

**CONTROL DE NEMÁTODOS EN CULTIVO DE *DAUCUS CAROTA* CON  
MICELIO DE HONGOS DE LA ESPECIE *Pleurotus ostreatus* Y  
APLICACIONES DE HONGOS MICORRÍZICOS**

**Nicolás Cajamarca Tovar**

**Herbario Universidad El Bosque**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE, FACULTAD DE CIENCIAS, PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
BOGOTÁ, COLOMBIA**

**2022**

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**CONTROL DE NEMÁTODOS EN CULTIVO DE *DAUCUS CAROTA* CON  
MICELIO DE HONGOS DEL GÉNERO *Pleurotus ostreatus* Y APLICACIONES  
DE HONGOS MICORRÍZICOS**

**Nicolás Cajamarca Tovar**

**Director:**

**Biólogo. MSc. Fisiología de cultivos. Héctor Orlando Lancheros Redondo**

**Herbario Universidad El Bosque**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE, FACULTAD DE CIENCIAS, PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

**BOGOTÁ, COLOMBIA**

**2022**

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**Página de Aprobación**

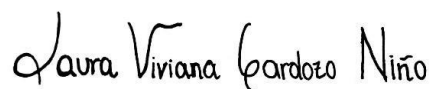
**Nota de Aprobación**

---

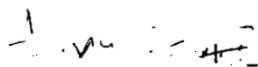
---



**Director: M.Sc. Héctor Orlando Lancheros Redondo**



Laura Viviana Cardozo Niño  
**Jurado. Externo.**



Jeimy Tatiana Gómez Benavides  
**Jurado. Externo.**



Wilson Andrés Moscoso Organista  
**Jurado. Biol.**

**Bogotá D.C. 23 de mayo de 2022**

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**Nota de salvedad**

"La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, sólo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia"

# **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

## **Agradecimientos y dedicatoria**

A mi mamá, por ser el motor en mi vida, ya que sin su infinito apoyo nada de esto hubiese sido posible, todos mis logros se los debo a ella y a toda su paciencia y esfuerzo al momento de forjarme como persona.

A mi abuelita, por ser un apoyo desde siempre y tener la dedicación y el cariño de formarme como persona.

A mis tíos Carlos y Diego y mi tía Clarita, por ser como mis papás y apoyarme desde siempre en todas las decisiones que he tomado, y darme los consejos y el apoyo necesario para lograr ser la persona y el profesional que soy hoy.

A Samuel y Gabriela, por ser un motivo para lograr formarme y ser una persona ejemplar para ellos.

A mi abuelito, que me mira y me cuida desde el cielo y desde siempre fue todo un apoyo, quien siempre estuvo ahí para darme lo mejor y ser mi mayor ejemplo en la vida.

A mis tías por estar siempre para mí en todo momento, darme apoyo y ser un hogar para mí.

A mis primos Alejandro, Andrés y Santiago, por estar en todo momento apoyando las decisiones que quise tomar y ser un ejemplo en mi vida.

A Nicolle, por ser la persona que a diario me fortalece y me da el apoyo necesario para continuar a pesar de lo que sea, la bióloga y persona que admiro y amo, por recorrer todo este camino a mi lado desde siempre.

A José, Martha, Aura y Miriam, por ser como mi segundo hogar y estar siempre para mí apoyándome y aguantándome a diario

A mis mejores amigos, Andrés, Laura y Chucho, por estar en todo momento y ser un apoyo incondicional desde hace muchos años en cualquier cosa que he querido lograr.

A Héctor, mi maestro, quien me ha enseñado todo lo que sé en la botánica y la micología.

A Rocky y Bongo, por enseñarme que la vida es mucho más sencilla de lo que uno cree, que las pequeñas cosas se pueden disfrutar, y que el amor puede ser más que sincero.

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**Tabla de Contenido**

Resumen	
Abstract	
Introducción .....	1
1 Marco de referencia .....	3
1.1 <i>Daucus carota</i> .....	3
1.1.1 Descripción taxonómica.....	3
1.1.2 Cultivo de zanahoria en Colombia.....	3
1.2 Nemátodos.....	3
1.2.1 Nemátodos fitopatógenos.....	3
1.2.2 Nemátodos Ectoparásitos .....	4
1.2.3 Nemátodos Semiendoparásitos .....	4
1.2.4 Nematodos Endoparásitos.....	4
1.3 Hongos nematófagos .....	4
1.3.1 Hongos capturadores.....	5
1.3.2 Hongos Parásitos.....	5
1.3.3 Hongos productores de toxinas .....	5
2 Pregunta de investigación .....	6
3 Justificación .....	7
4 Objetivos .....	8
4.1 Objetivo General .....	8
4.2 Objetivos Específicos .....	8
5 Materiales y métodos .....	9
5.1 Área de estudio .....	9
5.2 Diseño experimental.....	9
5.3 Tamizaje de Nemátodos .....	10
5.4 Infección de nematodos.....	11
5.5 Obtención del sustrato de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
5.6 Tratamientos .....	12
5.7 Siembras al azar.....	13

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

5.8	Variables.....	14
5.9	Variables finales .....	16
5.10	Síntomas .....	16
5.11	Efecto de los hongos sobre los nemátodos .....	16
5.12	Análisis estadísticos.....	16
6	Resultados y discusión.....	18
6.1	Síntomas .....	18
6.2	Altura.....	21
6.2.1	Con aplicación 0 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	21
6.2.2	Con aplicación 1 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	22
6.2.3	Con aplicación 2 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	23
6.2.4	Última semana de crecimiento.....	24
6.3	Área basal .....	25
6.3.1	Con aplicación 0 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	25
6.3.2	Con aplicación 1 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	26
6.3.3	Con aplicación 2 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	27
6.3.4	Última semana de crecimiento.....	28
6.4	Área lateral .....	29
6.4.1	Con aplicación 0 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	29
6.4.2	Con aplicación 1 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	30
6.4.3	Con aplicación 2 de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	31
6.4.4	Última semana de crecimiento.....	32
6.5	Área foliar.....	33
6.6	Análisis de varianzas (ANOVA).....	34
6.6.1	Altura .....	34
6.6.2	Área Basal .....	35
6.6.3	Área Lateral.....	36
6.6.4	Área Foliar .....	37
6.7	Índice de clorofila.....	38
6.8	Variables finales .....	39
7	Conclusiones .....	41
8	Referencias bibliográficas.....	42

### **Lista de figuras**

**Figura 1.** Invernadero del programa de Biología de la Universidad El Bosque

**Figura 2.** Área urbana de Macanal, Boyacá, en el cual se localizaba el cultivo de Orellanas con fines comerciales

**Figura 3.** Cultivo de *Pleurotus ostreatus*. En Macanal, Boyacá

**Figura 4.** Distribución de las bolsas con tratamientos y plántulas de zanahoria en etapa de endurecimiento

**Figura 5.** A) área lateral de las plantas de *Daucus carota*; B) área basal de *Daucus carota*

**Figura 6.** Cálculo del área lateral con ImageJ usando una fotografía con escala

**Figura 7.** Coloración de las hojas de *Daucus carota* en el tratamiento control (P0M0)

**Figura 8.** Deformidades y formación de agallas en las raíces infectadas por nemátodos de *Daucus carota*. A y B) Crecimiento anormal (delgadez y alargamiento) de las raíces; C y D) formación de agallas y deformaciones en raíces secundarias

**Figura 9.** Necrosis tisular en *Daucus carota*, A) Necrosis severa en los tejidos vasculares de la raíz. B) Necrosis en los tejidos epidérmicos de la raíz; C) Necrosis en una gran porción de los tejidos vasculares; D) Tejidos epidérmicos en inicios de necrosis.

**Figura 10.** Zanahorias con tejidos y desarrollo sanos. A) Tratamiento P1M2; B) Tratamiento P2M2

**Figura 11.** Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 12.** Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 13.** Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 14.** Comparación de altura de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

**Figura 15.** Área Basal de plantas con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 16.** Área Basal de plantas con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos



## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

**Figura 17.** Área Basal de plantas con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 18.** Comparación de área basal de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

**Figura 19.** Área lateral de plantas con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 20.** Área lateral de plantas con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 21.** Área lateral de plantas con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

**Figura 22.** Comparación de área basal de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

**Figura 23.** Comparación de área foliar de todos los tratamientos, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

**Figura 24.** Promedio de altura de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P<0.05$ )

**Figura 25.** Promedio de área basal de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P<0.05$ )

**Figura 26.** Promedio de área lateral de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P<0.05$ )

**Figura 27.** Promedio de área foliar de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P<0.05$ )

**Figura 28.** Promedio de índice de clorofila de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P<0.05$ )

**Figura 29.** Efectos de *Pleurotus ostreatus ostreatus* y micorrizas sobre la morfología de los nematodos. A) Reducción y deformación de la cola; B) Nematodo parasitado y consumido por las hifas de micorrizas; C) Nematodo con deformación severa en la cabeza; D) Nemátodo con la cola reducida y deformada por *Pleurotus ostreatus ostreatus*

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**Lista de Tablas**

**Tabla 1.** Diseño factorial 3x3 de dosis de *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de micorrizas

**Tabla 2.** Cantidad en gramos de Micorrizas/*Pleurotus ostreatus* por cada tratamiento propuesto

**Tabla 3.** Análisis de varianzas de las variables con base en los tratamientos, valor  $\alpha=0.05$

# **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

## **Lista de anexos**

**Anexo 1.** Prueba de Levene de homogeneidad de varianzas

**Anexo 2.** Prueba de normalidad para los datos transformados

**Anexo 3.** Análisis de varianzas para los datos fenológicos con base en los tratamientos utilizados.

**Anexo 4.** Análisis de varianza para los datos de índice de clorofila.

**Anexo 5.** Masa seca total de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas

**Anexo 6.** Masa seca aérea de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas

**Anexo 7.** Masa seca subterránea de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas

**Anexo 8.** Producto comercial de micorrizas con inóculo de los géneros *Glomus sp.* y *Acaulospora sp.*

# **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

## **Resumen**

La agricultura es una actividad de gran importancia en la economía Colombiana, siendo el cultivo de hortalizas uno de los más importantes para el país, con producciones mayores a 2 millones de toneladas por año, entre esta producción se encuentra la zanahoria la cual representa un total del 57% de la producción nacional de hortalizas. Este tipo de cultivos se encuentran expuestos a plagas y enfermedades entre las cuales están los nemátodos, que afectan el desarrollo y correcto rendimiento de los cultivos de zanahoria, por lo cual se hace necesario generar alternativas a los clásicos plaguicidas de origen químico que afectan los recursos del suelo e hídricos, y directamente causan afectaciones graves a la salud humana, desde este punto de vista, el uso de los controles biológicos para este tipo de plagas utilizando biopesticidas ha ido extendiendo la necesidad de encontrar nuevas herramientas biológicas para este fin. En este estudio se realizó una evaluación del efecto de sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus*. Y micorrizas arbusculares en el control de nemátodos en un cultivo de zanahorias las cuales fueron sometidas a una infección por 10 semanas, donde se tomaron datos de altura, área basal, área lateral y área foliar, de esta forma se logró identificar los síntomas presentados por las plantas y el efecto en las variables fenológicas, al finalizar el estudio se encontró que ambos hongos lograron controlar la presencia de nematodos fitopatógenos, sin embargo *Pleurotus ostreatus*, tuvo efectos negativos en las plantas al retrasar su crecimiento, y las micorrizas arbusculares lograron promover el crecimiento de las plantas.

# **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

## **Abstract**

Agriculture is an activity of great importance in the Colombian economy, being the cultivation of vegetables one of the most important for the country, with productions greater than 2 million tons per year, among this production is the carrot which represents a total 57% of the national production of vegetables. These types of crops are exposed to pests and diseases, among which are nematodes, which affects the development and correct yield of carrot crops, for which it is necessary to generate alternatives to the classic pesticides of chemical origin that affects soil and water resources, and directly cause serious effects on human health, from this point of view, the use of biological controls for this type of pests using biopesticides has been spreading the need to find new biological tools for this purpose. In this study, an evaluation of the effect of the depleted substrate of *Pleurotus ostreatus* And arbuscular mycorrhizae in the control of nematodes in a carrot crop which were subjected to an infection for 10 weeks, where data of height, basal area, lateral area and foliar area were taken, in this way the symptoms are identified. presented by the plants and the effect on the phenological variables, at the end of the study it was found that both fungi managed to control the presence of phytopathogenic nematodes, however *Pleurotus ostreatus* had negative effects on the plants by delaying their growth, and the arbuscular mycorrhizae managed to promote plant growth.

# **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* Con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

## **Introducción**

La agricultura es una de las principales actividades económicas en Colombia, con una producción de aproximadamente 2.329.601 toneladas de hortalizas al año, en un total de 135.954 hectáreas de cultivo, siendo Antioquia, Boyacá y Cundinamarca los principales productores de Zanahoria con el 57% de la producción en Colombia (Minagricultura, 2020) por este motivo, la cosecha debe tener un rendimiento cercano al 100%, sin embargo las enfermedades y parásitos afectan gravemente este indicador, y los agricultores optan por usar plaguicidas de origen químico, afectando no solo la salud del suelo, sino además, la extensa contaminación en el recurso hídrico, reportándose residuales de Mancozeb y Carbofuran en muestras de agua en el departamento de Boyacá (Alza Camacho *et al.*, 2016), este uso excesivo de plaguicidas químicos afectan gravemente la salud humana específicamente el sistema nervioso central, el sistema digestivo y la piel (Uribe *et al.*, 2012).

Entre las plagas que afectan los cultivos Colombianos y en los cuales se usa la mayor cantidad de plaguicidas químicos, están los nemátodos causantes de agallamiento y necrosis tisular en las zanahorias, para el control de estos es común el uso de carbamatos como el carbofuran anteriormente mencionado, por este motivo ha surgido la necesidad de generar alternativas de control biológico que no afecten negativamente ni el ambiente ni la salud humana, con el uso de hongos nematófagos se fomenta el control de fitopatógenos y fitoparásitos de manera biológica y sostenible (Piedra-Naranjo, 2008).

El sustrato agotado en el cual ya no existe más fructificación de *Pleurotus ostreatus*, produce sustancias con efectos nematicidas que paralizan y consumen a los nemátodos (Khan *et al.*, 2014; Monfort Prieto, 2004), este puede ser usado, integrándolo a un ciclo de vida de cultivos mixtos, en el cual los residuos de cultivos hortícolas pueden ser usados para el cultivo de los hongos, una vez que el sustrato este agotado y no fructifique más, este puede ser usado integrándolo a los cultivos para el control de infección de

## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

nemátodos y otros organismos fitopatógenos, además de poder se complementado con el uso de micorrizas, un conocido biofertilizante, que también tiene acción nematicida (Elsen *et al.*, 2002), adicionalmente es una alternativa eficiente y sin daños al suelo, las fuentes hídricas y la salud humana. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrizicos en el control de nemátodos fitopatógenos en un cultivo de zanahoria

## **1 Marco de referencia**

### *1.1 Daucus carota*

#### 1.1.1 Descripción taxonómica

*Daucus carota* es una planta perteneciente a la familia Apiaceae, su forma domesticada es generalmente perenne de corta duración. Es una planta herbácea con hojas arrosetadas, las basales de arco tripinnado y las superiores divididas en segmentos pinnatífidos. Desarrolla una raíz napiforme la cual usa como órgano de reserva para la época de floración. Su inflorescencia es en forma de umbela compuesta pedunculada, las flores son hermafroditas, actinomorfas, pentámeras y epíginas con una corola de pétalos blancos y un cáliz inconspicuo (Mitich, 1996).

#### 1.1.2 Cultivo de zanahoria en Colombia

El ministerio de agricultura y desarrollo rural reportó para 2020 un total de 124.180 ha de área cosechada en cuanto a hortalizas, entre las cuales se encuentra la zanahoria con un rendimiento de aproximadamente 28.9 Ton/ha, siendo una de las hortalizas más consumidas en Colombia con un 46% de consumo (Minagricultura, 2020; Palacio Peláez, 2017), este es uno de los productos de mayor cultivo en el país, aportando cerca del 10% del PIB nacional, siendo este de gran importancia para la producción nacional de hortalizas. Este tipo de cultivo necesita de un suelo suelto y de una profundidad de hasta 80 cm, además de una temperatura entre 15°C y 21°C (Cámara de comercio de Bogotá, 2015)

### *1.2 Nemátodos*

#### 1.2.1 Nemátodos fitopatógenos

Los nemátodos fitopatógenos fueron reportados por primera vez en 1743 por Needham en



## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

las agallas de los granos de trigo, luego de esto se identificaron otros tipos de nemátodos fitopatógenos presentes en los bulbos y los tallos, así como los formadores de quistes en las raíces (Agrios, 1969).

Son organismos multicelulares pertenecientes al filo Nematoda, con una simetría bilateral y un tamaño entre los 300µm-1000µm, carecen de sistema circulatorio y respiratorio (Perry & Moens, 2011)

### 1.2.2 Nemátodos Ectoparásitos

Se encuentran en el suelo y se alimentan externamente del tejido perforándolo con su aparato bucal (estilete), y pueden ser tanto migratorios como sedentarios dependiendo de su hábito alimenticio en la planta. (Salomé *et al.*, 2011)

### 1.2.3 Nemátodos Semiendoparásitos

Su estrategia de alimentación y parasitismo es introduciendo la parte anterior de la región cefálica, y el cuerpo en los tejidos de las raíces, de igual forma pueden ser tanto sedentarios como migratorios (Salomé *et al.*, 2011)

### 1.2.4 Nematodos Endoparásitos

El parasitismo de este tipo de nemátodos consiste en introducir gran parte del cuerpo del individuo dentro del tejido de la planta, ya sea en raíces, bulbos o tallos, y generalmente son migratorios dentro del tejido, sin embargo, pueden ser sedentarios al encontrar una gran cantidad de alimento. (Salomé *et al.*, 2011)

## 1.3 Hongos nematófagos

Los hongos nematófagos se pueden caracterizar en tres grandes grupos los cuales son: capturadores, parásitos y productores de toxinas (López-Llorca, 2001)

## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

### 1.3.1 Hongos capturadores

Este tipo de hongos capturan a los nemátodos vermiformes con ayuda de órganos especializados que se forman en las hifas, especies como *Arthrobotrys oligospora* y *Monacrosporium gephyropagum* forman trampas adhesivas que atrapan a los nemátodos para finalmente consumirlos. (López-Llorca, 2001)

### 1.3.2 Hongos Parásitos

Este tipo de hongos utilizan las esporas para infectar a los nemátodos, muchos de estos hongos son parásitos obligados ya que forman los esporóforos y las esporas fuera de los organismos huéspedes, el mecanismo de acción es infectar a las hembras y a los huevos con zoosporas, como es el caso de las especies *Catenaria auxiliaris* y *Nematophthora gynophila* (López-Llorca, 2001).

### 1.3.3 Hongos productores de toxinas

*Pleurotus ostreatus ostreatus* es el hongo más estudiado en cuanto a la producción de nematotoxinas el cual genera una inmovilización en los nematodos, para posteriormente infectarlos con sus esporas. (López-Llorca, 2001).

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**2 Pregunta de investigación**

¿Existe un efecto en la aplicación de micelio del género *Pleurotus ostreatus* y hongos micorrízicos arbusculares en el control de nemátodos fitopatógenos en plantas de zanahoria?

### **3 Justificación**

La agricultura es una de las principales actividades económicas en Colombia, con una producción de aproximadamente 2 millones de toneladas, siendo Antioquia, Boyacá y Cundinamarca los principales productores de Zanahoria con el 57% de la producción en Colombia (Minagricultura, 2020), sin embargo las enfermedades y parásitos afectan gravemente el cultivo y cosecha de estos productos, los agricultores optan por usar plaguicidas de origen químico, afectando no solo la salud del suelo, sino además, la extensa contaminación en el recurso hídrico este uso excesivo de plaguicidas químicos afectan gravemente la salud humana.

Entre las plagas que afectan los cultivos Colombianos y en los cuales se usa la mayor cantidad de plaguicidas químicos, están los nemátodos causantes de agallamiento y necrosis tisular en las zanahorias, por este motivo ha surgido la necesidad de generar alternativas de control biológico que no afecten negativamente ni el ambiente ni la salud humana, este trabajo tiene como fin buscar alternativas de control biológico, usando las micorrizas arbusculares y el sustrato agotado de cultivo de *Pleurotus ostreatus* el cual es desechado sin ningún otro uso, para generar un control a las poblaciones de nemátodos fitopatógenos que afectan los cultivos de zanahoria en Colombia y de forma directa el rendimiento y actividad económica de los agricultores.

Este trabajo tiene como fin buscar alternativas útiles y con un impacto positivo hacia los recursos de la biología del suelo y las fuentes hídricas con base en el control de nemátodos fitopatógenos que afectan directamente el óptimo rendimiento en los cultivos de hortalizas, en este caso de zanahorias, y de esta forma controlar de manera efectiva la infección por nemátodos desde el control biológico de hongos nematófagos

## **4 Objetivos**

### *4.1 Objetivo General*

Evaluar el efecto de *Pleurotus ostreatus* en interacción con hongos micorrízicos arbusculares en el control de nemátodos fitopatógenos en un cultivo controlado de *Daucus carota*.

### *4.2 Objetivos Específicos*

- Determinar los síntomas de la infección de nemátodos en las plantas de *Daucus carota*.
- Comparar el efecto de diferentes concentraciones de *Pleurotus ostreatus* y hongos micorrízicos arbusculares en las variables de crecimiento de *Daucus carota*.

## **5 Materiales y métodos**

### *5.1 Área de estudio*

El estudio se llevó a cabo en un invernadero dispuesto en las instalaciones del Programa de Biología de la Universidad El Bosque, la preparación de los materiales y los análisis se llevaron a cabo en el Herbario del programa de Biología de la Universidad El Bosque.



**Figura 1.** Invernadero del programa de Biología de la Universidad El Bosque

### *5.2 Diseño experimental*

El diseño experimental consistió en un arreglo factorial de 3x3 en el que los factores fueron la inoculación de los hongos, distribuidos en 3 niveles (0, 1 y 2), De los cuales se encontró un total de 9 combinaciones posibles (tratamientos) y para cada uno de ellos se realizaron 7 repeticiones,

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar  
para un total de 63 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por una bolsa con una planta y el tratamiento dispuesto en la misma. (Tabla 1)

Tabla 1. Diseño factorial 3x3 de dosis de *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de micorrizas

Micorrizas	<i>Pleurotus</i>		
	P0	P1	P2
M0	P0M0	P1M0	P2M0
M1	P0M1	P1M1	P2M1
M2	P0M2	P1M2	P2M2

### 5.3 Tamizaje de nemátodos

Para la obtención de nemátodos fitopatógenos se llevó a cabo el método propuesto por Nombela y Bello (1983), por medio de centrifugación en azúcar, en el cual se preparó una solución de sacarosa al 30%, se tomó un total de 40 g de suelo y se diluyeron en 1000 ml de agua, luego la dilución se filtró en el tamiz de malla 8 (2.36 mm) en el cual se eliminaron todas las impurezas y rocas presentes, la dilución resultante se filtró en el tamiz de malla 400 (28  $\mu$ m), el resultante de la filtración se distribuyó uniformemente en un volumen de 7.5 ml en 8 tubos de centrifuga junto a 7.5 ml de la solución de sacarosa.

Esta solución se sometió a 3000 rpm durante 3 minutos, el líquido sobrenadante fue extraído de los tubos y depositado en un vaso de precipitado, nuevamente se filtró en el tamiz de malla 400 (28 $\mu$ m) y este finalmente fue almacenado en un tubo tipo falcon de 15ml.

# Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

La solución se observó al microscopio en 20 alícuotas de 0.04 ml realizando el conteo de los nemátodos encontrados en cada una.

## 5.4 Infección de nematodos

Luego de realizar el tamizaje y conteo de los nemátodos se calculó la población de nematodos en 500 ml, con base en el conteo de nemátodos en cada gota observada, encontrando que en 10 ml se encontraba un total aproximado de 109 nemátodos, cada planta luego fue inoculada con 10 ml de solución tamizada con nemátodos

## 5.5 Obtención del sustrato de *Pleurotus ostreatus*

Los tubulares de cultivo de Orellana (*Pleurotus ostreatus ostreatus*) fueron obtenidos en el municipio de Macanal, Boyacá (Figura 2) en el cual se lleva a cabo un cultivo de Orellana con fines comerciales (Figura 3) de esta forma se pudo obtener el sustrato agotado, luego de que este fructificara un total de 3 veces.



Figura 2. Área urbana de Macanal, Boyacá, en el cual se localizaba el cultivo de Orellanas con fines comerciales





Figura 3. Cultivo de *Pleurotus ostreatus ostreatus* En Macanal, Boyacá

### 5.6 *Tratamientos*

Los tratamientos se calcularon con base en el peso volumétrico de largo x ancho x alto x el factor de conversión de  $m^3/kg$  de las bolsas de invernadero y medio del peso y volumen ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus* (bagazo), de esta forma se calculó el volumen total ocupado tanto por el sustrato como por el suelo de cultivo en cada bolsa.

Para cada bolsa de cultivo se agregaron un total de 650g de suelo, sustrato de *Pleurotus ostreatus* y micorrizas, para las bolsas de control solamente se agregaron 650g de suelo.

El peso de sustrato de *Pleurotus ostreatus* y micorrizas se distribuyó de la siguiente manera según la dosis propuesta (tabla 2).

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

Tabla 2. Cantidad en gramos de inóculo de micorrizas o *Pleurotus ostreatus* por cada tratamiento propuesto

Micorrizas (g)	<i>Pleurotus</i> (g)		
	P0	P1	P2
M0	0/0	0/20	0/40
M1	2,5/0	2,5/20	2.5/40
M2	5/0	5/20	5/40

### 5.7 Siembras al azar

Se realizó la siembra de 77 semillas de zanahoria en sustrato de coco dispuesto en un semillero de vivero, al cabo de 1 semana las plántulas fueron trasplantadas al azar a una bolsa de tratamiento, sembrando un total de 63 plántulas las cuales fueron organizadas en un invernadero ubicado en el programa de Biología de la Universidad El Bosque, las bolsas fueron tapadas con plástico individual para generar una humedad constante en cada una de las plántulas para no afectar su desarrollo en la etapa de endurecimiento (Figura 4).



Figura 4. Distribución de las bolsas con tratamientos y plántulas de zanahoria en etapa de endurecimiento

Al cabo de 3 semanas las bolsas fueron retiradas por completo y las plántulas empezaron la etapa de crecimiento con el nacimiento de sus primeras hojas verdaderas, desde ese momento se suspendió el riego diario y se inició el riego cada 2 días.

### 5.8 Variables

Las variables fisiológicas de las plantas (altura (cm), área basal (cm<sup>2</sup>), área lateral (cm<sup>2</sup>), área foliar (cm<sup>2</sup>) e índice de clorofila) se registraron semanalmente por 10 semanas consecutivas, a excepción del índice de clorofila el cual se tomó en la semana 1, semana 5 y semana 10, la variable altura se tomó con un flexómetro, mientras que las mediciones de áreas se calcularon con el programa ImageJ por medio de fotografías con escala (Figura 5 y Figura 6).



Figura 5. A) área lateral de las plantas de *Daucus carota*; B) área basal de *Daucus carota*

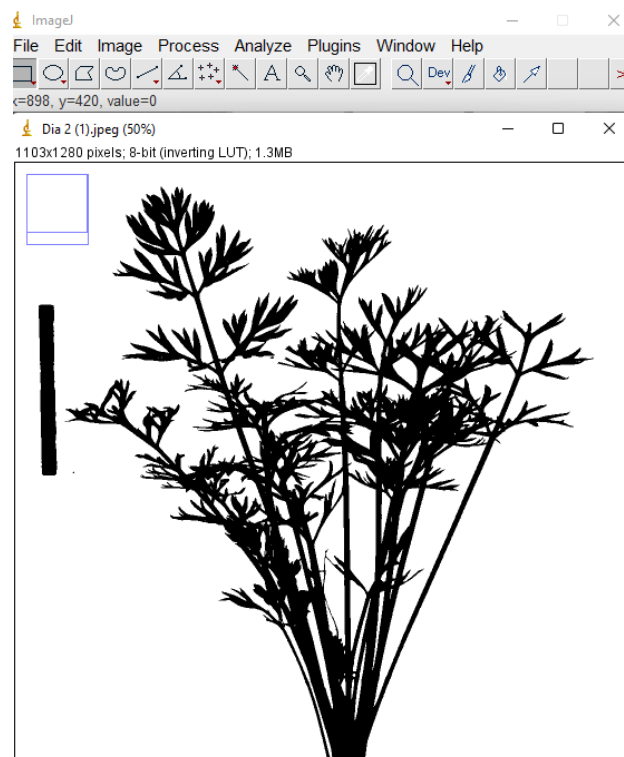


Figura 6. Cálculo del área lateral con ImageJ usando una fotografía con escala

### 5.9 *Variables finales*

Al finalizar las 10 semanas de desarrollo las plantas fueron desenterradas, se realizaron cortes longitudinales en las raíces napiformes y finalmente se tomó el peso seco de los órganos aéreos como de las raíces.

### 5.10 *Síntomas*

Durante la toma de variables se registraron los síntomas presentados por las plantas como el cambio de color en las hojas, el retraso en el crecimiento, y finalmente la deformación de las raíces napiformes o el retraso en su desarrollo final.

Además, se tomaron en cuenta factores externos como control, que pudiesen afectar a las plantas, como los ataques de babosas e infecciones por otros microorganismos reportados por Agrios (1969)

### 5.11 *Efecto de los hongos sobre los nemátodos*

Se realizó un nuevo tamizaje de los sustratos de cultivo de las plantas luego de su cosecha para observar al microscopio la presencia de nematodos y además los efectos de los hongos sobre los mismos.

### 5.12 *Análisis estadísticos*

Para el análisis estadístico se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas, pruebas de normalidad y un análisis de varianzas (ANOVA), con los datos previamente transformados con el método de pendiente usando la ecuación de la recta  $y = mx + b$ , donde se calcularon las desviaciones estándar y los promedios de cada tratamiento y cada variable (altura, área basal, área

## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

lateral), a cada desviación y promedio se le calculó el logaritmo y se graficaron, finalmente con la pendiente se realizó la transformación de datos con la fórmula  $1 - m$ .

Se realizó un análisis de polinomios ortogonales en el cual es posible identificar si los datos se encuentran dentro de un modelo lineal o cuadrático, con base en su distribución.

Para el índice de clorofila se realizó una transformación no paramétrica de rangos ya que estos datos no cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, una vez realizada la transformación no paramétrica, se realizó el análisis de varianza para estos datos.

Se realizó la prueba de Duncan para comparar las medias de los niveles (0, 1 ,2) de cada factor.

## **6 Resultados y discusión**

### *6.1 Síntomas*

Se pudo observar que en el tratamiento control (P0M0) las hojas adquirieron una coloración amarillenta (Figura 7) sin embargo no se vio retrasado su crecimiento, con un promedio de 9.5 cm de crecimiento en 10 semanas



Figura 7. Coloración de las hojas de *Daucus carota* en el tratamiento control (P0M0)

Las raíces napiformes presentaron formación de agallas, además de presentar deformaciones en su forma de crecimiento, con un crecimiento alargado y delgado (Agrios, 1969; Urbano Fernández, 2017; Mosquera, 2016), o con raíces secundarias creciendo a su alrededor (Figura 8). Las raíces presentaron lesiones tisulares, así como muerte tisular en los tejidos próximos a los tejidos vasculares, presentándose una coloración entre verde oscura y negra (Moody, 1973) (Figura 9), las raíces que estuvieron expuestas a los tratamientos con micorrizas en mayor cantidad y *Pleurotus ostreatus* en menor cantidad (P1M2)

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar  
presentaron una coloración normal anaranjada y los tejidos vasculares permanecieron sanos (Figura 10)  
así como un crecimiento y un engrosamiento normales en la raíz.

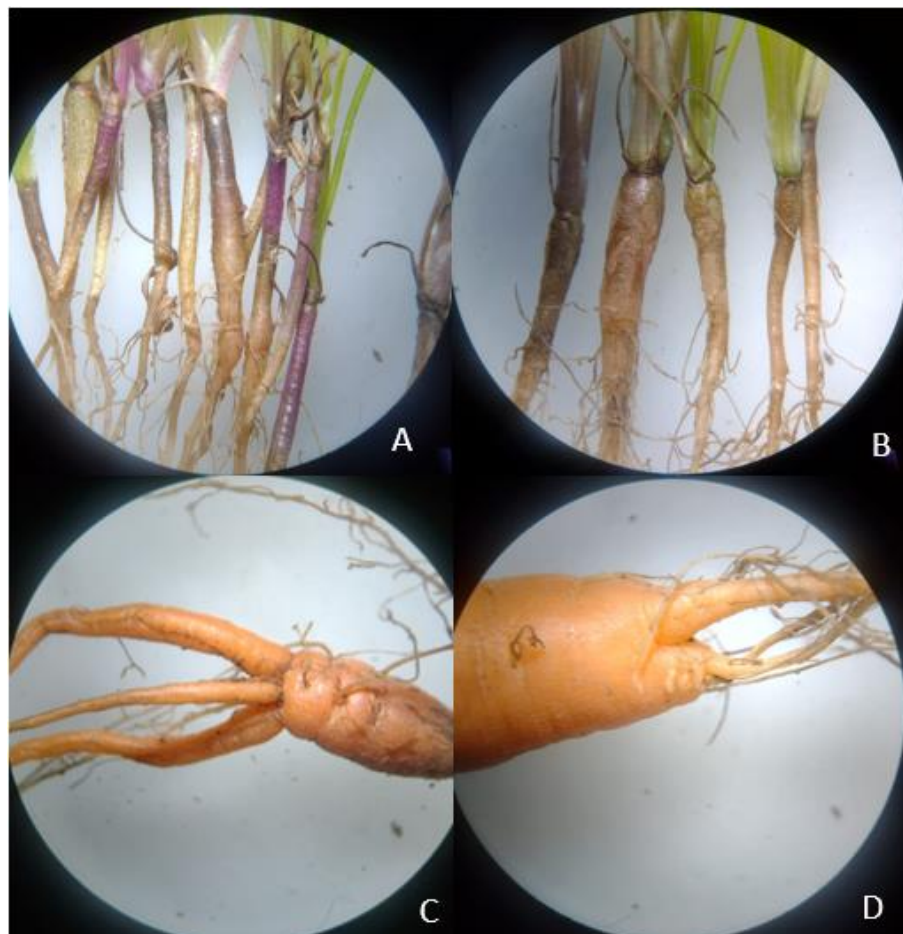


Figura 8. Deformidades y formación de agallas en las raíces infectadas por nemátodos de *Daucus carota*. A y B) Crecimiento anormal (delgadez y alargamiento) de las raíces; C y D) formación de agallas y deformaciones en raíces secundarias.



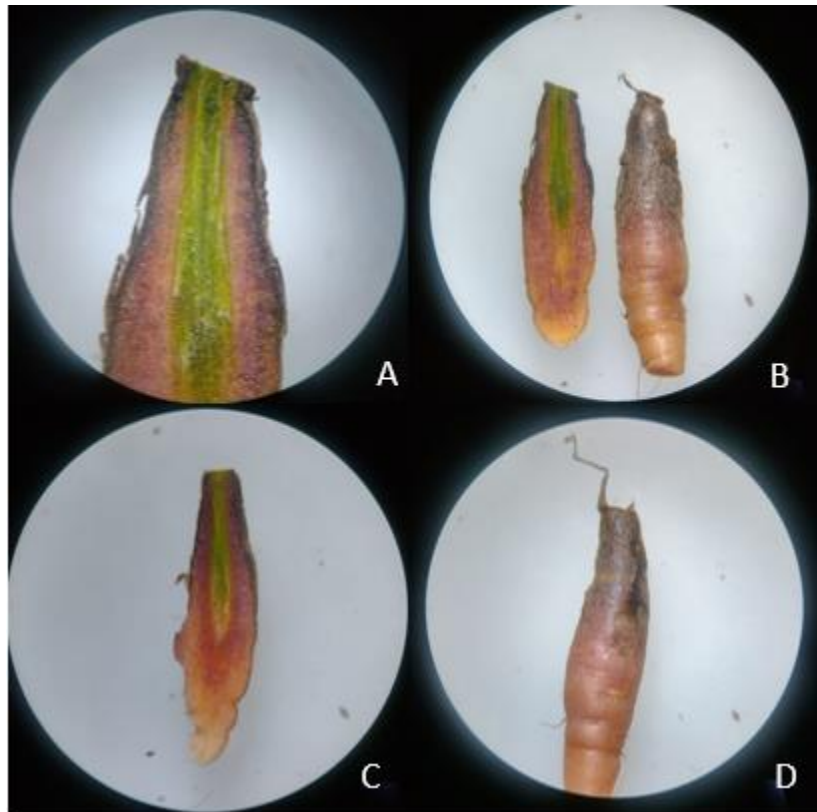


Figura 9. Necrosis tisular en *Daucus carota*, A) Necrosis severa en los tejidos vasculares de la raíz. B) Necrosis en los tejidos epidérmicos de la raíz; C) Necrosis en una gran porción de los tejidos vasculares; D) Tejidos epidérmicos en inicios de necrosis.

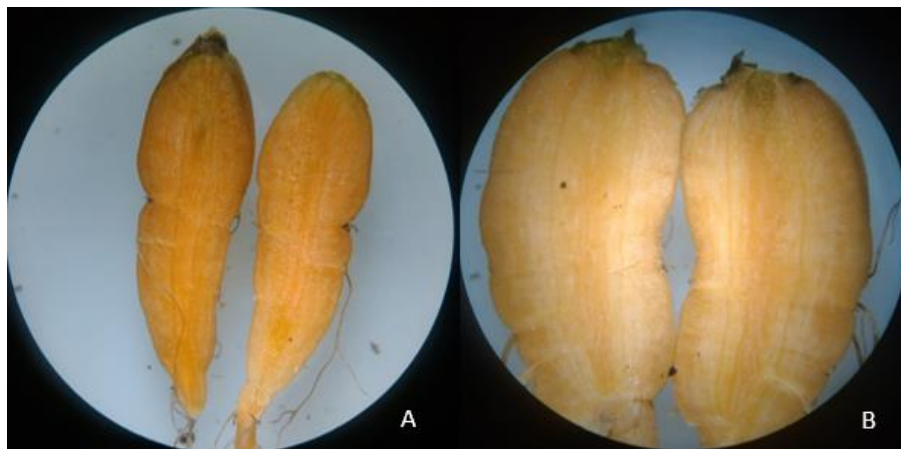


Figura 10. Zanahorias con tejidos y desarrollo sanos. A) Tratamiento P1M2; B) Tratamiento P2M2

## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

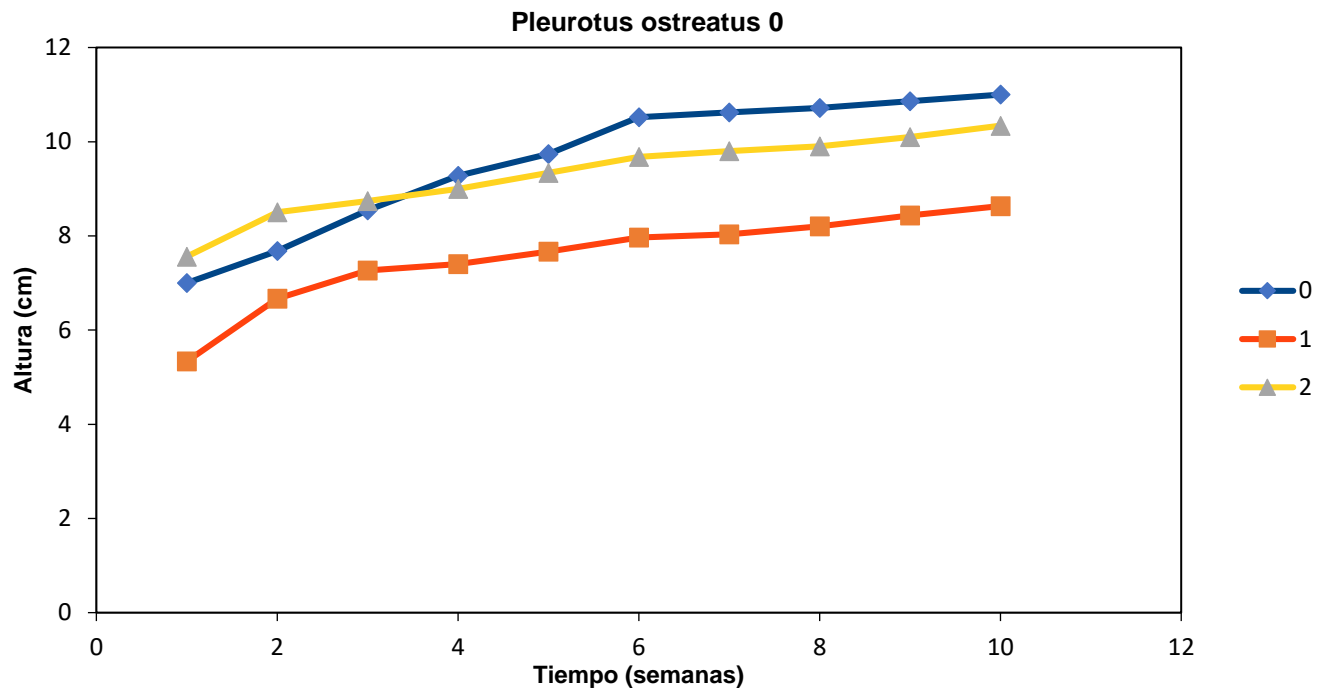
Nicolás Cajamarca Tovar

### 6.2 *Altura*

#### 6.2.1 Con aplicación 0 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

La altura en las 10 semanas del experimento se desarrolló de mejor manera en los tratamientos P0M0 y P0M2, sin embargo como se mencionó anteriormente, el tratamiento de control (P0M0) independientemente de no ver retrasado el crecimiento, presentaron síntomas de infección por nematodos (Agrios, 1969), mientras que el tratamiento P0M2 no presentó síntomas de infección y desarrollo de forma correcta su crecimiento en altura, finalmente el tratamiento P0M1 fue el que presentó menor crecimiento a pesar de ello, no es significativamente diferente a los demás tratamientos (Figura 11).

El crecimiento correcto de las plantas con el tratamiento P0M2 se debe al efecto fertilizante de las micorrizas sobre las plantas (Toro *et al.*, 2008) además de generar efectos nematocidas, paralizando y consumiendo a los nemátodos, lo cual impide que los mismos tengan efectos fitopatógenos en las plantas (Poveda *et al.*, 2020).



**Figura 11.** Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de hongos micorrízicos

### 6.2.2 Con aplicación 1 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

La altura en las 10 semanas del experimento con el nivel 1 de *Pleurotus ostreatus*, fue muy similar para los tratamientos P1M1 y P1M2, sin embargo, se puede apreciar que el crecimiento no superó los 7 cm, siendo este un valor de altura relativamente bajo, con base en los tratamientos con aplicación 0 de *Pleurotus ostreatus*, finalmente el tratamiento P1M0 presentó un crecimiento mucho menor a los otros dos tratamientos, sin lograr sobrepasar los 4 cm de altura, esto se puede deber al espacio ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus*, el cual podría haber quitado espacio a las raíces de la planta, impidiendo su crecimiento vertical (Figura 12) ya que las zanahorias requieren de suelos profundos y sueltos para desarrollar correctamente la raíz napiforme y el crecimiento correcto de los órganos fotosintéticos (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

Los datos de esta comparación según el análisis de polinomios ortogonales corresponden a un modelo de función cuadrática en el que los datos tienen un punto de crecimiento máximo.

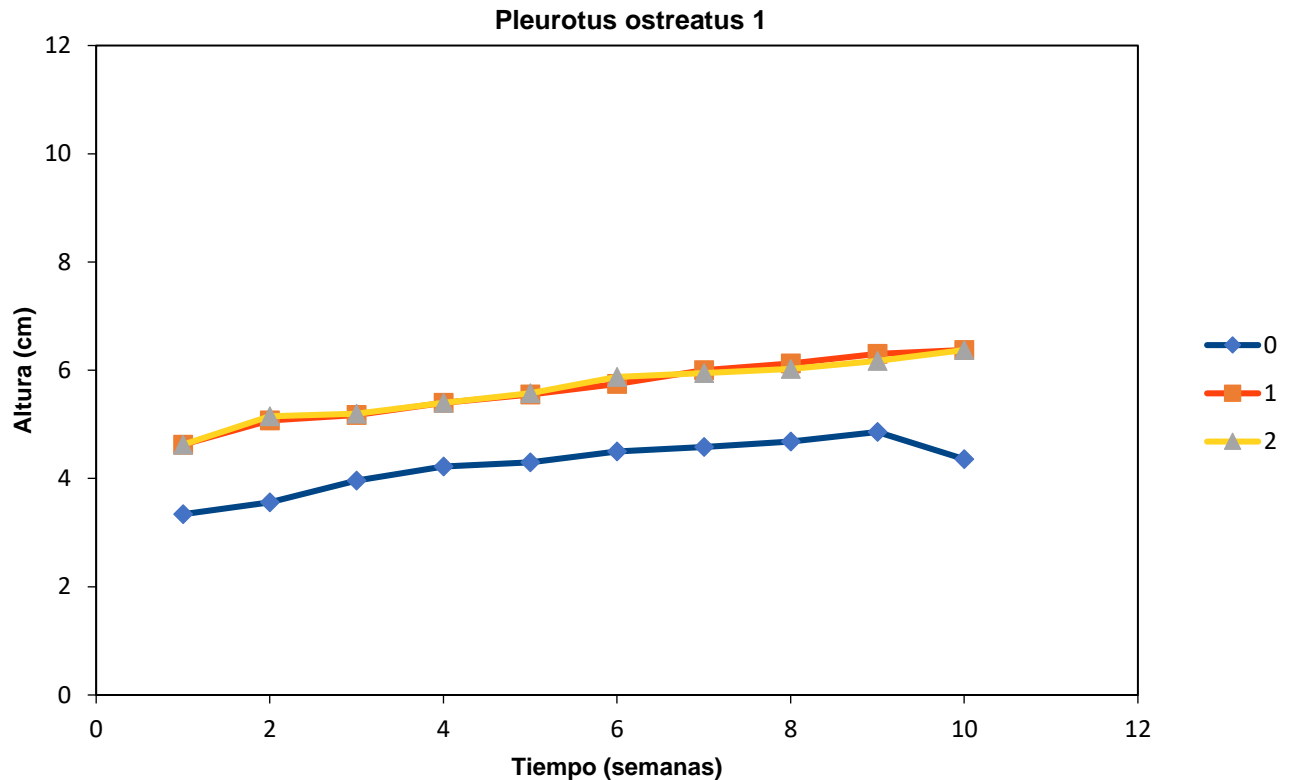


Figura 12. Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de hongos micorrízicos

### 6.2.3 Con aplicación 2 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

La altura en las 10 semanas de experimento para el segundo nivel de *Pleurotus ostreatus*, fue muy similar para los tratamientos P2M1 y P2M2, sin embargo, estos no superaron los 7 cm de altura, para el tratamiento P2M0 el crecimiento fue significativamente inferior a los otros dos tratamientos, ya que este no superó los 3 cm de altura, lo cual se puede deber al espacio utilizado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus*, el cual no permitió que la planta desarrollara sus raíces de forma correcta y esto retrasó el crecimiento de la misma, necesitando la planta un suelo suelto y profundo (Cámara de comercio de Bogotá, 2015) (Figura 13).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

Los datos de esta comparación según el análisis de polinomios ortogonales corresponden a un modelo de función lineal, el cual tiene un crecimiento constante, sin embargo, el tratamiento P1M0 tiene una ligera caída en la última semana.

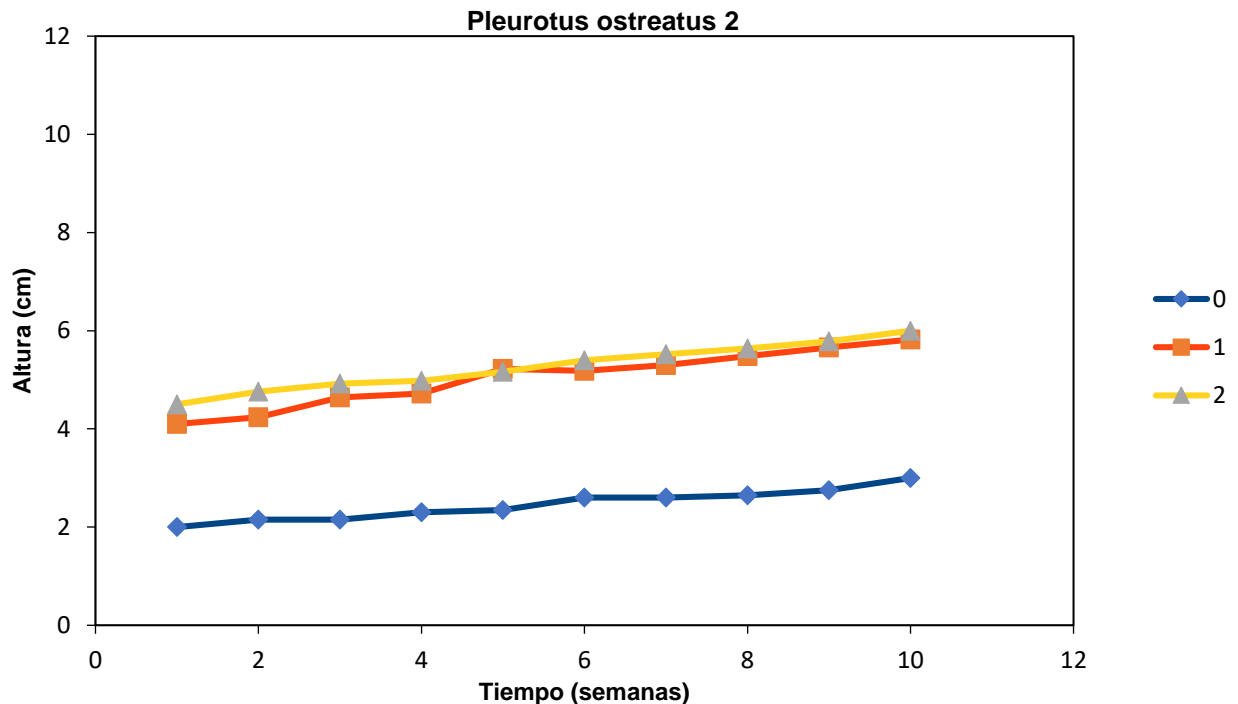


Figura 13. Altura de plantas de *Daucus carota* con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de hongos micorrízicos

### 6.2.4 Última semana de crecimiento

El crecimiento en altura comparando todos los tratamientos en la última semana del experimento, indica que quienes presentaron un mayor crecimiento fueron los tratamientos P0M0 y P0M2, alcanzando alturas de hasta 12 cm, al no existir espacio ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus* las plantas pudieron desarrollar mejor su desarrollo vertical, además de verse beneficiado el desarrollo por la aplicación de micorrizas en el tratamiento P0M2, gracias al efecto fertilizante y nematicida de las micorrizas arbusculares (Toro et al., 2008; Poveda et al., 2020) (Figura 14).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

Los datos comparados en este nivel, según el análisis de polinomios ortogonales corresponden a un modelo de función lineal constante en el cual el crecimiento no supera los 6 cm de altura.

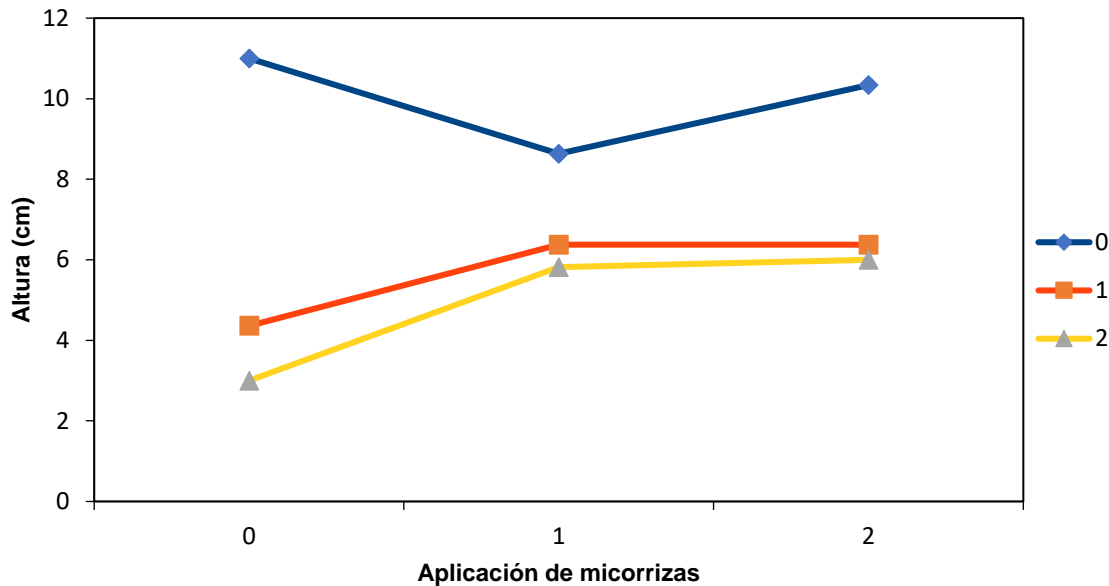


Figura 14. Comparación de altura de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

### 6.3 Área basal

#### 6.3.1 Con aplicación 0 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área basal en las 10 semanas del experimento fue similar para los tratamientos POM0 y POM1, en el cual se desarrollaron aproximadamente 25 cm<sup>2</sup> de área basal, lo cual nos puede indicar un buen desarrollo de la planta, sin embargo, el tratamiento con el mayor crecimiento de área basal fue el POM2, llegando a desarrollar hasta 30 cm<sup>2</sup> de área basal (Figura 15). Una mayor cantidad de micorrizas arbusculares, como en este tratamiento promueve el crecimiento y desarrollo de biomasa de la planta (Toro *et al.*, 2008; Elsen *et al.*, 2002). Los datos comparados en este nivel, corresponden según el análisis de polinomios ortogonales a un modelo de función lineal.

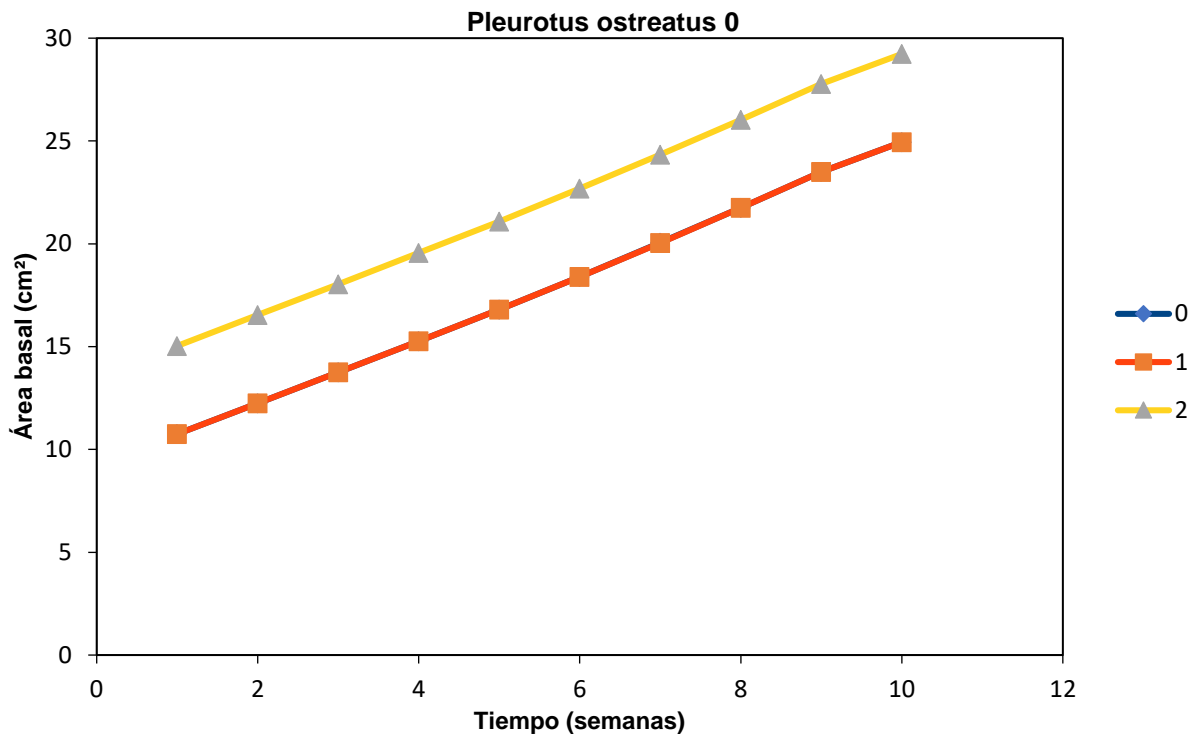


Figura 15. Área Basal de plantas con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

### 6.3.2 Con aplicación 1 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área basal en las 10 semanas del experimento con el nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus* fue similar para los tratamientos P1M1 y P1M2, desarrollando aproximadamente 20 cm<sup>2</sup> de área basal, este fue ligeramente inferior al tratamiento con *Pleurotus ostreatus* 0, sin embargo, para el tratamiento de P1M0 se puede observar un desarrollo de área no superior a los 15 cm<sup>2</sup> lo cual nos indica que, como en la variable de altura, el sustrato de cultivo para *Pleurotus ostreatus* puede interferir en el desarrollo de la planta impidiéndole a esta un correcto crecimiento (Figura 16). Los datos correspondientes a este nivel, según el análisis de polinomios ortogonales corresponden a un modelo de función lineal.

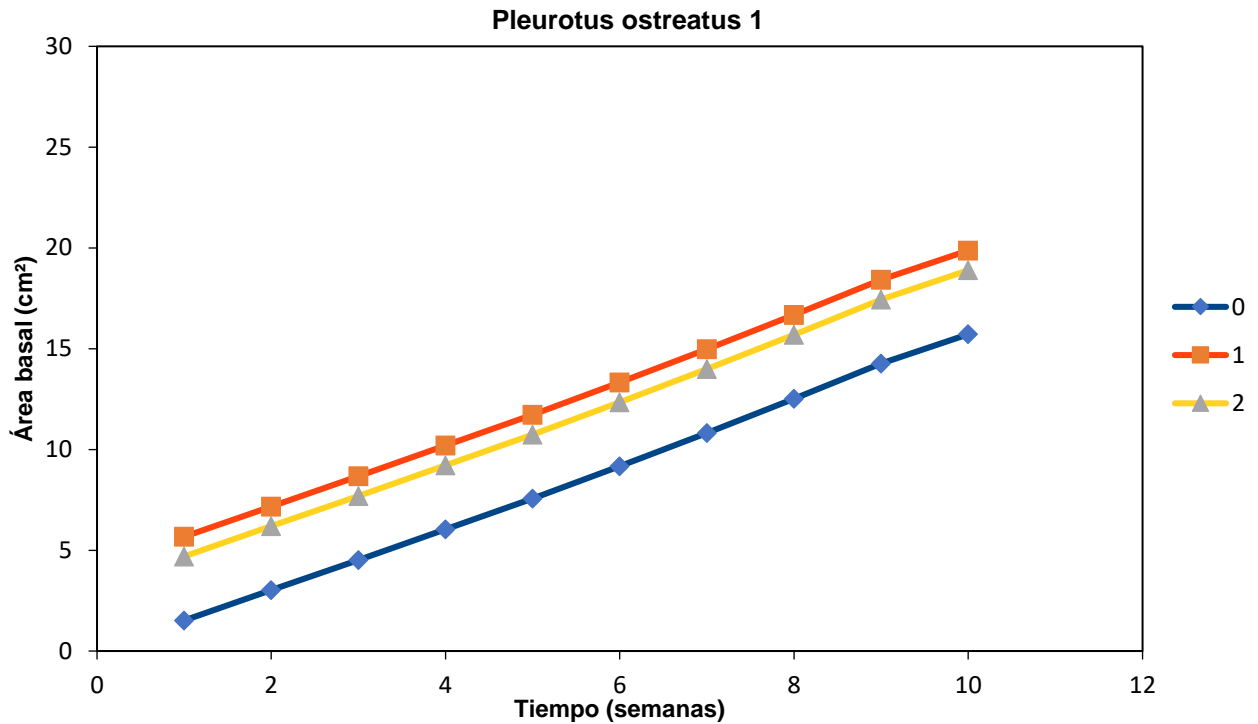


Figura 16. Área Basal de plantas con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

### 6.3.3 Con aplicación 2 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área basal en las 10 semanas de experimento con aplicación 2 de micelio de *Pleurotus ostreatus* fue similar para P2M1 y P2M2 desarrollando hasta 20 cm<sup>2</sup> de área basal, siendo similar a los tratamientos anteriores con aplicación 1 de *Pleurotus ostreatus*, de igual forma, el área basal para el tratamiento P2M0 el desarrollo del área basal fue ligeramente inferior, con un valor máximo de 14 cm<sup>2</sup>, atribuyendo esto, como en los tratamientos anteriores, al espacio ocupado por el sustrato de cultivo del *Pleurotus ostreatus* (Figura 17). Los datos correspondientes a este nivel según el análisis de polinomios ortogonales se acomodan en un modelo de función lineal.



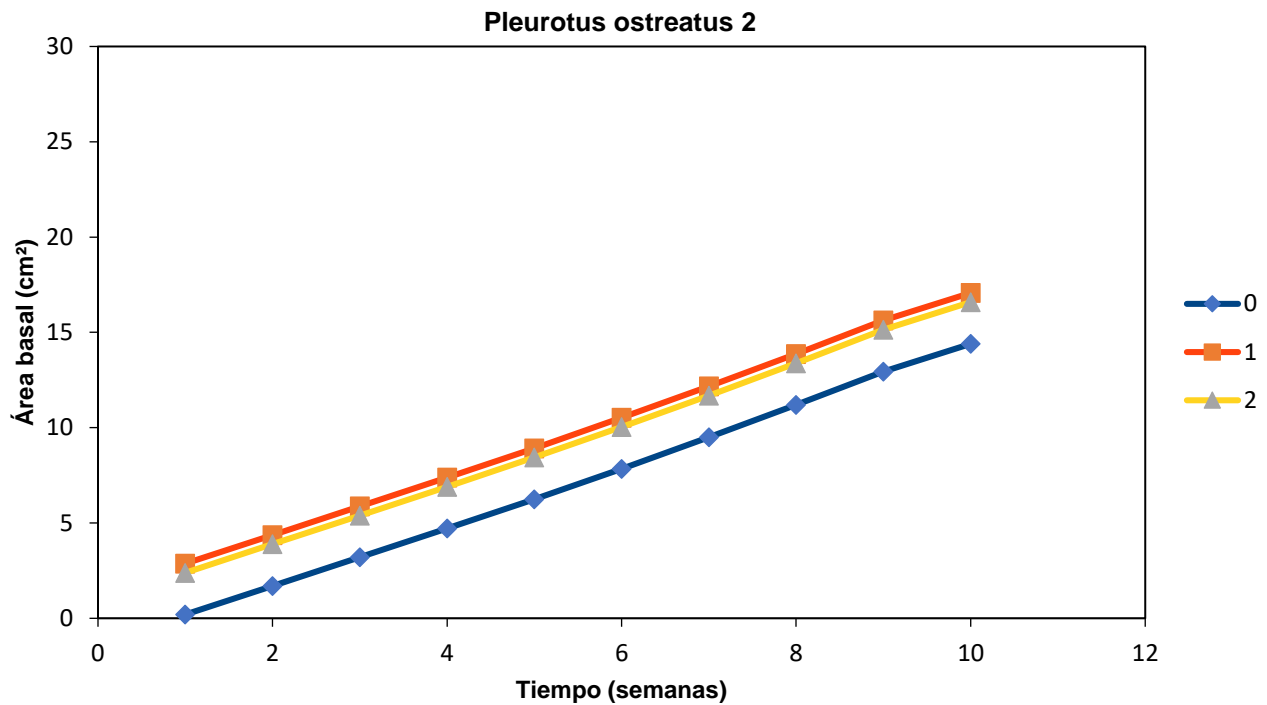


Figura 17. Área Basal de plantas con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

#### 6.3.4 Última semana de crecimiento

En el desarrollo de área basal comparando todos los tratamientos en la última semana de crecimiento, se pudo evidenciar que el tratamiento P0M2 fue el que presentó mayor desarrollo de área basal, seguido de P0M0 y P0M1, lo cual nos indica que el efecto de las micorrizas pudo promover un mejor desarrollo del área basal. Los tratamientos P1M0 y P2M0 fueron los que presentaron menor desarrollo del área basal, lo cual puede deberse como en las variables anteriores, al espacio ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus* dentro de la bolsa de cultivo (Figura 18).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

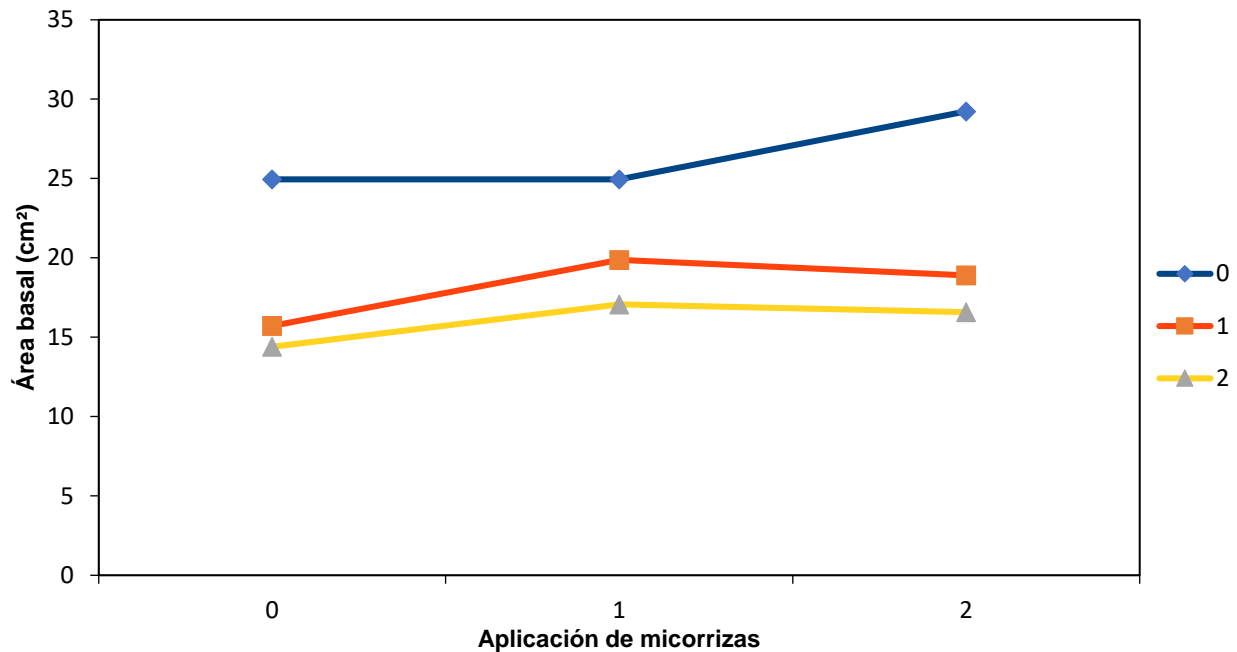


Figura 18. Comparación de área basal de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

### 6.4 Área lateral

#### 6.4.1 Con aplicación 0 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área lateral en las 10 semanas con aplicación 0 de *Pleurotus ostreatus*, fue significativamente superior para el tratamiento P0M2, el cual tuvo un desarrollo aproximado de 24 cm<sup>2</sup>. Los tratamientos de P0M0 y P0M1 tuvieron un desarrollo de aproximadamente 18 cm<sup>2</sup>, esto nos podría indicar que las micorrizas pueden generar un mejor desarrollo de áreas laterales en las plantas, y un mejor control en la infección de nemátodos. (Toro *et al.*, 2008; Elsen *et al.*, 2002) (Figura 19). Los datos correspondientes a este nivel según el análisis de polinomios ortogonales se acomodan en un modelo de función lineal.

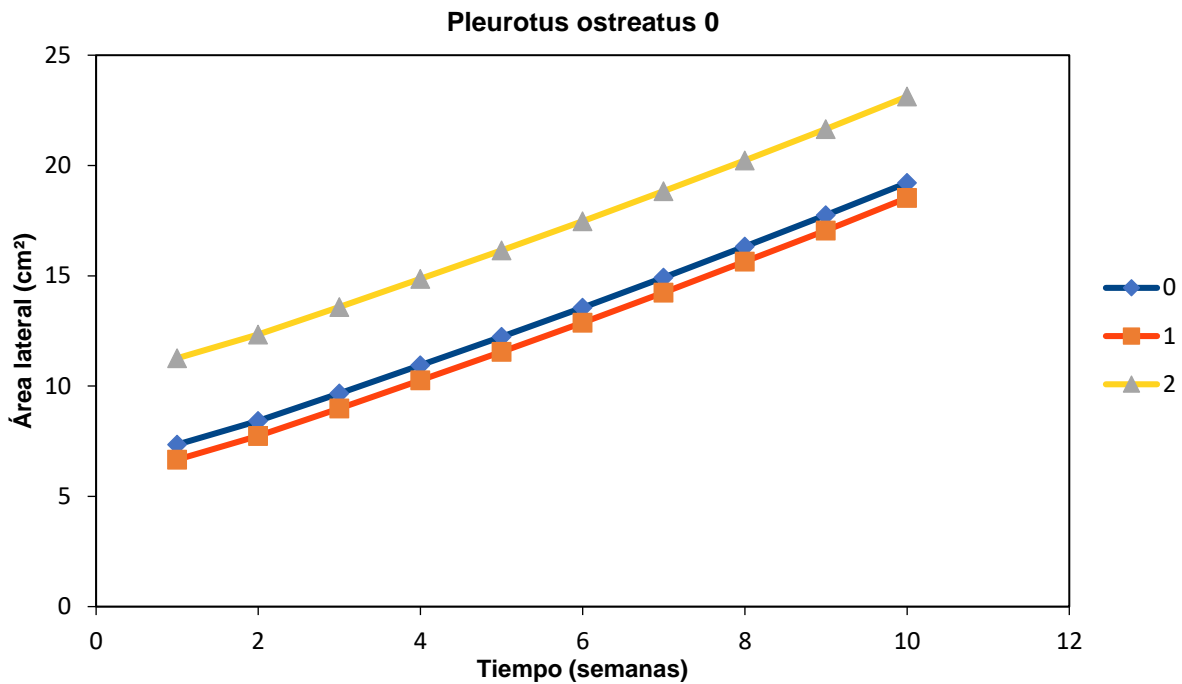


Figura 19. Área lateral de plantas con nivel 0 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de hongos micorrízicos

#### 6.4.2 Con aplicación 1 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área basal con la aplicación 1 de micelio de *Pleurotus ostreatus* fue similar para los tratamientos P1M1 y P1M2, los cuales tuvieron un desarrollo de aproximadamente 19 cm<sup>2</sup>, sin embargo, este fue inferior al desarrollo de los tratamientos anteriores. El tratamiento P1M0 fue el que presentó un menor desarrollo de área lateral con un desarrollo máximo de 13 cm<sup>2</sup> (Figura 20). Los datos correspondientes a este nivel según el análisis de polinomios ortogonales se acomodan en un modelo de función lineal.

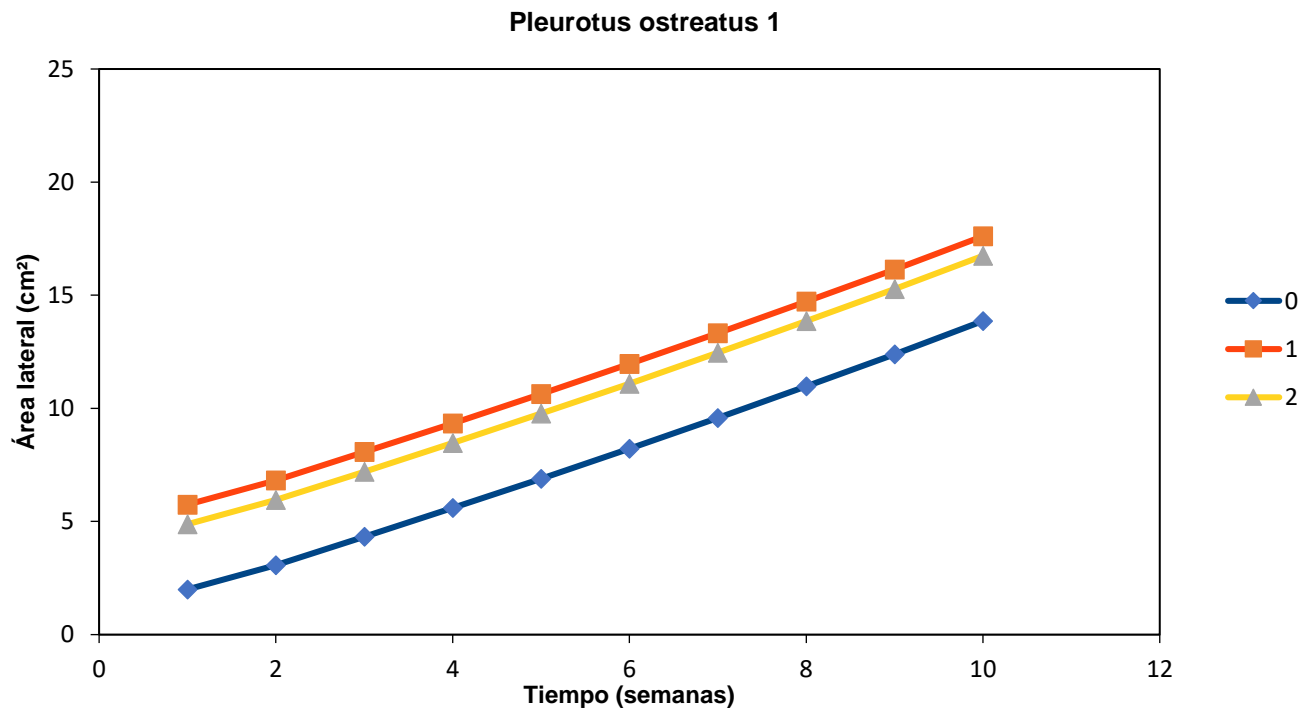


Figura 20. Área lateral de plantas con nivel 1 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de hongos micorrízicos

#### 6.4.3 Con aplicación 2 de micelio de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo del área lateral para la aplicación 2 de micelio de *Pleurotus ostreatus* fue similar para los tres tratamientos, sin embargo, P2M1 fue el que presentó un mayor desarrollo, de hasta 15 cm<sup>2</sup>, ligeramente inferior a los tratamientos anteriores. El tratamiento que presentó el menor desarrollo de área lateral fue P2M0, concordando con los resultados anteriores en el cual la mayor cantidad de *Pleurotus ostreatus*, interfiere en el desarrollo de las plantas al ocupar una gran cantidad de espacio en la bolsa del cultivo (Figura 21). Los datos correspondientes a este nivel según el análisis de polinomios ortogonales se acomodan en un modelo de función lineal.

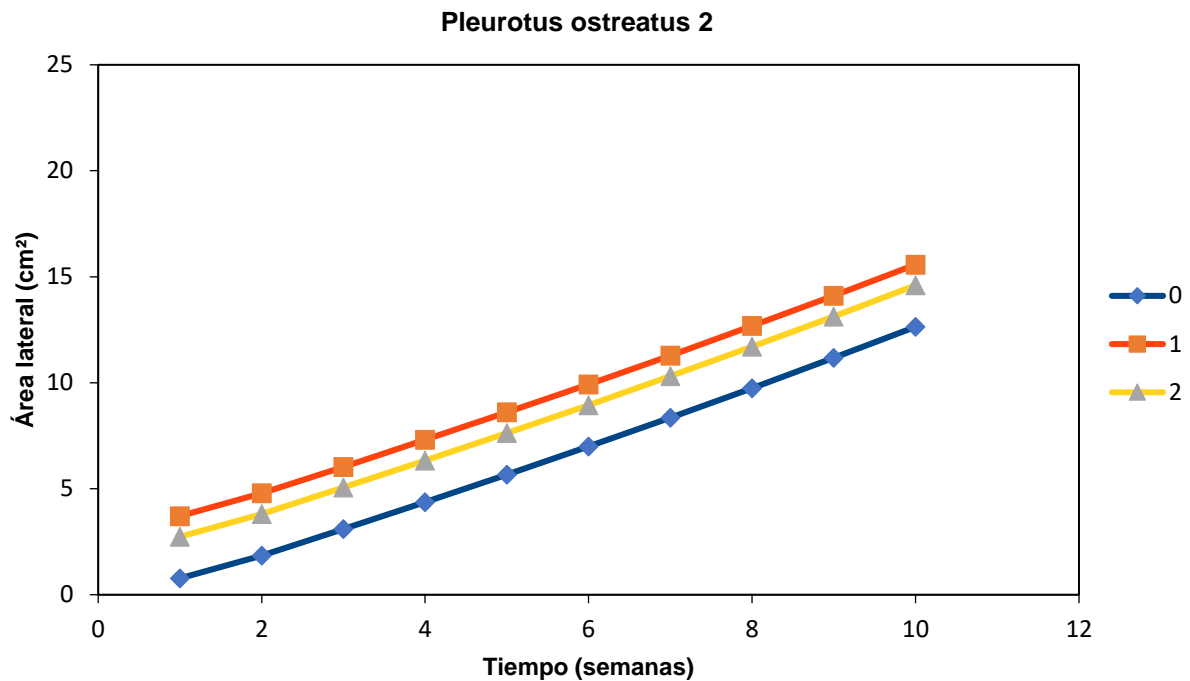


Figura 21. Área lateral de plantas con nivel 2 de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de hongos micorrízicos

#### 6.4.4 Última semana de crecimiento

En el desarrollo de área lateral comparando todos los tratamientos en la última semana de crecimiento se puede evidenciar que el tratamiento con mayor desarrollo de área lateral fue P0M2, lo cual concuerda con lo anteriormente mencionado en cuanto al efecto de las micorrizas en el desarrollo y crecimiento de las plantas, esto, sin presencia del sustrato de *Pleurotus ostreatus*. El tratamiento con el menor desarrollo de área lateral fue P0M0 lo cual puede indicar que si bien las plantas se desarrollaron verticalmente estas no desarrollaron follaje de manera lateral para generar un área mayor a los 15 cm<sup>2</sup> (Figura 22).

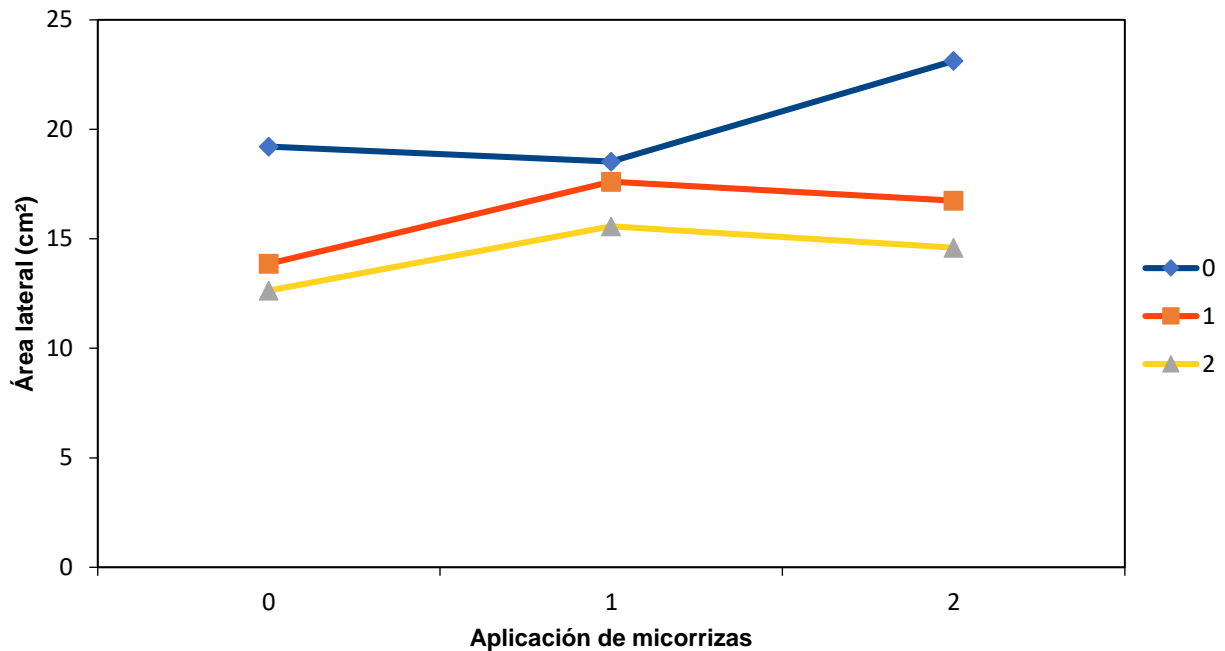


Figura 22. . Comparación de área basal de todos los tratamientos en la última semana del experimento, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

### 6.5 Área foliar

El desarrollo del área foliar fue significativamente mayor para los tratamientos en los que no hubo aplicación de *Pleurotus ostreatus*. El tratamiento P0M2 presentó el mayor promedio de desarrollo de área foliar con 24 cm<sup>2</sup>. Los tratamientos con aplicación de *Pleurotus ostreatus* 1 presentaron un desarrollo máximo de 17 cm<sup>2</sup> en el tratamiento P1M1.

Los tratamientos con el mayor nivel de *Pleurotus ostreatus* fueron los que presentaron el menor desarrollo promedio de área foliar, el tratamiento P2M0 fue el tratamiento con el menor desarrollo, con un promedio de 12 cm<sup>2</sup>, concordando con los resultados de las variables anteriores en cuanto a la ocupación del sustrato del hongo dentro de las bolsas de cultivo (Figura 23).

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

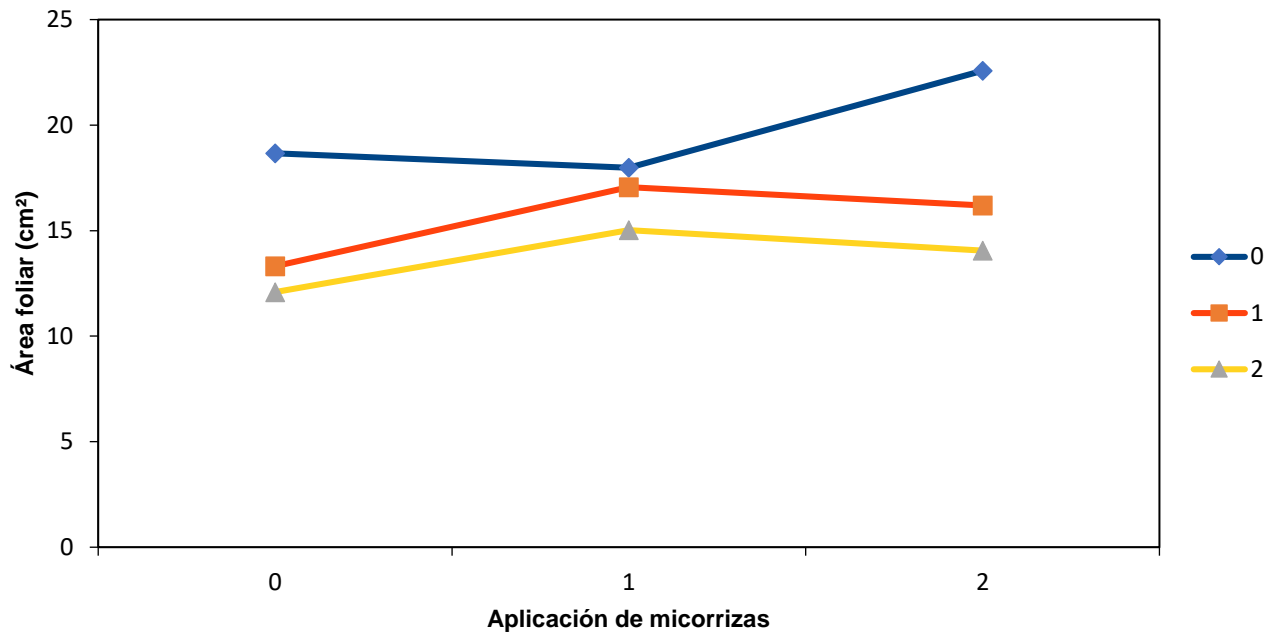


Figura 23. Comparación de área foliar de todos los tratamientos, en el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas, en colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*

6.6 Análisis de varianzas (ANOVA)

Tabla 3. Análisis de varianzas de las variables con base en los tratamientos, valor  $\alpha=0.05$

Variable	Significación		
	<i>Pleurotus</i>	Micorrizas	<i>Pleurotus</i> *Micorrizas
Altura	5.93 <sup>-06</sup>	0.035	0.050
Área basal	0.001	0.128	0.968
Área lateral	0.011	0.050	0.887
Área foliar	0.011	0.048	0.881

Para los tratamientos con *P. ostreatus* y micorrizas existieron diferencias significativas en todas las variables, sin embargo, para la interacción de *P. ostreatus* con micorrizas únicamente existieron diferencias significativas entre los tratamientos en la variable de altura (Tabla 3)

6.6.1 Altura

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

Los análisis de varianza para la variable de altura evidenciaron que existen diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos dispuestos para el experimento con valores de significación inferiores a 0.05 (Tabla 3), rechazando así, la hipótesis nula, posteriormente con la prueba Duncan se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de P2M0 y P0M0 (Figura 24).

Como se puede observar, los mayores promedios de altura fueron para los tratamientos P0M0 y P0M2, mientras que el menor promedio fue para los tratamientos P1M0 y P2M0, lo cual concuerda con lo anteriormente mencionado en cuanto al espacio ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus* y el impedimento de la planta para desarrollar correctamente las raíces y así su crecimiento.

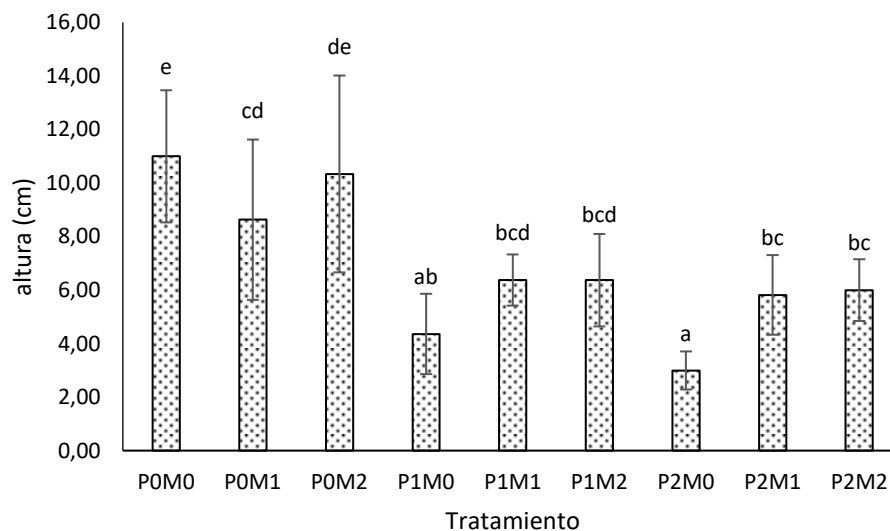


Figura 24. Promedio de altura de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P < 0.05$ )

### 6.6.2 Área Basal

El análisis de varianza para esta variable muestra que únicamente existió diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos de *Pleurotus ostreatus*, con un valor inferior a 0.05, mientras que no



## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

existieron diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos de Micorrizas, por esta razón la prueba Duncan muestra que existen diferencias en el tratamiento P2M0 (Figura 25).

Se puede observar en esta variable que el mayor promedio de área basal fue para el tratamiento P0M2, lo cual puede atribuirse a el efecto de biofertilizante generado por las micorrizas (Toro *et al.*, 2008). El menor promedio de área basal fue para los tratamientos P1M0 y P2M0, atribuyendo esto al espacio ocupado por el sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus*.

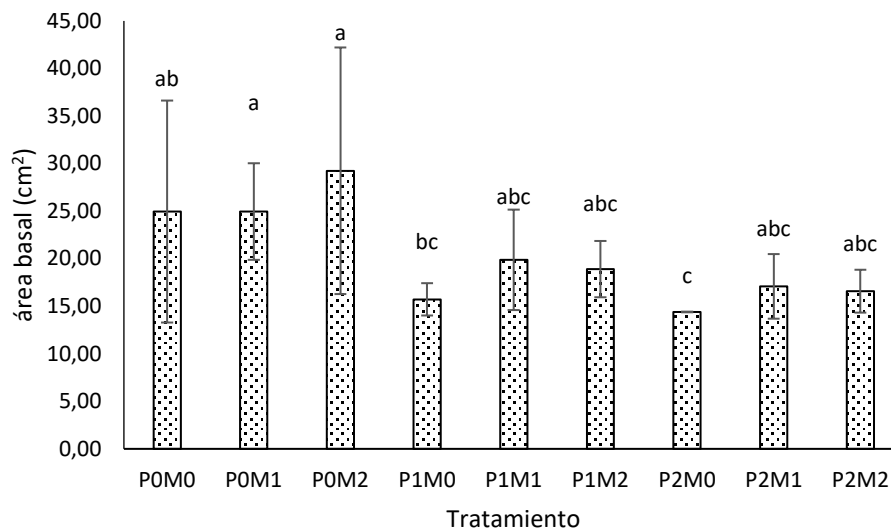


Figura 25. Promedio de área basal de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P < 0,05$ )

### 6.6.3 Área Lateral

El análisis de varianza (Tabla 3) evidencia que tanto para *Pleurotus ostreatus* como para micorrizas existen diferencias estadísticamente significativas, con valores inferiores a 0,05, lo cual es confirmado en la prueba Duncan donde se evidencia diferencias entre los tratamientos (Figura 26).

En la variable de área lateral se puede observar que el mayor promedio fue para el tratamiento P0M2, como la anterior variable esto puede deberse al efecto fertilizante de las micorrizas, lo cual promovió un aumento en la producción de biomasa en la planta y en consecuencia un aumento en su área lateral (Toro

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar *et al.*, 2008). El menor promedio fue nuevamente, para los tratamientos P1M0 y P2M0, como se dijo anteriormente esto debido al espacio ocupado por el sustrato y el impedimento del mismo para que la planta desarrolle correctamente sus raíces.

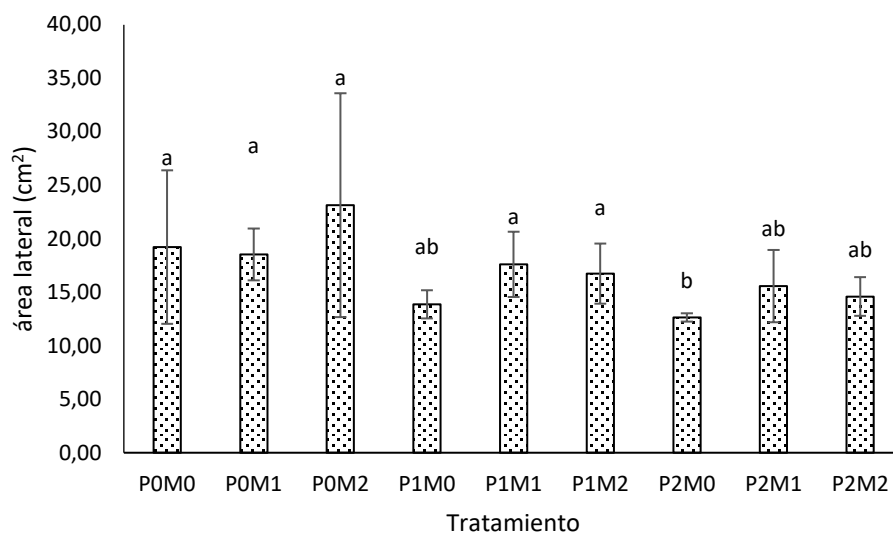


Figura 26. Promedio de área lateral de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P < 0.05$ )

### 6.6.4 Área Foliar

El análisis de varianza (Tabla 3) muestra que existen diferencias estadísticamente significativas para los niveles (0, 1, 2) de *Pleurotus ostreatus* y los niveles (0, 1, 2) de micorrizas, teniendo valores de significación inferiores a 0.05, confirmando esto con la prueba Duncan donde se puede evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos tanto en los niveles (0, 1, 2) de *Pleurotus ostreatus* como en los niveles (0, 1, 2) de micorrizas (Figura 27).

Se puede observar que para esta variable el mayor promedio de área foliar fue para el tratamiento P0M2, mientras los tratamientos con el menor promedio de área foliar fueron P1M0 y P2M0, concordando con las variables anteriores en las cuales el desarrollo de un área mayor tanto basal como lateral y foliar se atribuye al efecto fertilizante de las micorrizas que promueven un mayor desarrollo de biomasa y

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

crecimiento en la planta (Toro *et al.*, 2008), y el menor promedio gracias al poco espacio utilizado por las raíces para su desarrollo por efecto del espacio ocupado por el sustrato de *Pleurotus ostreatus*, lo cual impide que la planta crezca y genere de forma correcta la biomasa de sus hojas y tallos.

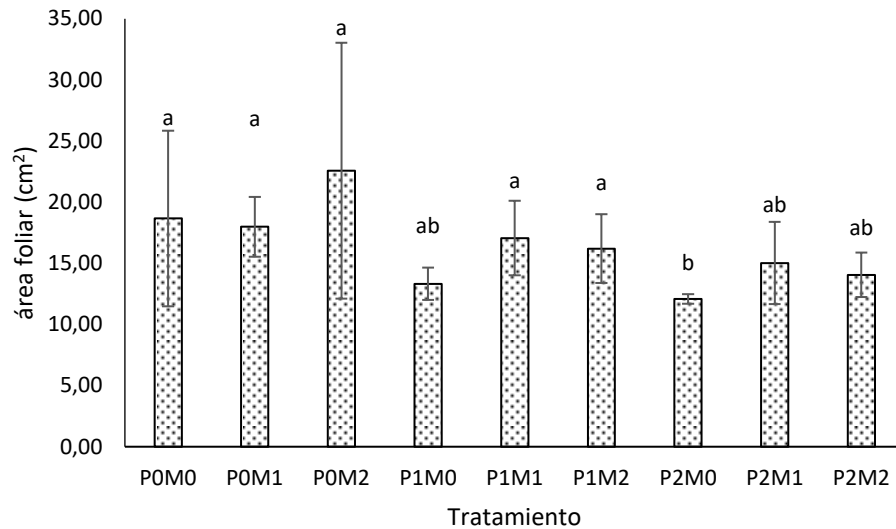


Figura 27. Promedio de área foliar de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P < 0.05$ )

### 6.7 Índice de clorofila

El mayor índice de clorofila lo obtuvo las plantas del tratamiento POM2, mientras el menor índice de clorofila lo obtuvo el tratamiento P1M1, lo cual se puede deber a múltiples factores, ya que este índice mide la fluorescencia de la clorofila, la cual es susceptible al nivel de radiación al momento de la toma de muestras, sin embargo las mediciones se realizaron entre el nivel 5 y 6 de radiación entre un intervalo de 0 a 9, lo cual indica una buena iluminación para realizar un cálculo reduciendo el error en la medición, además de los síntomas presentados por las plantas infectadas y afectadas de nemátodos, las cuales pueden presentar clorosis, lo cual puede ser otro de los factores influyentes en el resultado final (Figura 28).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

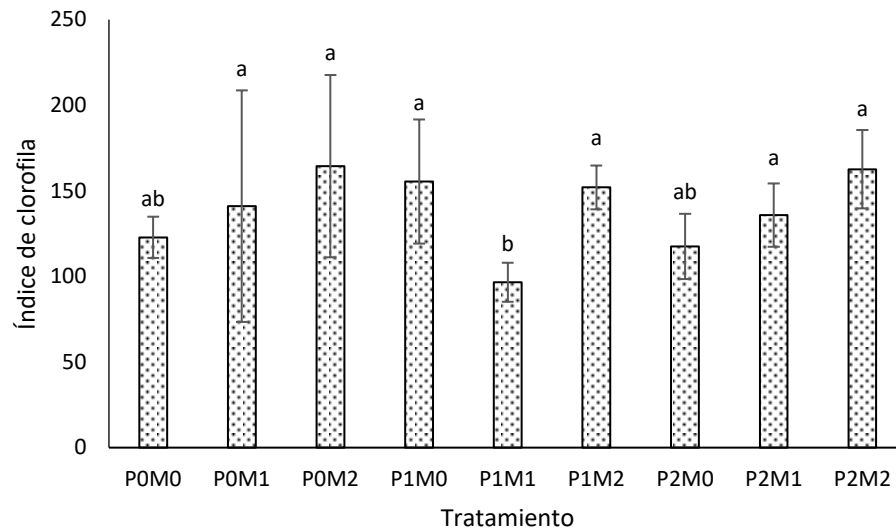


Figura 28. Promedio de índice de clorofila de *Daucus carota* por tratamiento. Barras sobre el promedio indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan ( $P < 0.05$ )

### 6.8 Variables finales

Luego de realizar el peso seco de las plantas se realizó el cálculo de la masa generada por las plantas durante el estudio, donde se encontró que la mayor cantidad de masa total fue para los tratamientos P0M0, mientras que la segunda con mayor producción de biomasa fue para las plantas del tratamiento P0M2, concordando con todos los resultados anteriores en los cuales se evidencia que los mayores promedios los obtuvo este tratamiento, gracias a sus efectos fertilizantes, efecto nematicida y el espacio en el suelo de cultivo (Anexo 5). La mayor producción de masa aérea la obtuvo el tratamiento de P0M0 en el cual se encontró una cantidad de masa de 0.25g, mientras que los tratamientos P0M1 y P0M2 fueron similares en cuanto a la producción de masa aérea. (Anexo 6). El tratamiento que obtuvo la mayor cantidad de masa subterránea, en cuanto a la producción, engrosamiento y crecimiento de las raíces napiformes fue el tratamiento P0M2, concordando con lo anterior en cuanto a la promoción del crecimiento y desarrollo de la planta gracias al efecto de las micorrizas arbusculares, mientras que el tratamiento con la menor cantidad de biomasa subterránea fue el tratamiento P1M0. (Anexo 7).

## Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar

En cuanto al efecto nematicida de los hongos, se encontró que luego del estudio y la cosecha de las plantas, no había una gran presencia de nematodos, a excepción de las plantas de control donde se encontraron hasta 5 nemátodos por gota, sin embargo, en las plantas de los tratamientos de *Pleurotus ostreatus* (P1M0 y P2M0) se encontraron uno o ningún nemátodo por gota, con síntomas de deformidad y parálisis, como fue reportado por Heydari *et al.* (2006) y Satou *et al.* (2008) donde el micelio de *Pleurotus ostreatus*, paraliza y deforma los nematodos para finalmente consumirlos. En los tratamientos en los que se encontraban *Pleurotus ostreatus* y micorrizas, no se encontraron nematodos y finalmente, en los tratamientos de micorrizas (P0M1 y P0M2) se encontraron nematodos, sin embargo, los mismos estaban siendo parasitados por las hifas de las micorrizas, además de ser consumidos por la misma (Poveda *et al.*, 2020; Hol & Cook, 2005) (Figura 29).



**Figura 29.** Efectos de *Pleurotus ostreatus ostreatus* y micorrizas sobre la morfología de los nematodos.

A) Reducción y deformación de la cola; B) Nematodo parasitado y consumido por las hifas de micorrizas; C) Nematodo con deformación severa en la cabeza; D) Nematodo con la cola reducida y deformada por *Pleurotus ostreatus ostreatus*

## **7 Conclusiones**

- Los nemátodos fitopatógenos causan lesiones graves a la raíz napiforme de la zanahoria, los cuales varían entre la deformidad radicular y la muerte tisular de los tejidos conductores radiculares de la planta, en los órganos fotosintéticos no se generó retraso de crecimiento en todas las plantas sin embargo la mayoría se encontraban en clorosis y decoloración de las hojas.
- El espacio usado por el sustrato de cultivo de *Pleurotus ostreatus*, ocasionó un impedimento en el desarrollo y crecimiento de las plantas de zanahoria, al no tener el espacio suficiente para desarrollar las raíces y de esta misma forma afectando el crecimiento vertical de la planta y el desarrollo de biomasa aérea y subterránea. Sin embargo, el efecto nematófago de *Pleurotus ostreatus* actuó de forma correcta y no se encontraron nematodos en la mayoría de las plantas de los tratamientos con el hongo, de igual forma, los nemátodos encontrados presentaron deformidades y algunos nemátodos en periodo de descomposición.
- Las micorrizas además de tener efectos fertilizantes en las plantas y promover su desarrollo y crecimiento, actuó de manera eficaz en el control biológico de los nematodos, parasitando y eliminándolos por completo del suelo de cultivo de las plantas de zanahoria.
- El uso combinado de *Pleurotus ostreatus* y micorrizas controló de forma correcta la presencia de nematodos, sin embargo, la presencia del sustrato de *Pleurotus ostreatus* impidió el correcto desarrollo radicular de las plantas, retrasando así su crecimiento. Por lo cual la mejor forma de controlar nematodos podría ser en suelo abierto usando estos dos tipos de hongos, o en su defecto usando las micorrizas arbusculares que además de tener efectos biofertilizantes, controla de manera satisfactoria la presencia de nemátodos.

## **8 Referencias bibliográficas**

- Agrios, G. (1969). Fitopatología. In *Ciencia e investigación agraria* (Vol. 2, Issue 2). <https://doi.org/10.7764/rcia.v31i2.1305>
- Alza Camacho, W. R., García Colmenares, J. M., & Chaparro Acuña, S. P. (2016). Estimación del riesgo de contaminación de fuentes hídricas de pesticidas (Mancozeb y Carbofuran) en Ventaquemada, Boyacá-Colombia. *Acta Agronómica*, 65(4), 368-374.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual de Zanahorias*. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf>
- Elsen, A., Declerck, S., & De Waele, D. (2002). Efecto de tres hongos micorriza arbusculares sobre la infección de Musa con el nematodo nodulador de las raíces (*Meloidogyne* spp.). *INFOMUSA INFOMUSA*, 9, 21.
- Heydari, R., Pourjam, E., & Goltapeh, E. M. (2006). Antagonistic effect of some species of *Pleurotus ostreatus* on the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in vitro. *Plant Pathology Journal*, 5(2), 173-177.
- Hol, W. G., & Cook, R. (2005). An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6(6), 489-503.
- Khan, A., Saifullah, I. M., & Hussain, S. (2014). Organic control of phytonematodes with *Pleurotus ostreatus* species. *Pak J Nematol*, 32, 155-161.
- Lopez-Llorca, L. V., & Jansson, H. B. (2001). Biodiversidad del suelo: control biológico de nemátodos fitopatógenos por hongos nematófagos. *Cuadernos de biodiversidad*, nº 6 (feb. 2001); pp. 12-15.
- Mitich, L. W. (1996). Wild carrot (*Daucus carota* L.). *Weed technology*, 10(2), 455-457.
- Moody, E. H., Lownsbery, B. F., & Ahmed, J. M. (1973). Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot disks. *Journal of Nematology*, 5(3), 225.
- Monfort-Prieto, E. (2004). *Interacciones tróficas entre hongos nematófagos, la rizosfera y sus patógenos fúngicos* (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).
- Mosquera-Espinosa, A. T. (2016). Fitonematodos asociados a *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn., *Solanum quitoense* Lam. y *Daucus carota* L. en el departamento de Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 87-97.
- Nombela, G., & Bello, A. (1983). Modificaciones al método de extracción de nematodos fitoparásitos por centrifugación en azúcar. *Bol. Serv. Plagas*, 9, 183-189.
- Salomé, B., Rangel, A., Nacional, C., Fitosanitaria, D. R., Pérez, S. G., No, V., & Del, C. (2011). *Generalidades de los nematodos fitopatógenos*. 2(127), 30–31.
- Satou, T., Kaneko, K., Li, W., & Koike, K. (2008). The toxin produced by *Pleurotus ostreatus ostreatus* reduces the head size of nematodes. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 31(4), 574-576.

## **Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

- SIOC minagricultura*. (2020). <https://Sioc.Minagricultura.Gov.Co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.Pdf>. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pages/SIOC.aspx>
- Palacio Peláez, Á. E. (2017) Lineamientos Y Estrategias De Articulación De Asohofrucol Con La Agroindustria En Pro Del Desarrollo Hortifrutícola En Colombia. *Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S2561-Lineamientos%20ASOHOFrucol.pdf>*.
- Perry, R. N., & Moens, M. (2011). Introduction to plant-parasitic nematodes; modes of parasitism. In *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions* (pp. 3-20). Springer, Dordrecht.
- Piedra-Naranjo, R. (2008). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Revista Tecnología en Marcha*, 21(1), ág-123.
- Poveda, J., Abril-Urias, P., & Escobar, C. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: Trichoderma, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992.
- Toro, M., Bazó, I., & López, M. (2008). Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Tropical*, 58(3), 215-221.
- Uribe, M. V., Castro, R. A., Paéz, I., Carvajal, N., Barbosa, E., León, L. M., & Díaz, S. M. (2012). Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate, Colombia, 2011. *Revista chilena de salud pública*, 16(2), 96-106.
- Urbano Fernández, I. (2017). Determinación específica de Meloidogyne causante de la deformación radicular en zanahoria (*Daucos carota*). Pongora, 2744 msnm Ayacucho.



**9 Anexos**

Variable	Significación
Log altura	0.576
Área basal <sup>-2</sup>	0.104
Área Lateral <sup>-3.5</sup>	0.270
Área foliar <sup>-3.5</sup>	0.271
Índice de clorofila <sup>-1</sup>	0.0003

**Anexo 1.** Prueba de Levene de homogeneidad de varianzas

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor pronosticado para logaltura	0,188	38	0,002	0,915	38	0,007
Valor pronosticado para áreabasal_2	0,200	38	0,001	0,923	38	0,012
Valor pronosticado para árealateral_35	0,212	38	0,000	0,904	38	0,003
Valor pronosticado para áreafoliar_35	0,215	38	0,000	0,903	38	0,003
Valor pronosticado para índicedeclorofila_1	0,234	38	0,000	0,822	38	0,000

**Anexo 2.** Prueba de normalidad para los datos transformados

**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

Variable dependiente	Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
área basal_2	Modelo corregido	3,07E-005(b)	8	0,000	2,652	0,026
área basal_2	Intersección	0,000	1	0,000	239,193	0,000
área basal_2	Pleurotus ostreatus	0,000	2	0,000	8,679	0,001
área basal_2	Micorrizas	0,000	2	0,000	2,204	0,128
área basal_2	Pleurotus ostreatus *	0,000	4	0,000	0,134	0,968
área basal_2	Micorrizas	0,000	4	0,000		
área basal_2	Error	0,000	29	0,000		
área basal_2	Total	0,000	38			
área basal_2	Total corregida	0,000	37			
área foliar_3,5	Modelo corregido	3,80E-008(d)	8	0,000	1,995	0,083
área foliar_3,5	Intersección	0,000	1	0,000	111,740	0,000
área foliar_3,5	Pleurotus ostreatus	0,000	2	0,000	5,258	0,011
área foliar_3,5	Micorrizas	0,000	2	0,000	3,384	0,048
área foliar_3,5	Pleurotus ostreatus *	0,000	4	0,000	0,292	0,881
área foliar_3,5	Micorrizas	0,000	4	0,000		
área foliar_3,5	Error	0,000	29	0,000		
área foliar_3,5	Total	0,000	38			
área foliar_3,5	Total corregida	0,000	37			
área lateral_3,5	Modelo corregido	2,72E-008(c)	8	0,000	1,991	0,084
área lateral_3,5	Intersección	0,000	1	0,000	117,420	0,000
área lateral_3,5	Pleurotus ostreatus	0,000	2	0,000	5,262	0,011
área lateral_3,5	Micorrizas	0,000	2	0,000	3,327	0,050
área lateral_3,5	Pleurotus ostreatus *	0,000	4	0,000	0,283	0,887
área lateral_3,5	Micorrizas	0,000	4	0,000		
área lateral_3,5	Error	0,000	29	0,000		
área lateral_3,5	Total	0,000	38			
área lateral_3,5	Total corregida	0,000	37			
log altura	Modelo corregido	,872(a)	8	0,109	6,580	0,000
log altura	Intersección	21,852	1	21,852	1.318,834	0,000
log altura	Pleurotus ostreatus	0,621	2	0,311	18,751	0,000
log altura	Micorrizas	0,125	2	0,063	3,785	0,035
log altura	Pleurotus ostreatus *	0,179	4	0,045	2,706	0,050
log altura	Micorrizas	0,179	4	0,045		
log altura	Error	0,480	29	0,017		
log altura	Total	26,427	38			
log altura	Total corregida	1,353	37			

a. R cuadrado = ,645 (R cuadrado corregida = ,547)

b. R cuadrado = ,422 (R cuadrado corregida = ,263)

c. R cuadrado = ,355 (R cuadrado corregida = ,176)

d. R cuadrado = ,355 (R cuadrado corregida = ,177)

e. R cuadrado = ,470 (R cuadrado corregida = ,324)

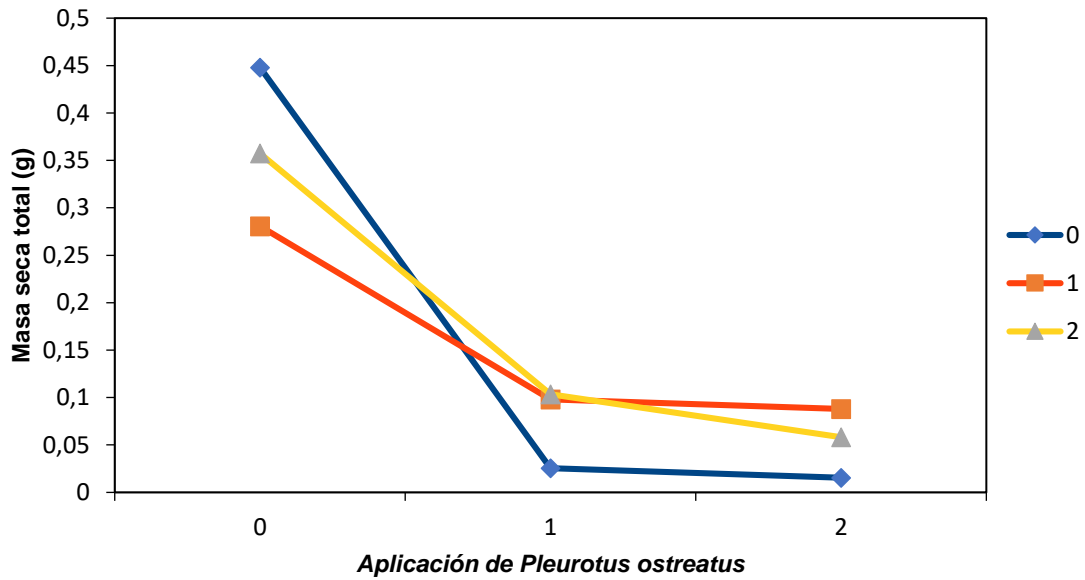
**Anexo 3.** Análisis de varianzas para los datos fenológicos con base en los tratamientos utilizados.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	1938,133(a)	8	242,267	2,674	0,025
Intersección	14.449,320	1	14.449,320	159,487	0,000
Pleurotus ostreatus	29,178	2	14,589	0,161	0,852
Micorrizas	1.032,476	2	516,238	5,698	0,008
Pleurotus ostreatus * Micorrizas	840,981	4	210,245	2,321	0,081
Error	2.627,367	29	90,599		
Total	19.015,000	38			
Total, corregida	4.565,500	37			

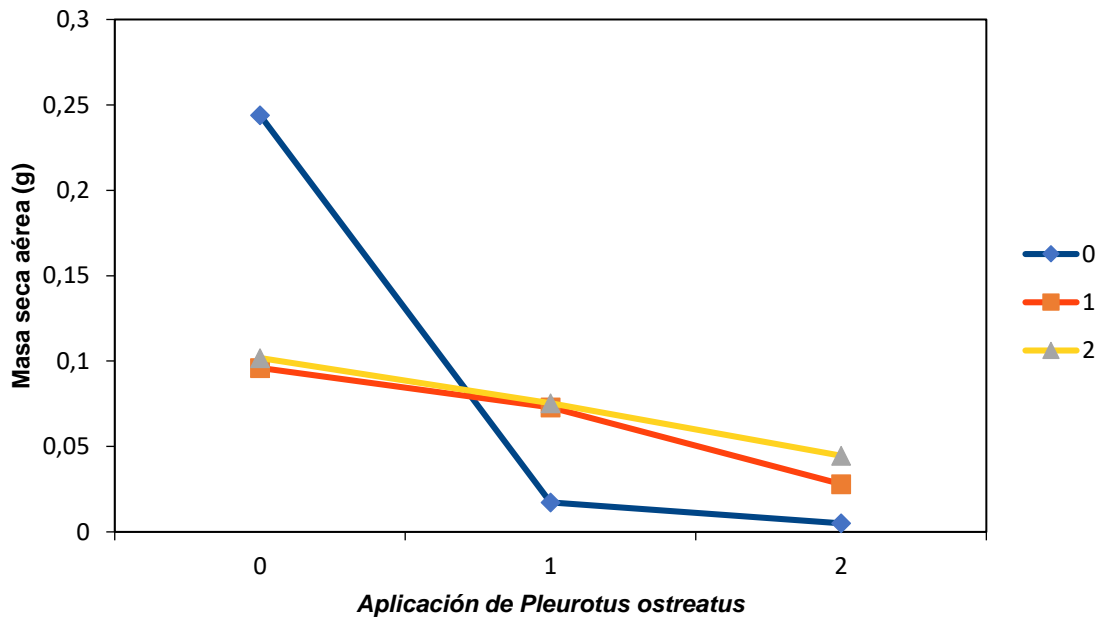
**Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos**

Nicolás Cajamarca Tovar

**Anexo 4.** Análisis de varianza para los datos de índice de clorofila.



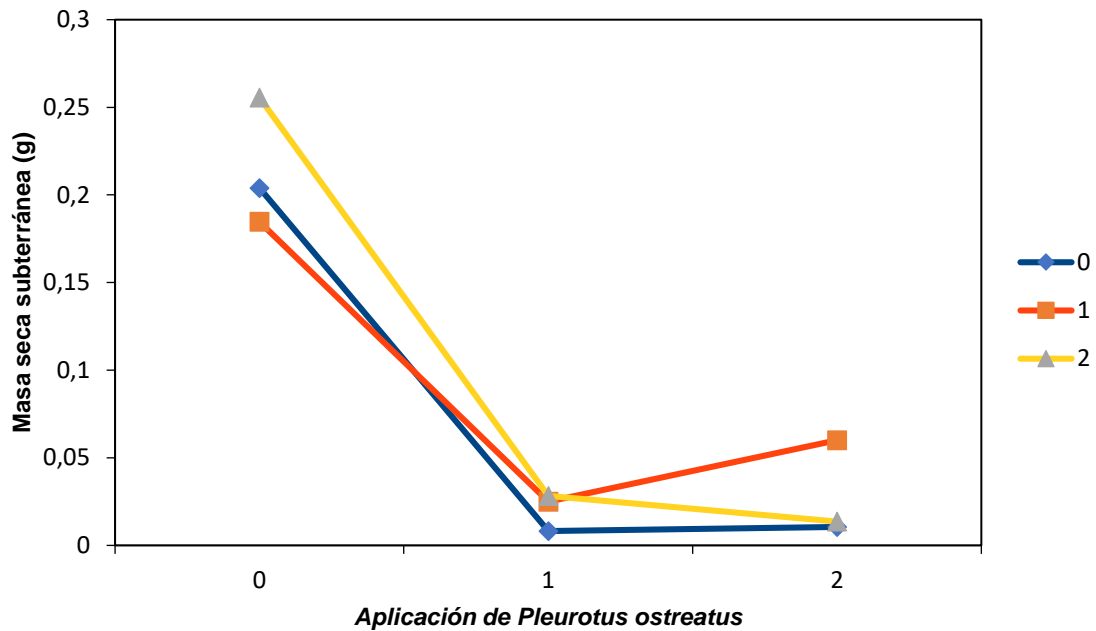
**Anexo 5.** Masa seca total de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas



**Anexo 6.** Masa seca aérea de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1 ,2) de aplicación de micorrizas

# Control de Nemátodos en cultivo controlado de *Daucus carota* con micelio de hongos del género *Pleurotus ostreatus* y aplicaciones de hongos micorrízicos

Nicolás Cajamarca Tovar



**Anexo 7.** Masa seca subterránea de plantas de *Daucus carota*. En el eje x, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de *Pleurotus ostreatus*. En colores, los niveles (0, 1, 2) de aplicación de micorrizas



**Anexo 8.** Producto comercial de micorrizas con inóculo de los géneros *Glomus sp.* y *Acaulospora sp.*