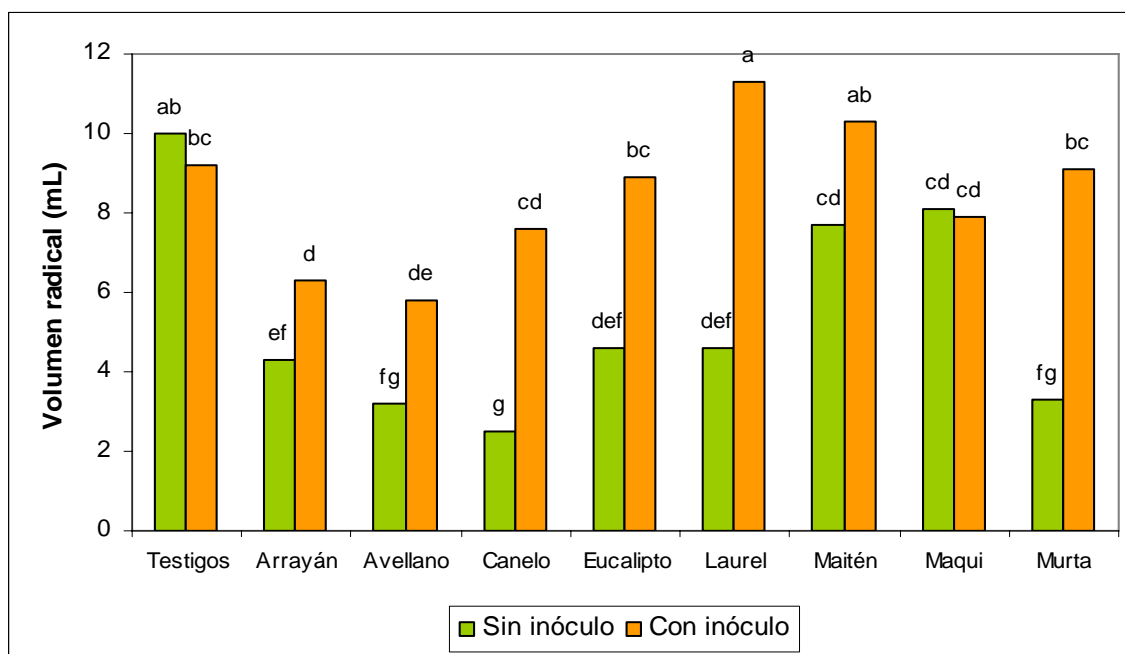
Sin inóculo		Con inóculo	
Especie x Concentración	Peso seco aéreo (g) *	Especie x nemátodo x Concentración	Peso seco aéreo (g) *
Control s/ <i>M. hapla</i>	2,0 abcdefgh	Testigo inoculado	1,9 bcdefgh
Arrayán x 1	1,0 gh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	1,0 gh
Arrayán x 2,5	0,8 gh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	1,0 gh
Arrayán x 5	0,7 gh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	1,2 gh
Avellano x 1	0,8 gh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	1,4 efgh
Avellano x 2,5	0,6 gh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	1,2 gh
Avellano x 5	1,1 gh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	0,8 gh
Canelo x 1	0,6 gh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	2,9 abcd
Canelo x 2,5	0,9 gh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	1,8 cdefgh
Canelo x 5	0,8 gh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	1,4 efgh
Eucalipto x 1	0,8 gh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	3,1 abc
Eucalipto x 2,5	1,0 gh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	2,9 abcd
Eucalipto x 5	0,8 gh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	1,1 gh
Laurel x 1	1,5 defgh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	3,6 a
Laurel x 2,5	1,1 gh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	2,8 abcd
Laurel x 5	1,1 gh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	2,8 abcd
Maitén x 1	1,9 bcdefgh	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	2,9 abcd
Maitén x 2,5	1,6 defgh	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	2,2 abcdefg
Maitén x 5	1,3 fgh	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	1,5 defg
Maqui x 1	1,3 fgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	3,0 abc
Maqui x 2,5	1,7 defgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	3,1 abc
Maqui x 5	1,4 efgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	1,8 cdefgh
Murta x 1	1,3 fgh	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	3,4 ab
Murta x 2,5	0,8 gh	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	2,4 abcdef
Murta x 5	0,3 h	Murta x <i>M. hapla</i> x 5	1,5 defgh

\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

**4.3.4 Volumen radical.** La Figura 6 muestra que el follaje fresco de todas las especies incorporadas al sustrato sin inóculo de *M. hapla* afectó el volumen radical comparado con el tratamiento control, presentando canelo el menor valor promedio.

En el gráfico se muestra que el residuo foliar de las mismas especies en sustrato con inóculo de *M. hapla* comparadas con el testigo inoculado solo los tratamientos de arrayán y avellano afectaron el volumen radical y por el contrario laurel fue significativamente superior, incluso con respecto al control sin *M. hapla*. Es necesario considerar que el aumento de este parámetro se puede relacionar con la formación de agallas en raíces ya que, como señalan EISENBACK Y TRIANTAPHYLLOU (1991) y DUFOUR (2003) el tejido afectado muestra un sobrecrecimiento a causa de la hiperplasia e hipertrofia celular, la cual se traduce en estas nudosidades o agallas en raíces. Si bien hubo un efecto de los residuos foliares de las especies evaluadas en el volumen de raíces, no se aprecia un efecto por parte del inóculo, debido a que los testigos no presentaron diferencias significativas.

En el Cuadro 11 se observa que para los sustratos que no fueron inoculados la mayoría de las especies y sus concentraciones disminuyeron significativamente el volumen de raíces en relación al control sin *M. hapla* con excepción de maitén y maqui que no lo hicieron para ninguna de las tres concentraciones. A pesar de que no se aprecian diferencias estadísticas entre especie y entre concentraciones murta, laurel y arrayán al 1% no afectaron este parámetro comparadas con el testigo absoluto a diferencia de sus concentraciones 2,5% y 5%. Por otra parte, los tratamientos inoculados con *M. hapla* no afectaron este parámetro en relación al testigo inoculado, además no se presentaron diferencias entre las concentraciones.



**FIGURA 6** Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en el volumen radical (mL) de plantas de lechuga (*L. sativa*).

**CUADRO 11 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre el volumen radical (mL) de plantas de lechuga.**

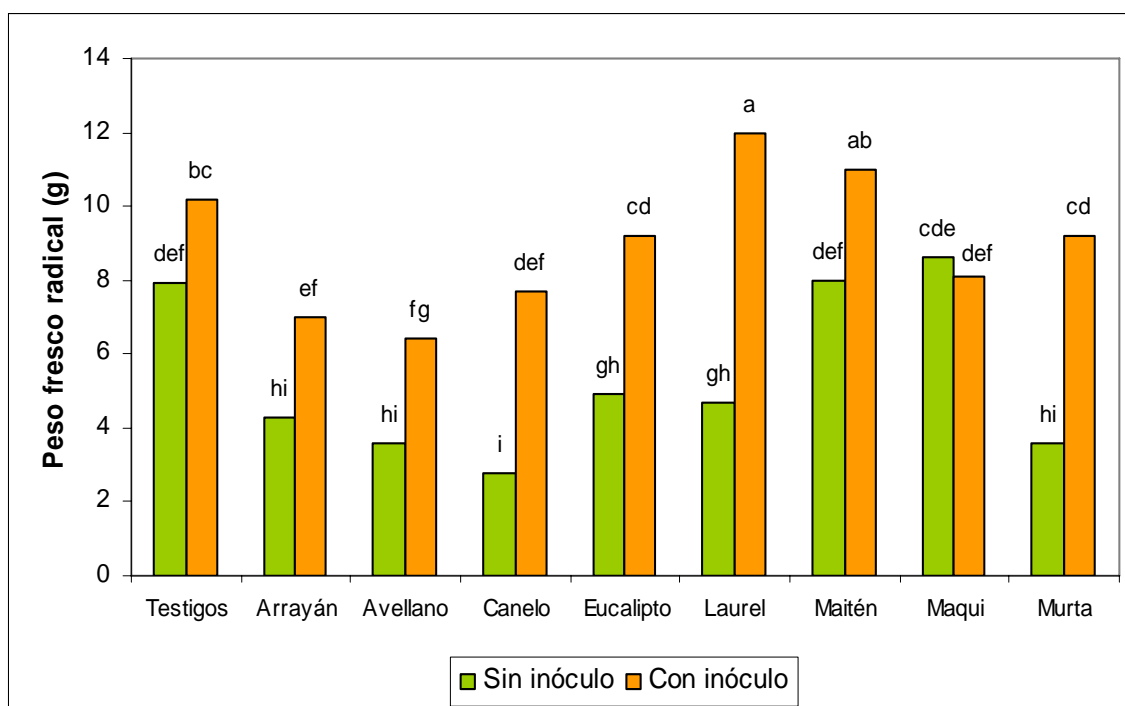
Sin inóculo		Con inóculo	
Especie x Concentración	Volumen radical (mL)*	Especie x nemátodo x Concentración	Volumen radical (mL) *
Control s/ <i>M. hapla</i>	10,0 abc	Testigo inoculado	9,2 abcdefg
Arrayán x 1	5,4 bcdefghi	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	4,8 defghi
Arrayán x 2,5	4,4 efghi	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	5,8 bcdefghi
Arrayán x 5	3,0 ghi	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	8,4 abcdefgh
Avellano x 1	3,0 ghi	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	6,4 abcdefghi
Avellano x 2,5	2,7 ghi	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	6,7 abcdefghi
Avellano x 5	3,8 fghi	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	4,6 defghi
Canelo x 1	2,2 hi	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	7,8 abcdefghi
Canelo x 2,5	2,8 ghi	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	7,6 abcdefghi
Canelo x 5	2,4 hi	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	7,4 abcdefghi
Eucalipto x 1	3,6 fghi	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	9,8 abcd
Eucalipto x 2,5	5,6 bcdefghi	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	9,4 abcdef
Eucalipto x 5	4,6 defghi	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	7,0 abcdefghi
Laurel x 1	5,0 cdefghi	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	12,0 a
Laurel x 2,5	4,6 defghi	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	12,0 a
Laurel x 5	4,2 efghi	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	9,8 abcd
Maitén x 1	9,2 abcdefg	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	10,2 ab
Maitén x 2,5	7,2 abcdefghi	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	10,2 ab
Maitén x 5	6,6 abcdefghi	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	10,4 ab
Maqui x 1	8,2 abcdefgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	8,2 abcdefgh
Maqui x 2,5	8,4 abcdefgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	8,6 abcdefgh
Maqui x 5	7,6 abcdefghi	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	6,8 abcdefghi
Murta x 1	5,6 bcdefghi	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	10,2 ab
Murta x 2,5	2,4 hi	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	9,6 abcde
Murta x 5	1,8 i	Murta x <i>M. hapla</i> x 5	7,6 abcdefghi

\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

**4.3.5 Peso fresco radical.** En los tratamientos que involucran solo la enmienda de hojas frescas de cada especie (Figura 7) se observa que el residuo foliar de todas las especies excepto maitén y maqui disminuyó de manera significativa el peso fresco de raíces comparado con el tratamiento control, esta disminución también ocurrió en relación al testigo inoculado menos en el caso del maqui.

Para los tratamientos con inóculo de *M. hapla*, en el gráfico se aprecia un efecto del arrayán, avellano, canelo y maqui sobre este parámetro; por el contrario, laurel fue significativamente mayor en relación al testigo inoculado.

Con estos resultados se deduce que los residuos foliares de la mayoría de las especies afectó el peso fresco de raíces, además se aprecia un efecto estimulante por parte del inóculo sobre éste parámetro de desarrollo, siendo el testigo inoculado significativamente superior al control sin inóculo. Esto de igual manera que el parámetro analizado en el punto 4.3.4 estaría relacionado con la presencia de agallas en raíces.



**FIGURA 7 Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en el peso fresco radical (g) de plantas de lechuga (*L. sativa*).**

Como se aprecia en el Cuadro 12 no existió un efecto de las distintas concentraciones sobre el peso fresco de raíces en cada especie tanto para los sustratos inoculados como los sin inóculo, al ser comparadas con sus testigos. Tampoco se presentaron diferencias estadísticas entre las concentraciones.



**CUADRO 12 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre el peso fresco radical (g) de plantas de lechuga.**

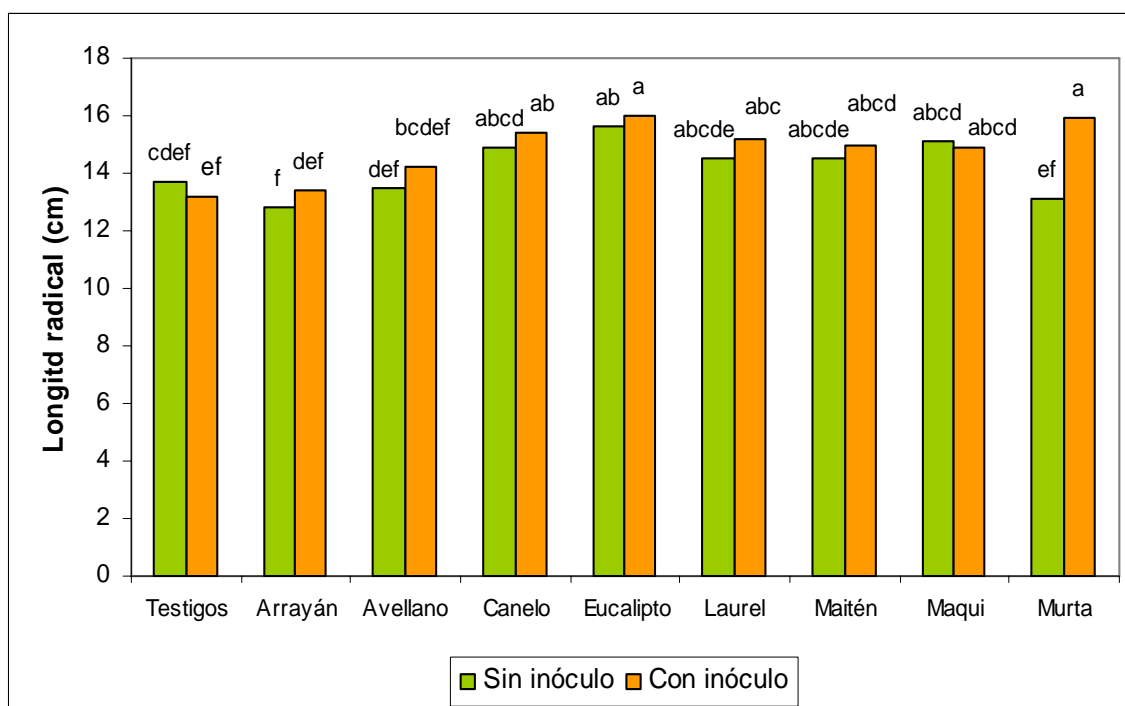
Sin inóculo		Con inóculo	
Especie x Concentración	Peso fresco radical (g) *	Especie x nemátodo x Concentración	Peso fresco radical (g) *
Control s/ <i>M. hapla</i>	7,9 abcdefgh	Testigo inoculado	10,2 abcdef
Arrayán x 1	5,2 cdefgh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	6,0 bcdefgh
Arrayán x 2,5	4,4 efgh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	6,0bcdefgh
Arrayán x 5	3,4 fgh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	8,9 abcdefg
Avellano x 1	3,6 fgh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	6,8 bcdefgh
Avellano x 2,5	3,1 fgh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	7,5 abcdefgh
Avellano x 5	4,3 efgh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	5,3 cdefgh
Canelo x 1	2,5 gh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	8,2 abcdefgh
Canelo x 2,5	3,2 fgh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	7,7 abcdefgh
Canelo x 5	2,8 gh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	7,3 abcdefgh
Eucalipto x 1	3,9 fgh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	9,8 abcdef
Eucalipto x 2,5	6,0 bcdefgh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	10,1 abcdef
Eucalipto x 5	4,7 defgh	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	7,3 abcdefgh
Laurel x 1	5,5 cdefgh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	13,4 a
Laurel x 2,5	4,4 efgh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	11,9 ab
Laurel x 5	4,3 efgh	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	10,7 abcde
Maitén x 1	9,5 abcdefg	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	10,7 abcde
Maitén x 2,5	7,5 abcdefgh	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	11,0 abcd
Maitén x 5	7,2 abcdefgh	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	11,2 abc
Maqui x 1	8,6 abcdefg	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	8,7 abcdefg
Maqui x 2,5	8,9 abcdefg	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	8,9 abcdefg
Maqui x 5	8,2 abcdefgh	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	6,7 bcdefgh
Murta x 1	6 bcdefgh	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	10,1 abcdef
Murta x 2,5	2,8 gh	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	9,9 abcdef
Murta x 5	2.0 h	Murta x <i>M. hanla</i> x 5	7.6 abcdefgh

\* Letras distintas el la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

**4.3.6 Longitud radical.** La Figura 8 muestra que los tratamientos que involucran solo el tejido fresco de las especies incorporadas al sustrato sin inóculo, no disminuyeron estadísticamente la longitud de raíces comparado con el control sin *M. hapla*, siendo eucalipto significativamente superior. En el grafico se aprecia que los sustratos inoculados no afectaron este parámetro para ninguna especie. Por el contrario: canelo, eucalipto, laurel, maitén, maqui y murta fueron significativamente superiores al

testigo inoculado. Por lo tanto los residuos foliares al igual que el inóculo no afectaron este parámetro.

Los sustratos sin inóculo de *M. hapla* no disminuyeron la longitud de raíces en relación al tratamiento control para ninguna concentración (Cuadro 13), de igual manera para los sustratos inoculados. Por el contrario para ambos casos algunos tratamientos se vieron favorecidos en cuanto a este parámetro.



**FIGURA 8** Efecto de la incorporación como enmienda al sustrato de tejido foliar fresco de especies arbóreas y arbustivas y de la inoculación con *M. hapla* en la longitud radical (cm) de plantas de lechuga (*L. sativa*).

**CUADRO 13 Efecto de la concentración de tejido fresco incorporado como enmienda al sustrato y de la inoculación de *M. hapla* sobre la longitud radical (cm) de plantas de lechuga.**

Sin nemátodo		Con nemátodo	
Especie x Concentración	Longitud radical (cm) *	Especie x nemátodo x Concentración	Longitud radical (cm) *
Control s/ <i>M. hapla</i>	13,7 defgh	Testigo inoculado	13,2 efgh
Arrayán x 1	11,6 h	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 1	12,6 gh
Arrayán x 2,5	13,8 cdefg	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 2,5	13,8 cdefg
Arrayán x 5	13 fgh	Arrayán x <i>M. hapla</i> x 5	13,8 cdefg
Avellano x 1	14,4 cdefg	Avellano x <i>M. hapla</i> x 1	13,8 cdefg
Avellano x 2,5	12,6 gh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 2,5	14,8 bcdef
Avellano x 5	13,5 defgh	Avellano x <i>M. hapla</i> x 5	14,3 cdefg
Canelo x 1	15,9 abcd	Canelo x <i>M. hapla</i> x 1	15,2 bcdef
Canelo x 2,5	15,8 abcd	Canelo x <i>M. hapla</i> x 2,5	15,7 abcde
Canelo x 5	13 fgh	Canelo x <i>M. hapla</i> x 5	15,4 abcde
Eucalipto x 1	15,7 abcde	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 1	14,5 cdefg
Eucalipto x 2,5	16,7 ab	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 2,5	17,5 a
Eucalipto x 5	14,3 cdefg	Eucalipto x <i>M. hapla</i> x 5	15,8 abcd
Laurel x 1	14,2 cdefg	Laurel x <i>M. hapla</i> x 1	15 bcdef
Laurel x 2,5	15,5 abcde	Laurel x <i>M. hapla</i> x 2,5	16,1 abc
Laurel x 5	13,9 cdefg	Laurel x <i>M. hapla</i> x 5	14,6 bcdef
Maitén x 1	14,8 bcdef	Maitén x <i>M. hapla</i> x 1	15,3 abcde
Maitén x 2,5	14,9 bcdef	Maitén x <i>M. hapla</i> x 2,5	14,9 bcdef
Maitén x 5	13,8 cdefg	Maitén x <i>M. hapla</i> x 5	14,8 bcdef
Maqui x 1	14,6 bcdef	Maqui x <i>M. hapla</i> x 1	15 bcdef
Maqui x 2,5	15,3 abcde	Maqui x <i>M. hapla</i> x 2,5	15 bcdef
Maqui x 5	15,2 bcdef	Maqui x <i>M. hapla</i> x 5	14,7 bcdef
Murta x 1	13,9 cdefg	Murta x <i>M. hapla</i> x 1	15,8 abcd
Murta x 2,5	12,8 gh	Murta x <i>M. hapla</i> x 2,5	15,9 abcd
Murta x 5	12,7 gh	Murta x <i>M. hapla</i> x 5	16,1 abc

\* Letras distintas en la columna denotan diferencias significativas al 95% de confianza ( $p < 0,05$ ), Test de Duncan

## 5 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo se concluye lo siguiente:

Se acepta la hipótesis planteada puesto que los residuos foliares de todas las especies evaluadas en el ensayo tuvo algún efecto sobre *M. hapla* disminuyendo, en mayor o menor proporción la capacidad de infestación de éste nemátodo.

La incorporación al sustrato de hojas frescas trituradas de arrayán, avellano, canelo, eucalipto, laurel, maitén, maqui y murta tuvieron un efecto significativo al disminuir el índice de agallamiento en raíces de lechuga y el total de huevos y juveniles formados por planta.

El tejido fresco de maitén y laurel fueron los que disminuyeron en mayor proporción la formación de agallas en raíces y el número de huevos y juveniles por planta.

Para las tres concentraciones de tejido evaluadas por especie no se detectaron diferencias significativas tanto en la formación de agallas como en el número de huevos y juveniles en raíces de lechuga, es decir, concentraciones altas redujeron de igual manera que concentraciones bajas.

Los residuos foliares de todas las especies incorporadas al sustrato sin inóculo de *M. hapla* redujeron la altura de plantas de lechuga, para el caso del peso seco aéreo, volumen radical y el peso fresco radical la mayoría de las especies tuvieron el mismo efecto, sin embargo, no disminuyeron el número de hojas ni la longitud radical.

Para la mayoría de los parámetros de desarrollo no hubo un efecto por parte del inóculo de *M. hapla*, a excepción de la altura de plantas la cual se redujo, y por el contrario, el peso fresco radical fue estimulado.

Por lo tanto, los residuos foliares de las especies evaluadas si bien reducen la formación de agallas y la población de nemátodos de *M. hapla*, tienen un efecto adverso sobre plantas de lechuga, especie que fue utilizada como planta indicadora, reduciendo especialmente la altura y el peso seco de las plantas.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- ABALLAY, E. 2005. Uso de plantas antagónicas para el control de nemátodos fitoparásitos en vides. (On line). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. <[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_agronomicas/montealegre\\_j/19html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montealegre_j/19html)>. (19 junio 2006).
- ABALLAY, E., FLORES, P. y INSUNZA, V. 2001. Efecto nematicida de ocho especies vegetales sobre *Xiphinema americanum* sensu latu, en *Vitis vinífera* (Var. Cabernet Sauvignon en Chile). Nematrópica 31(1): 95-102.
- ABALLAY, E. y INSUNZA, V. 2002. Evaluación de plantas con propiedades nematicidas en el control de *Xiphinema index* en vid de mesa cv. Thompson seedless en la zona central de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 62: 357-365.
- AGRIOS, G. 1991. Fitopatología. 2<sup>a</sup> ed. México D. F., Limusa. 756p.
- APPLEMAN, L. 2003. Screening for root knot nematode (*Meloidogyne hapla*) using lettuce. Journal of Undergraduate Research VI. pp: 1-3.
- AKHTAR, M. y MAHMOOD, I. 1994. Nematode populations and short-term tomato growth in response to neem-based products and other soil amendments. Nematrópica 24: 169-173.
- BARRIA, H. 1997. Efecto de nueve concentraciones de inóculo de *Meloidogyne hapla* Chitwood, en el desarrollo de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y trébol rosado (*Trifolium pratense* L.), bajo condiciones de invernadero. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 97 p.
- BÖHM, L. 1986. Evaluación de la resistencia a *Meloidogyne incognita*, en clones del germoplasma chileno de papas. AgroSur 14: 127-130.
- CAILLAUD, M.; DUBREUIL, G.; QUENTIN, M.; PERFUS-BARBEOCH, L.; LECOMTE, P.; DE ALMEIDA, J.; ABAD, P.; ROSSO, M. y FAVERY, B. 2007. Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. Journal of Plant Physiology 165:104-113.

- CHACÓN, P. Y ARMESTO, J. 2006. Do carbon-based defences reduce foliar damage? Habitat-related effects on tree seedling performance in a temperate rainforest of Chiloe´ Island, Chile. *Oecologia* 146: 555-565.
- CHAVARRÍA-CARVAJAL, J.A.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; KLOEPPER, J.W. y MORGAN-JONES. 2001. Changes in populations of microorganisms associated with organic amendments and benzaldehyde to control plant-parasitic nematodes. *Nematropica* 31: 165-180.
- CHITWOOD, D.J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology* 40:221-249.
- CHRISTIE, J. 1974. Nematodos de los vegetales su ecología y control. Departamento de Entomología. Estación Experimental Agrícola Universidad de Florida. Mexico. Limusa. 275 p.
- DROPKIN, V. 1980. Introduction to plant nemathology. New York, USA. Wiley. 293 p.
- DUFOUR, R., GUERENA, M y EARLES, R. 2003. Alternative Nematode Control. Pest Management Technical Note. (On line). NCAT. California, USA. <<http://www.attra.ncat.org/attra-pub/nematode.html>> (20 julio 2006).
- EISENBACK, J.D. 1985. Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne*(root-knot nematodes. In: Sasser, J.N. y Janssene, C.C. (eds.). *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Raleigh, USA. North Carolina State University. pp: 47- 77
- EISENBACK, J. y TRIANTAPHYLLOU, H. 1991. Root-knot nematode: *Meloidogyne* species and races. In: Nickle, W(ed). *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker, New York, USA. pp. 1991-274.
- EVANS, K.; TRUDGILL, D. y WEBSTER, J. 1993. Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. University Press, Cambridge. 648 p.
- GALPER, S.; COHN,E.; SPIEGEL,Y. y CHEI,I. 1990. Nematicidal effect of collagen-amended soil and the influence of protease and collagenase. *Revue Nematologie* 13: 67-71.

- HALBRENDT, J.M. 1996. Allelopathy in the management of Plant-Parasitic Nematodes. *Journal of Nematology* 28(1):8-14.
- HOFFMANN, A., FARGA, C., LASTRA, J. y VEGHAZI, E. 1992. Plantas medicinales de uso común en Chile. Santiago, Chile . Fundación Claudio Gay. 267 p.
- HOFMANN, J. y GRUNDLER, M.W. 2007. How do nematodes get their sweets? Solute supply to sedentary plant-parasitic nematodes. *Nematology* 9(4):451-458.
- HUSSEY, R. 1985. Host-parasitic relationships and associated physiological changes. In: Sasser, J. y Carter, C. (eds.) *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. I: Biology and Control. pp. 143-153.
- HUSSEY, R y BARKER, K. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne spp.*, including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57: 1025-1028.
- HUSSEY, R. y JANSSEN, G. 2002. Root-knot Nematodes: *Meloidogyne* species. In: Starr, J.L. , Cook, R. y Bridge, J.(eds). *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. USA. Cab International. Pp.43-70.
- IBRAHIM, S.K.; TRABOULSI, A.F. Y EL-HAJ, S. 2006. Effect of essential oils and plant extracts on hatching, migration and mortality of *Meloidogyne incognita*. *Phytopathologia Mediteranea* 45: 238-246.
- INSERRA, R.N.; VOVLAS, N.; O`BANNON, J.H. y GRIFFIN, G.D. 1985. Development of *Meloidogyne* Chitwood on wheat. *Journal of Nematology* 17(3): 322-326.
- INSUNZA, V., ABALLAY, E. y MACAYA, J. 2001. In vitro nematicidal activity of aqueous extracts of chilean populations of *Xiphinema americanum* sensu latu. *Nematrópica* 31:47-54.
- INSUNZA, V. y VALENZUELA, A. 1995. Control of *Ditylenchus dipsaci* on garlic (*Allium sativum*) with extracts of medicinal plants from Chile. *Nematrópica* 25(1): 35-41.
- JEPSON, S. 1987. Identification of Root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*). *The Cambrian News*. Albergstwyth, United Kingdom.265p.

- MAGUNACELAYA, J.C. y DAGNINO, E. 1999. Nematología agrícola en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Serie ciencias Agronómicas N° 2, 282p.
- MAI, W. y ABAWI, B. 1987. Interactions among root-knot nematodes and *Fusarium* wilt fungi on host plants. Annual Review of Phytopathology. 25: 317-338.
- MONTES, M y WILKOMIRSKY, T. 1992. Medicina tradicional chilena. Chile. Universidad de Concepción. 206p.
- NEIRA, M., HEINSOHN, P. y CARRILLO, R. 2004. Efecto de aceites esenciales de lavanda y laurel sobre el ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). Agricultura Técnica 64: 238-244.
- OKA, Y., NACAR, S., PUTIEUSKY, E., ZOHARA, Y. y SPIEGAL, Y. 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root knot nematode. Phytopathology 90(7):710-715.
- PANDEY, R. 2000. Additive effect of three organic materials and nematicides on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and yield of *Mentha arvensis*. Nematropica 30: 154-160.
- RODRIGUEZ- KABANA, R.; MORGAN-JONES, G. y CHET, L. 1987. Biological control of nematode: soil amendment and microbial antagonist. Plant and Soil 100:237-247.
- RUBILAR, R.; PINELO, M.; IHL, M.; SCHEUERMANN, E.; SINEIRO, J. Y NÚÑEZ, M.J. 2006. Murta leaves (*Ugni molinae* Turcz) as a source of antioxidant polyphenols. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 59-64.
- SASSER, J. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematode (*Meloidogyne* sp.). Journal of Nematology 9:26-29.
- SASSER, J. 1989. Plant-parasitic nematodes: the farmer's hidden enemy. Department of plant pathology. North Carolina State University Graphics, USA. 115 p.



- SASSER, J. y CARTER, C. 1985. An advanced treatise on *Meloidogyne*. Volume I: biology and control. U.S.A. North Carolina State University. Department of plant pathology. 422 p.
- SIDDIQI, M. 1986. *Tylenchida*. Parasites of Plants and Insects. Institute of Parasitology by the Commonwealth Agricultural Bureaux Farnham Royal. Slough, United Kingdom. 645p.
- STRAUCH, G. 1998. Efecto de la interacción de nemátodos endoparásitos sedentarios en trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y trébol rosado (*Trifolium pratense* L.). Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 99 p.
- TABA, S.; SAWADA, J. y MOROMIZATO. 2008. Nematicidal activity of Okinawa Island plants on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. *Plant Soil* 303: 207- 216.
- TACON, A. 2002. Manejo de productos forestales no maderables; una oportunidad para la Cordillera de la Costa. (On line). [www.tsocial.ulagos.cl/apuntes/pdf\(31agosto2007\)](http://www.tsocial.ulagos.cl/apuntes/pdf(31agosto2007)).
- TALAVERA, M. 2003. Manual de nematología agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. (On line). [http://dgagric.caib.es/experimentacio\\_vegetal/pdf/publicacions/treballs\\_investigacio/18732\\_1.pdf](http://dgagric.caib.es/experimentacio_vegetal/pdf/publicacions/treballs_investigacio/18732_1.pdf) > (19 junio 2006).
- TAYLOR, A. and SASSER, J. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz (*Meloidogyne spp.*). Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte. 111 p.
- TAYLOR, A. and SASSER, J. 1978. Experimental and Agronomic use of Nematicides. International *Meloidogyne* Project, North Carolina State University. North Carolina, USA.
- THORNE, G. 1961. Principles of nematology. New York, USA. Mc Graw- Hill Publications in the Agricultural Sciences. 553 p.
- TSAY, T.T.; WU, S.T. y LIN, Y.Y. 2004. Evaluation of Asteraceae plants for control of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 36: 36-41.

- VAN DER PUTTEN, W.H.; COOK, R.; COSTA, S.; DAVIES, K.G.; FARGETTE, M.; FREITAS, H.; HOL, W.H.G.; KERRY, B.R.; MAHEY, N.; MATEILLE, T.; MOENS, M.; DE LA PEÑA, E.; PISKIEWICZ, A.M.; RAEYMAEKERS, A.D.W.; RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. y VAN DER WURFF, A.W.G. 2006. Nematode interactions in nature: models for sustainable control of nematode pests of crop plants. *Advances in Agronomy* 89:227-260.
- VARAS, D. 2004. Análisis de flavonoides en plantas medicinales del Sur de Chile con técnica HPLC. Tesis Quim. Farm. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias. 23p.
- WIDMER, T.L. y ABAWI, G.S. 2000. Mechanism of suppression of *Meloidogyne hapla* and its damage by a green manure of Sudan grass. *Plant Disease*. 84:562-568.
- WYSS, U.; GRUNDLER, F.M.W. y MÜNCH, A. 1992. The parasitic behavior of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Nematologica* 38: 98-111.
- YEATES, G. 1998. Feeding in free-living soil nematodes: a functional approach. In: Perry, R.N. y Wright, D.J. (eds). *Free-living and plant-parasitic nematodes*. Londres. CAB International. pp:245-270.
- YEN, Y.; YEH, M.J. Y HSIAO, W.F. 2007. Synthesis and nematocidal activity of ascaridole derivatives against *Meloidogyne incognita* and *Aphelenchoides besseyi*. *Journal of Pesticide Science* 32: 49-52.
- ZAVALETA, E.; CASTRO, A.E. y ZAMUDIO, V. 1993. Efecto del cultivo e incorporación de *Tagetes erecta* L. sobre la población e infección de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en Chile (*Capsicum annum* L.). *Nematropica* 23: 49-56.

## ANEXOS

### ANEXO 1 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en el total de propágulos (nº huevos y juveniles)

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	P
Tratamiento	8	312539,0	39067,3	14,890	0,000 **
Residuos	113	296455,0	2623,5		
Total Corregido	121	608994,0			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

### ANEXO 2 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en el total de propágulos (nº huevos y juveniles)

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento	24	362204,0	15091,9	5,930	0,000 **
Residuos	97	246789,0	2544,2		
Total Corregido	121	608994,0			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

### ANEXO 3 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre la altura de plantas (cm)

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	17	2177,580	128,093	19,730	0,000 **
Residuos	229	1486,660	6,492		
Total Corregido	246	3664,240			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 4 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el peso seco aéreo (gr)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	17	133,378	7,846	14,180	0,000 **
Residuos	229	126,691	0,553		
Total Corregido	246	260,069			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 5 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el volumen radical (ml)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	17	1685,180	99,128	23,250	0,000 **
Residuos	229	976,489	4,264		
Total Corregido	246	2661,670			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 6 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el peso fresco radical (gr)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	17	1749,980	102,940	24,890	0,000 **
Residuos	229	946,910	4,135		
Total Corregido	246	2696,890			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 7 Análisis de varianza para el efecto promedio por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre la longitud radical (cm)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	17	227,882	13,405	4,400	0,000 **
Residuos	229	697,979	3,048		
Total Corregido	246	925,862			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 8 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre la altura de plantas (cm)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	53	4877,890	92,036	12,330	0,000 **
Residuos	213	1590,320	7,466		
Total Corregido	266	6468,210			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 9 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el peso seco aéreo (gr)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	53	180,193	3,400	8,230	0,000 **
Residuos	213	87,963	0,413		
Total Corregido	266	268,156			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 10 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el volumen radical (ml)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	53	2046,510	38,614	9,880	0,000 **
Residuos	213	832,167	3,907		
Total Corregido	266	2878,680			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 11 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre el peso fresco radical (gr)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	53	2056,920	38,810	10,240	0,000 **
Residuos	213	807,342	3,790		
Total Corregido	266	2864,260			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )

**ANEXO 12 Análisis de varianza para el efecto de cada concentración por especie en sustratos con y sin inóculo de *M. hapla* sobre la longitud radical (cm)**

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P
Tratamiento (especie)	53	366,535	6,916	2,300	0,000 **
Residuos	213	639,415	3,002		
Total Corregido	266	1005,950			

\*\* Significativo al 99% de confianza ( $p < 0,01$ )