



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE ORELLANA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NEMATICIDAS  
BIOLÓGICOS SOBRE POBLACIONES DE *Meloidogyne incognita*,  
EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus  
megalanthus*), A NIVEL DE INVERNADERO, EN EL CANTÓN  
JOYA DE LOS SACHAS.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:**

**NEIVER DENILSON MANOBANDA DUCHE**

El Coca – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE ORELLANA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NEMATICIDAS  
BIOLÓGICOS SOBRE POBLACIONES DE *Meloidogyne incognita*,  
EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus  
megalanthus*), A NIVEL DE INVERNADERO, EN EL CANTÓN  
JOYA DE LOS SACHAS.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:** NEIVER DENILSON MANOBANDA DUCHE

**DIRECTORA:** Ing. AMANDA ELISABETH BONILLA BONILLA MSc.

El Coca – Ecuador

2022

**©2022, Manobanda Duche Neiver Denilson**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, NEIVER DENILSON MANOBANDA DUCHE, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 27 de junio del 2022.



**Manobanda Duche Neiver Denilson**

**220037211-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación. **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NEMATOCIDAS BIOLÓGICOS SOBRE POBLACIONES DE *Meloidogyne incognita*, EN EL CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*), A NIVEL DE INVERNADERO, EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS.”** realizado por el señor **NEIVER DENILSON MANOBANDA DUCHE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Rodrigo Ernesto Salazar López. MSc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

RODRIGO  
ERNESTO  
SALAZAR  
LOPEZ

Firmado digitalmente por:RODRIGO  
ERNESTO SALAZAR LOPEZ  
DN: cn=RODRIGO ERNESTO  
SALAZAR LOPEZ o=EC:IMBOSAMBA  
o=ESPPOCH DTIC:ou=AUTORIDAD DE  
CERTIFICACION ESPPOCH DTIC  
Motivo: Soy el autor de este documento  
Ubicación:  
Fecha:2022-06-23 23:59:05.00

2022-06-27

Ing. Amanda Elizabeth Bonilla Bonilla MSc.  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



Firmado electrónicamente por:  
**AMANDA  
ELIZABETH  
BONILLA BONILLA**

2022-06-27

Ing. Daniel David Espinoza Castillo MSc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DANIEL  
DAVID  
ESPINOZA  
CASTILLO

Firmado  
digitalmente por  
DANIEL DAVID  
ESPINOZA CASTILLO  
Fecha: 2022.03.03  
06:51:38 -05'00'

2022-06-27

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía, fortaleza y por permitirme tener vida y salud para culminar mi carrera, a mis padres Ervan Eliceo Manobanda Remache y Ninfa Cristina Duche Albán, porque ellos siempre están a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos Anderson, Darlin y Matías, a mi hermana Deysi por su apoyo incondicional en todos estos años de formación profesional, por su empuje para la culminación de esta meta, a mi novia Nayeli por sus palabras, confianza y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, este trabajo también va dedicado a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quienes impartieron sus conocimientos en el transcurso académico y permitirme adquirir conocimientos para un mejor desempeño en la vida profesional.

*Neiver*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, por estar en cada uno de mis días, y permitirme llegar hasta aquí y conseguir lo que he anhelado, a mis padres Eliceo Manobanda y Ninfa Duche y a mis hermanos (as) por el apoyo incondicional. A mis compañeros y ahora colegas con los cuales hemos vivido aventuras, momentos de alegría y nostalgia, recuerdos que quedaran impregnados en mi ser. A mis amigos que supieron brindarme su apoyo en momentos difíciles, valoraré siempre su amistad y su lealtad. A mis maestros quienes supieron impartir sus conocimientos para mi vida profesional. A la ingeniera Amanda Bonilla por su asesoramiento, competencia, paciencia y apoyo durante el transcurso de la realización del trabajo de titulación. Un sincero agradecimiento por su colaboración y apoyo al programa de fruticultura y protección vegetal dirigido por la Ing. Yadira Vargas, Alejandra Díaz y Jimmy Pico, por su asesoramiento, competencia, paciencia y apoyo durante el transcurso de la realización del trabajo de integración curricular y a su equipo técnico Wilson, Enrique, Mario, Edgar, Jefferson y Víctor Merizalde. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y hacer de mi un profesional con reconocimiento.

*Neiver*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Historia e importancia del cultivo de pitahaya.....	4
1.2. Nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> spp.....	4
1.2.1. <i>Ubicación taxonómica</i> .....	5
1.2.2. <i>Morfología</i> .....	5
1.2.3. <i>Ciclo biológico y patológico de Meloidogyne incognita</i> .....	6
1.2.4. <i>Síntomas y daños producidos por Meloidogyne incognita</i> .....	7
1.2.5. <i>Distribución y diseminación de Meloidogyne incognita</i> .....	7
1.2.6. <i>Rango de hospedero</i> .....	7
1.3. Métodos de control.....	8
1.3.1. <i>Control cultural</i> .....	8
1.3.2. <i>Control químico</i> .....	8
1.3.2. <i>Control Biológico</i> .....	8
1.4. Controladores biológicos de <i>Meloidogyne</i> spp.....	9
1.4.1. <i>Purpureocillium lilacinum</i> .....	9
1.4.1.1. <i>Ubicación taxonómica</i> .....	9
1.4.1.2. <i>Características morfológicas de Purpureocillium lilacinum</i> .....	10
1.4.1.3. <i>Mecanismos de control biológico del género Purpureocillum spp</i> .....	10
1.4.1.4. <i>Modo de Acción de Purpureocillium lilacinum sobre Meloidogyne incognita</i> .....	12
1.4.2. <i>Trichoderma spp</i> .....	12
1.4.2.1. <i>Ubicación taxonómica</i> .....	13
1.4.2.2. <i>Morfología y ciclo biológico de Trichoderma asperellum</i> .....	13
1.4.2.3. <i>Mecanismos de control biológico del género Trichoderma spp</i> .....	13

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	15
2.1.	<b>Localización</b> .....	15
2.2.	<b>Ubicación Geográfica</b> .....	15
2.3.	<b>Materiales y métodos</b> .....	16
2.3.1.	<i>Materiales</i> .....	16
2.4.1.	<i>Factores de Estudio</i> .....	17
2.4.2.	<i>Características de la unidad experimental</i> .....	17
2.4.3.	<i>Tratamientos</i> .....	17
2.4.4.	<i>Diseño experimental</i> .....	18
2.4.5.	<i>Análisis estadístico</i> .....	18
2.4.6.	<i>Análisis funcional</i> .....	18
2.5.	<b>Técnicas</b> .....	18
2.5.1.	<i>Manejo específico del experimento</i> .....	18
2.5.2.	<i>Métodos de evaluación</i> .....	22

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS</b> .....	24
-----------	----------------------------------	----

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	31
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	32
--	------------------------------	----

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación taxonómica de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación taxonómica de <i>Purpureocillum lilacinum</i> .....	9
<b>Tabla 3-1:</b>	Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma asperellum</i> .....	13
<b>Tabla 1-2:</b>	Tratamientos biológicos.....	17
<b>Tabla 2-2:</b>	Análisis de varianza ADEVA .....	18
<b>Tabla 3-2:</b>	Concentraciones de los controladores biológicos para cada tratamiento .....	22
<b>Tabla 1-3:</b>	Incidencia: plantas afectadas por nematodo <i>Meloidogyne incognita</i> .....	24
<b>Tabla 2-3:</b>	Efectos principales y efecto de interacción para el número de nódulos en raíces. ....	24
<b>Tabla 3-3:</b>	Número de nódulos y severidad en las raíces de plantas de pitahaya amarilla. ....	25
<b>Tabla 4-3:</b>	Efectos principales y efecto de interacción para peso fresco y seco.....	26
<b>Tabla 5-3:</b>	Peso fresco y seco (g) de la planta de pitahaya, en los 30 días de evaluación ....	26
<b>Tabla 6-3:</b>	Efectos principales y efecto de interacción para peso fresco de raíces .....	27
<b>Tabla 7-3:</b>	Peso fresco de raíces de pitahaya amarilla en las aplicaciones antes y después. ....	27
<b>Tabla 8-3:</b>	Peso fresco de raíces (g) de pitahaya amarilla, a los 30 días de evaluación .....	27
<b>Tabla 9-3:</b>	Efectos principales y efecto de interacción para el número de nematodos .....	28
<b>Tabla 10-3:</b>	Población de nematodos en las aplicaciones antes y después.....	28
<b>Tabla 11-3:</b>	Efectos principales y efecto de interacción para el número de nematodos .....	28
<b>Tabla 12-3:</b>	Población de nematodos en 10 g raíces de plantas de pitahaya amarilla. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Ciclo biológico de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	6
<b>Figura 1-2:</b>	Mapa de ubicación de la Provincia Orellana – Cantón Joya de los Sachas.....	15
<b>Figura 2-2:</b>	Lugar de ejecución del proyecto de investigación.....	16
<b>Figura 3-2:</b>	Escala cuantitativa de infección radicular .....	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ZARANDEADO Y RECOLECCION DE SUELO
- ANEXO B:** ESTERILIZACION DE SUELO MEDIANTE EL AUTOCLAVE
- ANEXO C:** SIEMBRA DE CLADODIOS DE PITAHAYA
- ANEXO D:** SIEMBRA Y TRASPLANTE DE TOMATE PARA MULTIPLICACION DE NEMATODOS
- ANEXO F:** MUESTREO Y OBTENCIÓN DE INOCULO DE NEMATODOS
- ANEXO G:** CONTEO E INOCULACIÓN DE NEAMATODOS EN LAS PLANTAS DE TOMATE
- ANEXO H:** AISLAMIENTO DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS (*Trichoderma asperellum* y *Purpureocillum lilalacinum*).
- ANEXO I:** PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA MULTIPLICACIÓN MASIVA DE BIOCONTROLADORES
- ANEXO J:** INOCULACIÓN EN SUSTRATO
- ANEXO K:** SUSTRATOS CON LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS
- ANEXO L:** APICACION DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS PARA EL ANTES.
- ANEXO M:** OBTENCIÓN DEL INOCULO DE NEMATODOS DE LAS PLANTAS DE TOMATE
- ANEXO N:** INOCULACIÓN DE NEMATODOS EN LA PITAHAYA PARA EL ANTES Y DESPUÉS
- ANEXO O:** APLICACIÓN DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS PARA EL DESPUES
- ANEXO P:** EVALUACIÓN: EXTRACCIÓN DE SUELO
- ANEXO Q:** EVALUACIÓN: EXTRACCIÓN DE RAÍZ
- ANEXO R:** EVALUACIÓN: DIÁMETRO Y LONGITUD DE LOS BROTES
- ANEXO S:** EVALUACIÓN: PESO FRESCO DE CLADODIOS Y BROTES
- ANEXO T:** EVALUACIÓN: PESO SECO DE CLADODIOS Y BROTES
- ANEXO W:** EVALUACIÓN: CONTEO DE NODULACIÓN EN RAÍCES

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ADEVA</b>	Análisis de Varianza
<b>LSD</b>	<i>Least Significance Differences</i>
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>EECA</b>	Estación Experimental Central de la Amazonía
<b>DBCA</b>	Diseño de Bloques Completamente al Azar

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de nematocidas biológicos para el control de poblaciones de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), bajo condiciones de invernadero, en el cantón Joya de los Sachas. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas y los siguientes tratamientos: T1: *Purpureocillium lilacinum*; T2: *Trichoderma asperellum*; T3 *Purpureocillium lilacinum* más *Trichoderma asperellum*; T4: Comercial biológico; T5: testigo absoluto; T6: testigo más nematodo. Aplicados en dos épocas: siete días antes y siete días después de la inoculación de *Meloidogyne incognita*. Se evaluó: la severidad del nematodo, número de nódulos y nematodos en suelos y raíces, biomasa foliar y radicular. Las plantas de pitahaya presentaron un índice de nodulaciones mayor a 100 en el sistema radicular (severidad grado 5). Hubo diferencias significativas en el peso fresco de raíz para la época de aplicación y diferencias significativas en la variable biomasa foliar. La cuantificación de nódulos en el sistema radicular mostró un efecto significativo para los tratamientos. Las aplicaciones de los controladores antes de la inoculación de los nematodos demostraron un efecto positivo para la biomasa foliar y radicular por la estimulación endófito de *Trichoderma* spp, *Purpureocillium* spp sobre el sistema radical y su emanación en el desarrollo de la planta. El T1 tuvo un efecto negativo por el alto número de nodulaciones y población de nematodos, superando al T6; el T2 redujo un 36,9% de nodulaciones y un 21 % de población con relación al testigo más nematodo. Se concluye que las aplicaciones preventivas de estos hongos antagonistas, favorecen a las variables agronómicas, pero son poco eficaces para controlar *Meloydogine incognita*. Se recomienda evaluar en condiciones *in vitro*, nuevas concentraciones de los controladores biológicos usados en este estudio, para seleccionar dosificaciones eficientes en el control de *Meloidogyne* spp.

**Palabras clave:** <PITAHAYA>, <NEMATODOS>, <CONTROLADORES BIOLÓGICOS>, <INCIDENCIA>, <SEVERIDAD>.

Inés  
Zapata

Firmado digitalmente por Inés  
Zapata  
DN: cn=Inés Zapata gominés  
Zapata, o=ESPOCH, ou=ESPOCH  
o=ESPOCH, ou=ESPOCH, ou=ESPOCH  
e=ines.zapata@esPOCH.edu.ec  
Motivo: Aprobado este documento  
Ubicación:  
Fecha: 2022-03-08 15:52:05:00



0417-DBRA-UPT-2022

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the efficiency of biological nematicides for the control of *Meloidogyne incognita* populations in the yellow pitahaya crop (*Selenicereus megalanthus*), under greenhouse conditions, in the Joya de los Sachas canton. A randomized complete block design was applied with three replicates and the following treatments: T1: *Purpureocillium lilacinum*; T2: *Trichoderma asperellum*; T3 *Purpureocillium lilacinum* plus *Trichoderma asperellum*; T4: Biological commercial; T5: absolute control; T6: control plus nematode; seven days before and seven days after inoculation with *Meloidogyne incognita*. The following were evaluated: nematode severity, number of nodules and nematodes in soil and roots, leaf and root biomass. Pitahaya plants presented an index of nodulations greater than 100 in the root system (severity grade 5). In root fresh weight there were significant differences not only for the time of application but also in the leaf biomass variable. The quantification of nodules in the root system showed a significant effect for the treatments. Controller applications before nematode inoculation showed a positive effect on leaf and root biomass due to endophytic stimulation of *Trichoderma* spp, *Purpureocillium* spp on the root system and their emanation in plant development. The T1 had a negative effect by the high number of nodulations and population of nematodes, surpassing the T6; the T2 reduced 36.9% of nodulations and 21% of population in relation to the control plus nematode (T6). It is concluded that preventive applications of these antagonistic fungi favor agronomic variables, but are not very effective in controlling *Meloidogyne incognita*. It is recommended to evaluate in vitro conditions, new concentrations of the biological controllers used in this study, in order to select highly efficient dosages in the control of *Meloidogyne* spp.

**Key words:** <PITAHAYA>, <NEMATODS>, < BIOLOGICAL CONTROLLERS >, <INCIDENCE>, <SEVERITY>.



FIRMADO ELECTRONICAMENTE POR:  
NANCY DE LAS  
MERCEDES BARRENO  
SILVA

## INTRODUCCIÓN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), es una planta silvestre perenne, perteneciente a la familia de las cactáceas (Kondo et al., 2013, p.8). Los frutos son cotizados en los mercados europeos y asiáticos por su sabor, apariencia, contenido nutricional (vitamina C, fibra y carbohidratos), sus semillas poseen aceites esenciales con efecto laxante y su pulpa contiene betacianinas y betaxantina que tienen la capacidad de ser antioxidantes para las células del cuerpo humano (Ochoa et al., 2012, p. 282).

Por esta razón, varios países, incluido Ecuador, se han interesado por cultivar esta especie. En el Sur de la Amazonía ecuatoriana, se ha fomentado más su cultivo comercial y hay poco más de 1 528 hectáreas con 664 hectáreas en producción (Rivera, 2021, p.2). Sin embargo, el poco conocimiento sobre el manejo agronómico, ha ocasionado grandes problemas de manejo, especialmente de aspectos sanitarios, que ocasionan una disminución de la producción y calidad de la fruta (Vargas et al., 2020, p. 6).

En países tropicales, las pitahayas son infestadas por hongos, bacterias, virus, insectos y nematodos; siendo este último, uno de los problemas sanitarios más importantes del cultivo. Los nematodos fitoparásitos encontrados en plantaciones de pitahaya son *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Tylenchorhynchus* spp. que causan pérdidas de hasta el 80% de la producción (Guzmán et al., 2012, p. 2).

En el cantón Palora, el INIAP realizó un diagnóstico sobre la presencia o ausencia de nematodos en plantaciones de pitahaya, determinándose que el 100% de los cultivos de pitahaya estaban siendo afectados por nematodos, con una severidad de daño tan elevada, que con aplicaciones de nematicidas químicos no era posible recuperar el sistema radicular (Delgado et al., 2019, p.3). Los síntomas que se observaron en los cultivos fueron pencas cloróticas amarillentas y angostas, flácidas, raquílicas, brotes muertos, retraso en el crecimiento y producción reducida. Además, se identificó tres géneros de nematodos que estaban presentes en el cultivo, *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp., con una frecuencia del 97% y *Tylenchus* spp., con un 3% (Delgado et al., 2019, p. 3).

*Meloidogyne* spp., a nivel mundial, es uno de los nematodos agalladores más importantes de los cultivos agrícolas, se considera como un endoparásito obligado que afecta alrededor de 3000 especies de plantas (Soto, 2016, p. 2). Una de las especies susceptible al ataque de nematodos es la pitahaya; debido, a que con aplicaciones tipo calendario no se logra recuperar el cultivo; así mismo, en estudios previos se ha encontrado cantidades altas de nematodos (8 770 y 110 860 nematodos por 10 gramos de raíces) en el sistema radicular lo que ha provocado que la planta detenga su crecimiento (Palacino, 1990, pp. 80-90).

Para el control de este nematodo actualmente se usa sustancias químicas no fumigantes de los grupos carbamatos y organofosforados (Andrés, 2002, p.35). Sin embargo, existen alternativas poco utilizadas pero eficaces, como el uso de enemigos naturales que presentan características de reducir o inhibir la reproducción de los nematodos; dentro de este grupo podemos encontrar a las bacterias antagonistas como *Pasteuria penetrans* y los hongos nematófagos de los géneros *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams, *Arthrobotrys* spp., *Trichoderma* spp., *Purpureocillium* spp., *Fusarium* spp., y otros, con acción específica diferente dependiendo de cada especie, cepa y agroecosistema (Naranjo, 2018, pp. 4-6).

En estudios realizados en naranjilla se determinó que *Pochonia* spp., y *Purpureocillium* spp., presentaron una acción parasítica contra *Meloidogyne* spp., debido a que se redujo las poblaciones de huevos y larvas en suelo (58.9% de reducción) y en las raíces el índice de agallamiento estuvo por debajo de dos, comparado con el testigo que presentó un nivel de agallamiento cinco; así mismo, se determinó que los aislamientos de *Trichoderma* spp., *Fusarium* spp., *Pochonia* spp., y *Purpureocillium* spp, son eficaces para la estimulación endofítica (dentro) del sistema radical y su efecto en el desarrollo de la planta (Paucar, 2015, pp. 50-61).

Por otra parte, en tomate (*Solanum lycopersicum*), se determinó que *Trichoderma asperellum*, *Hypocrea virens*, *Paecilomyces* sp., *Hypocrea virens* lograron controlar en un 50% a *Meloidogyne incognita* (Mendoza, 2010; citado en Paucar, 2015, p. 30). A nivel de invernadero se determinó que *Purpureocillium lilacinum* redujo la población de *M. incognita* en un 71 % en el sistema radicular y 87. 5% en suelo, mostrando así la acción parasítica de *P. Lilacinum* (Vidal, 2019, p. 40).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La mayor producción de pitahaya en Ecuador se encuentra en el cantón Palora, existe poco más de 1 528 hectáreas con 664 hectáreas en producción (Rivera, 2021, p.2). Actualmente el rendimiento de la pitahaya es afectado por la presencia de *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp., pero el que provoca una mayor pérdida es *Meloidogyne* spp.; debido a que en el sistema radicular se forman agallas y nódulos que causan obstrucción en el paso de agua y nutrientes, lo que provoca un incorrecto desarrollo vegetativo de la planta. Adicionalmente, el desconocimiento de los agricultores sobre alternativas tecnológicas sostenibles, como es el uso de controladores biológicos, está ocasionando que los productores sigan utilizando plaguicidas altamente peligrosos para el control de nematodos sin considerar el riesgo potencial en su salud, en la de los consumidores y la contaminación de los recursos naturales. Por esta razón, es fundamental ir buscando opciones de control de plagas y enfermedades con tecnologías más amigables con el entorno natural y social.

## JUSTIFICACIÓN

En el cultivo de pitahaya, el manejo de nematodos por lo general se realiza con productos químicos que no son suficientes o eficaces para reducir al máximo las poblaciones de nematodos del suelo o raíces; sin embargo, hay sustancias químicas como los carbamatos y organofosforados, que ayudan a la disminución de los daños económicos provocados por nematodos en los cultivos, pero la toxicidad elevada, su persistencia en el medio y su mal uso han llevado a un replanteamiento de las tácticas de control de estos patógenos.

La tendencia actual es restringir por completo o al menos minimizar el uso de productos químicos altamente peligrosos con productos que no perjudiquen al ambiente y a los agricultores; es decir, el cambio de lo convencional (plaguicidas) para controlar patógenos, por alternativas más sostenibles, como el uso de biocontroladores, como puede ser la utilización de hongos o bacterias dentro de un programa de guía integrada de cultivos agrícolas. Por esta razón, el trabajo de investigación tiene la finalidad de evaluar la eficiencia de biocontroladores sobre las poblaciones de nematodos *Meloidogyne incognita* en el cultivo de pitahaya amarilla.

## OBJETIVOS

### *General*

- Determinar la eficiencia de nematocidas biológicos para el control de poblaciones de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), bajo condiciones de invernadero, en el cantón Joya de los Sachas.

### *Específicos*

- Evaluar la actividad nematocida de *Purpureocillum lilacinum* y *Trichoderma asperellum* en el control de poblaciones de *Meloidogyne* spp., en invernadero.
- Identificar la población final de *Meloidogyne incognita*, mediante observación y conteo microscópico, para concluir que nematocida biológico es más eficiente en su control.

## HIPÓTESIS

### *Hipótesis nula-Ho*

- Los controladores biológicos en estudio no son eficientes para el control de *Meloidogyne incognita*.

### *Hipótesis alternativa -Ha*

- Los controladores biológicos en estudio son eficientes para el control de *Meloidogyne incognita*.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Historia e importancia del cultivo de pitahaya

La pitahaya es propia de América Central y del Sur de América, se conoce de al menos 200 especies (Hernández y Carrillo, 2012, p. 225), y se la cultiva en una amplia gama de países, incluidos Vietnam, Israel, Filipinas, Estados Unidos, Guatemala, Nicaragua, México y Taiwán (Ruiz et al., 2020, p.3). La pitahaya amarilla es una epífita facultativa que se desarrolla en las regiones bajas amazónicas andinas de Perú, Ecuador y Colombia; lo cual adquiere su conducta trepadora con tallos dividido y una facilidad de producir raíces auxiliares (Medina, 2015, p. 8). La pitahaya es una planta con dispersión en las selvas tropicales y subtropical presentando alto polimorfismo (variación morfológica entre los miembros de una misma especie) (Ruiz et al., 2020, p. 3).

En Ecuador, la producción de pitahaya se ha convertido en un producto con un alto potencial, junto a Colombia e Israel (Santana et al., 2020, p. 115). En la Amazonía ecuatoriana, el cantón Palora es una de las áreas de mayor producción de pitahaya amarilla, convirtiéndose en una de las principales fuentes de trabajo para la población de la zona (Sevillano, 2015, p.23). Sin embargo, las plantaciones en la localidad y en otras zonas productoras están siendo afectadas por el ataque de plagas y enfermedades que comprometen la productividad del cultivo (Paucar, 2015, p. 3).

#### 1.2. Nematodo agallador *Meloidogyne* spp.

Existen alrededor de noventa especies del género *Meloidogyne* en todo el mundo, las cuatro especies más comunes y frecuentes son *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla.*, (Zijlstra y Venne 2000, pp. 847-853). Además, el género *Meloidogyne* spp., son considerados como cosmopolitas y parásitos de muchas plantaciones por su apresurado desarrollo y reproducción durante el ciclo del cultivo y las heridas ocasionadas por este nematodo son focos de infección de otros patógenos, así mismo, la formación de agallas o tumores destruyen a los haces vasculares de la planta obstruyendo la absorción de nutrientes y agua del suelo hacia la planta, ocasionando de esta forma la pérdida total del rendimiento y la cosecha del cultivo (García et al., 2004, pp. 28-40).

Por lo tanto, los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* spp. constituyen una de las principales causas que provocan pérdidas económicas en los cultivos hortícolas y frutícolas (Perry, Moens y Starr 2009: p.2). Y en los cultivos de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW.) la problemática señalada es la misma (Guzmán et al., 2012, p. 2).

### 1.2.1. Ubicación taxonómica

El género *Meloidogyne* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Saire, 2017, p. 6).

**Tabla 1-1:** Clasificación taxonómica de *Meloidogyne incognita*

Descripción	
Phylum	Nemata
Clase	Secernentea, Von Linstow 1950, Dougherty 1958.
Orden	Tylenchida, Thorne 1949.
Suborden	Tylenchina, Chitwood 1950
Superfamilia	Tylenchoidea, Örley 1880.
Familia	Heteroderidae, Schuurmans, Sterkhoven 1941
Subfamilia	Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.
Género	Meloidogyne, Göldi 1892.
Especie	<i>Meloidogyne incognita</i>

Fuente: Saire, 2017, p.6.

### 1.2.2. Morfología

*Meloidogyne incognita* es sexualmente dimórfica, la hembra es de saca a globosa, de 0.4 a 1.3 mm de largo, y generalmente incrustado en los tejidos de la raíz que a menudo están hinchados o agrietados; Su cuerpo es suave, de color blanco perla y en forma de quiste. El cuello sobresale anteriormente y el poro excretor está anterior al bulbo mediano y, a menudo, cerca de la base del estilete. Su vulva y ano son terminales, a ras o ligeramente elevados del contorno corporal, la cutícula de la región terminal forma un patrón perineal característico, que está formado por el atrofiado final de la cola, los fásmidos, las líneas laterales, la vulva y el ano rodeados de cuticular, la hembra produce un promedio de alrededor 500 huevos ( Marin, 2012, p.19-25).

El macho tiene una forma larga, delgada y cilíndrica en forma de gusano, pero la región del labio tiene una cabeza distintiva, que incluye un disco labial rodeado por los labios laterales y medial. El esqueleto de la cabeza suele ser más débil y el estilete menos robusto y más corto, de 18-24  $\mu\text{m}$  de largo para muchas especies ( Marin, 2012, p.19-25).

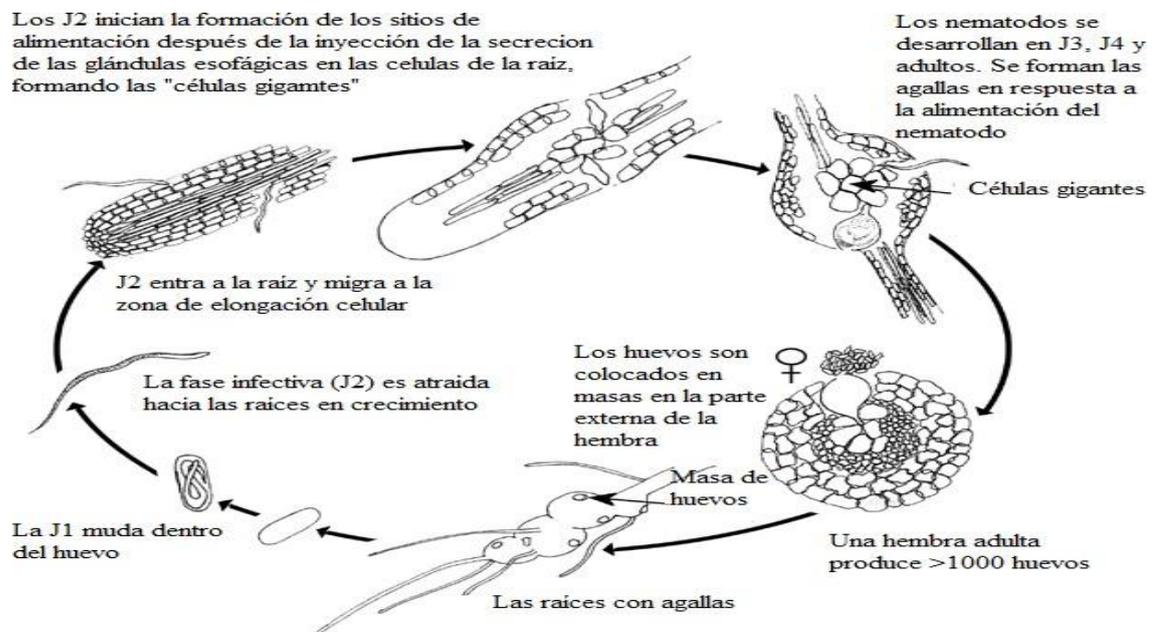
Los juveniles infecciosos de la segunda etapa, a menudo libres en el suelo, suelen medir entre 0.3 y 0.5 mm de largo; son menos robustos, el estilete es delicado con pequeñas protuberancias basales, de menos de 20  $\mu\text{m}$  de largo y el esqueleto de la cabeza débil. El bulbo esofágico mediano está bien desarrollado y las glándulas esofágicas son extensas, superponiéndose al intestino en varios anchos corporales, principalmente ventralmente.

La cola es cónica, a menudo termina en un extremo redondeado estrecho, pero la longitud de la cola es variable, 1,5-7 anchos del cuerpo anal entre especies, a menudo termina en una región hialina clara, cuya extensión puede ayudar a distinguir especies (Marin, 2012, p. 19-25).

### 1.2.3. Ciclo biológico y patológico de *Meloidogyne incognita*

Además del adulto y el huevo, hay cuatro estadios juveniles y cuatro mudas en el ciclo de vida de *M. incognita*. El primer estadio juvenil (J1) emerge del huevo y, después de la primera muda, da lugar al juvenil infeccioso del segundo estadio (J2). El juvenil móvil se mueve hacia las puntas de las raíces y penetra las puntas de las raíces de huéspedes susceptibles. Migra a través de la raíz y establece sitios de alimentación (conocidos como células gigantes) en las células del parénquima vascular mediante la inyección de sustancias secretadas por sus glándulas esofágicas. Luego, el nematodo ingiere el contenido citoplásmico de las células gigantes, actuando como un drenaje metabólico que desvía los nutrientes de la planta al nematodo (Cuya, 2012, p.7).

Las secreciones del nematodo culminan en hipertrofia e hiperplasia de las células, generalmente acompañadas de agrandamiento de las raíces con formación de agallas. Durante el proceso, J2 aumenta de ancho y se somete a muda a la tercera etapa juvenil (J3), cuarta etapa juvenil (J4) y finalmente a la etapa adulta macho o hembra. Los machos pueden aparecer en especies partenogénicas, por lo general durante condiciones adversas, como cuando los nutrientes son limitados o cuando las densidades de población son altas (Cuya, 2012, p.7).



**Figura 1-1:** Ciclo biológico de *Meloidogyne incognita*

Fuente: Saire, 2017, p.6.

#### **1.2.4. Síntomas y daños producidos por *Meloidogyne incognita***

Los nematodos agalladores no producen ningún síntoma específico en la superficie. Las plantas afectadas tienen una apariencia poco productiva y, a menudo, muestran síntomas de atrofia, marchitez o clorosis (Ciancio, 2007, p.183). Los síntomas son particularmente graves cuando las plantas se infestan poco después de la siembra. Sin embargo, las poblaciones de nematodos no se acumulan hasta el final de la temporada y las plantas crecen normalmente hasta que alcanzan la madurez. Luego comienzan a marchitarse y mueren con la floración, lo que reduce el cuajado y el desarrollo de la fruta (Ciancio, 2007, p.183).

Bajo tierra, los síntomas de los nematodos agalladores son bastante distintivos; bultos o agallas que varían en tamaño de 1 a 10 mm de diámetro, se desarrollan en todas las raíces. En infestaciones severas, las raíces muy agrietadas pueden pudrirse, dejando un sistema de raíces deficiente con algunas agallas grandes (Ciancio, 2007, p.183).

#### **1.2.5. Distribución y diseminación de *Meloidogyne incognita***

*Meloidogyne incognita* está disperso por todo el mundo, en regiones con inviernos moderados, cortos y climas cálidos es donde ocurre con más frecuencia. De acuerdo a su capacidad para desarrollarse y sobrevivir sus requerimientos climáticos pueden dividirse en termófilos y criófilos, su ciclo biológico se completa dependiendo de la temperatura basal de 10°C (Campos, 2015, p.6).

Los nematodos agalladores viven en toda clase de suelo, desde muy húmedos (3000 mm de precipitación) hasta muy secos (40 mm de precipitación), con temperaturas que van desde los 14 a 35 °C, y están adaptados ampliamente a una diversidad de huéspedes (plantas) que se cultivan o crecen desde el nivel de mar hasta los 1 600 m s.n.m. ( Suarez et al., 2002; citados en Vincens, 2019, p.5).

#### **1.2.6. Rango de hospedero.**

Por ser cosmopolita *Meloidogyne* spp parasita raíces de naranjilla (*Solanum quitoense*), pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), tomate de árbol (*Solanum betacea* Sendt), babaco (*Vasconcellea heilbornii*), maíz (*Zea mays* L.), col (*Brassica oleracea* L.), banano (*Musa* sp.), papaya (*Carica papaya*), alfalfa (*Medicago sativa* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), maní (*Arachis hipogea* L.), arveja (*Pisum sativum*), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), haba (*Vicia faba* L.), varias clase de flores de verano, rosas de invernadero y muchas malezas (Paucar, 2015, pp. 7-8).

### **1.3. Métodos de control**

Varios autores indican diferentes técnicas de control de *Meloidogyne* spp., mencionando como primera alternativa el control químico, que resulta en grandes inversiones para poder obtener productividad, otra alternativa utilizada es el control cultural con manejo de barbecheros, rotación de cultivos y sobre todo cultivos resistentes a la plaga (Barrés, 2006, p. 1).

#### ***1.3.1. Control cultural***

Se basa en las buenas prácticas agrícolas tales como: la rotación de cultivos, plantaciones en asocio con plantas repelentes, barbecho, utilización de plantas injertadas en patrón que presentan resistencia al nematodo agallador, plantaciones de chinchino (*crotolaria incana*) pueden servir como cultivos trampa, sembrando antes de la siembra del cultivo principal, con esta técnica eliminamos una gran cantidad de larvas infectivas y malezas susceptibles al ataque de *Meloidogyne* spp., (Lozano et al., 2007, p. 7).

#### ***1.3.2. Control químico***

Los métodos químicos de control implican la aplicación de diferentes formulaciones inorgánicas para matar o interferir con la reproducción de *Meloidogyne* spp. en suelos infestados. Los nematicidas suelen ser el método más eficaz para controlar altos niveles de *Meloidogyne* spp. Los nematicidas que contienen ingredientes activos de fenamifos, oxamil, dicloropropeno (1, 3-D), dazomet, fluopyram y metam-sodio, son los más utilizados en este tipo de control (Herrera, 2011, p. 17). Su uso continuo puede conducir a cierto nivel de resistencia en especies de nematodos parásitos de las plantas y algunos de estos productos químicos son tóxicos para los seres humanos, los animales y los recursos naturales, debido a los residuos que emergen cuando se aplican (Cisnero, 2005, p. 25).

#### ***1.3.3. Control Biológico***

Este método implica el uso de organismos antagonistas vivos en cultivos puros o en mezclas para controlar *Meloidogyne* spp., estudios han demostrado efectos significativos en el control de estos nematodos parásitos de las plantas. Estos productos suelen desarrollarse a partir de microorganismos como *Pasteuria penetrans*, *Pasteuria hartisneri*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus firmus*, *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma* spp. El modo de acción de estos microorganismos es adherirse a la cutícula del nematodo o parasitar los huevos de las hembras, matando posteriormente a los nematodos (Bishop et al., 2007, pp. 28-33).

Existen investigaciones que muestran estrategias biológicas en la que endófitos como *Fusarium oxysporum* (FO162) pueden inducir resistencia sistémica contra *Meloidogyne* spp. en algunos cultivos como el tomate (Walters, 2009, pp. 459-465). La colonización de raíces por *F. oxysporum* (FO162) conduce a la acumulación de exudados radiculares en las raíces del tomate que tienen un efecto repelente sobre *M. incógnita*.,(Mohamed, 2010, p. 1).

#### 1.4. Controladores biológicos de *Meloidogyne* spp.

##### 1.4.1. *Purpureocillium lilacinum*

*Purpureocillium lilacinum* conocido anteriormente como *Paecilomyces lilacinus* (Thom Samson); es un hongo que posee actividad antagónica sobre hembras y huevos de nematodos (Lamovšek et al., 2013, pp 263-275). Este microorganismo parasita varias especies de nematodos plaga (*Globodera*, *Radopholu*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera*) en varios cultivos, y es muy eficaz para controlar huevos, hembras sedentarias y nematodos móviles; por esta razón, este hongo está siendo multiplicado industrialmente como agente de control biológico de plagas (Ingliš et al., 1999, p. 30).

Para la multiplicación de este hongo, se realizan aislamientos de algunos hábitats, como: suelos cultivados, no cultivados, bosques, pastizales, desiertos, sedimentos, lodos de depuradora e insectos. También, se han aislado de huevos de nematodos y ocasionalmente de hembras de nematodos agalladores y quistes. Aunque se ha detectado con frecuencia en la rizosfera de muchos cultivos (Senthilkumar et al., 2020, p. 1).

##### 1.4.1.1. Ubicación taxonómica

El género *Purpureocillum* spp., se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica (Sansom 1974, p. 1).

**Tabla 2-1:** Clasificación taxonómica de *Purpureocillum lilacinum*

Descripción	
Reino	Fungi
Phylum	Ascomycota
Orden	Eurotiales
Familia	Trichocomaceae
Género	<i>Purpureocillum</i>
Especie	<i>lilacinum</i>

Fuente: Sansom, 1974, p.1

#### 1.4.1.2. Características morfológicas de *Purpureocillium lilacinum*

*P. lilacinum* tiene hifas septadas amarillentas, a menudo con paredes lisas y conidióforos verticilados o ramificados irregularmente, y fialidas con una base ancha y un cuello alargado. Los conidios son unicelulares; hialino, encadenado; y el conidio más joven está en el extremo basal. La temperatura óptima para su multiplicación oscila entre los 25 a 30°C, presentando una coloración lila y el pH adecuado para su desarrollo es de 2 a 10 (Acosta, 2006, p.1).

La termotolerancia conidial se correlaciona con su tamaño y forma. Por lo tanto, las conidios o ascosporas asexuales más pequeñas y esféricas son más vulnerables a las elevadas temperaturas. Este hongo tiene altas tasas de esporulación de crecimiento y crece en una amplia gama de temperaturas y sustratos. Como resultado, su rápida multiplicación asegura un desarrollo viable y asequible de formulaciones comerciales (Van den Brule et al., 2020, pp. 986-999).

#### 1.4.1.3. Mecanismos de control biológico del género *Purpureocillium* spp.

Aunque se desconocen muchos mecanismos de control biológico, los avances en la metagenómica proporcionan cierta información sobre la interacción planta-patógeno-antagonista. En el género *Purpureocillium* spp., los mecanismos microbianos involucrados en la supresión de plagas y enfermedades son directos (parasitismo, competencia o antibiosis) e indirectos, que involucran la protección de las plantas a través de mecanismos de resistencia sistémica inducida (Latz et al., 2018, pp. 555-565). A continuación, se describen los principales Mecanismos de control biológico del género *Purpureocillium* spp.

- **Parasitismo.** - *Purpureocillium* spp., es capaz de parasitar hongos, nematodos y artrópodos. Después de que tiene lugar el reconocimiento y la interacción patógeno-antagonista, se produce la penetración y/o secreción de complejos enzimáticos, lo que lleva al crecimiento del antagonista a expensas de su huésped. La penetración puede ser mecánica, a través del desarrollo de apresorios, o enzimática, a través de la liberación de celulosa, glucanasa, lactasa, leucinoxina, lipasa, pectinasa, proteasa, quitinasa o xilanasas, que están involucradas en el proceso de infección (Park et al., 2004, pp 271-276).  
Especies de este género, como *P. lilacinum*, puede penetrar tanto en la cáscara de huevo como en los componentes estructurales de las etapas juvenil y adulta de diferentes especies de nematodos a través de la germinación de esporas y la posterior ramificación de hifas y formación de apresorios (Park et al., 2004, pp 271-276).

En cuanto a la producción de enzimas líticas que provocan un efecto nematocida, se conoce de la síntesis de amilasas, lipasas, proteasas y quitinasas asociadas a esta especie (Yu et al., 2015, p.345). La sobreexpresión de genes que regulan la síntesis de estas enzimas aumenta la virulencia de *P. lilacinum* y la capacidad parasitaria contra *Meloidogyne incognita*, *Panagrellus redivivus* y *Caenorhabditis elegans* (Park et al., 2004, pp. 271-276).

- **Competencia.** - La competencia por los nutrientes y el espacio regula el crecimiento de patógenos que coexisten en el mismo nicho. La producción de sideróforos limita la disponibilidad de hierro para los patógenos. La síntesis in vitro de sideróforos de hidroxamato y carboxilato, como el trihidroxamato de ferrirubina, principalmente están presentes en *P. lilacinum* y *P. variotii*, (Vala et al., 2006: p. 605). Si bien este mecanismo tiene un impacto directo en el control, la competencia suele ir acompañada de otros mecanismos. El rápido crecimiento de las especies de *Purpureocillum* spp., previene el desarrollo de ciertos patógenos (Yu et al., 2015, p.345).
- **Antibiosis.** - La producción de metabolitos secundarios con efecto antimicrobiano por especies de *Purpureocillum* spp. ha sido ampliamente descrita. Entre ellos, podemos destacar la síntesis de alcaloides, compuestos fenólicos, compuestos orgánicos volátiles, esteroides, flavonoides, péptidos, polipéptidos, quinonas y terpenoides (Lugtenberg et al., 2016, p.194). Recientemente se han descubierto un total de 148 metabolitos activos producidos por diferentes especies de este género que pueden usarse para el desarrollo de fármacos o agroquímicos (Li et al., 2020, pp. 805-825).
- **Resistencia inducida en plantas.** - *Purpureocillum* spp., juega un papel importante como endófito en numerosas plantas al proporcionar varias ventajas para su desarrollo. Puede utilizarse directa o indirectamente como potencial bioestimulante. Cuando se usa directamente, sus metabolitos aumentan los parámetros morfológicos de la planta y el rendimiento del cultivo (Chandra et al., 2013 pp.18-24). Cuando se usa indirectamente en combinación con agentes patógenos como nematodos u hongos, *Purpureocillum* spp., tiene efectos positivos sobre el crecimiento de los cultivos al actuar como un agente de control biológico (Malhadas et al., 2017: p.1).

La interacción planta-controlador mejora la salud de las plantas a través de diferentes mecanismos y proporciona protección contra fitopatógenos. Esta interacción muestra una producción de fitohormonas, como las giberelinas y el ácido indol-acético, que promueven el crecimiento y mitigan los efectos del estrés abiótico, como la salinidad (Chandra et al., 2013, pp.18-24).

#### 1.4.1.4. *Modo de Acción de Purpureocillium lilacinum sobre Meloidogyne incognita*

Como hongo nematófago, *Purpureocillium lilacinum* es ampliamente estudiado y se puede encontrar en una variedad de formulaciones biológicas para uso agrícola; hay muchos ejemplos en los que *Purpureocillium* spp. actúan como agentes nematocidas, especialmente contra *Meloidogyne* spp., pero también contra otros géneros como *Globodera*, *Rotylenchulus*, *Heterodera*, *Xiphinema* o *Pratylenchus* (Djian et al., 1991, pp. 101-112).

Las esporas de estas especies deben germinar en el hospedador para penetrar y colonizar su superficie, con el fin de modificar su fisiología. *Purpureocillium* actúa según las especies de hongos y nematodos que parasite (Djian et al., 1991, pp. 101-112).

*P. lilacinum* puede actuar en diferentes etapas de desarrollo de nematodos infectando huevos, nematodos jóvenes o adultos. La cáscara de huevo de los nematodos es la principal barrera contra los agentes parásitos y proporciona resistencia tanto a los nematocidas químicos como a los compuestos biológicos. Este organismo es capaz de secretar enzimas para degradar esta barrera y desplegar mecanismos implicados en el parasitismo de nematodos (Gunasekera et al., 2011, p.775). Por lo tanto, las observaciones han demostrado que los huevos de *Meloidogyne incognita* en las primeras etapas de desarrollo son más vulnerables que los huevos que contienen juveniles completamente desarrollados, aunque estos últimos también se ven afectados. La infección del huevo ocurre cuando las hifas yacen planas sobre la superficie del huevo y se forman apresorios, luego el hongo se propaga y forman conidióforos (Kiewnick y Sikora, 2006, pp. 180).

#### 1.4.2. *Trichoderma spp*

Los hongos filamentosos del género *Trichoderma* son habitantes comunes de la rizosfera, han sido ampliamente estudiados debido a su capacidad para parasitar otros hongos (micoparasitismo) y para competir con microorganismos deletéreos de plantas (Harman et al., 2004, pp. 46-53). Estos hongos son prolíficos productores de una serie de metabolitos secundarios de importancia farmacéutica y biotecnológica que incluyen péptidos no ribosomales (NRP), policétidos, pironas, sideróforos y terpenos volátiles y no volátiles (Vinale et al., 2006, p. 145).

Las especies de *Trichoderma* se han utilizado para suprimir las enfermedades de las plantas y el crecimiento de patógenos en contacto con los tejidos de las plantas o en términos de antagonismo de patógenos en el medio ambiente del suelo tanto en condiciones de invernadero como de campo (Harman et al., 2004, pp. 46-53).

#### 1.4.2.1. Ubicación taxonómica

*Trichoderma asperellum* se clasifica de la siguiente manera (Samuel, 2006, p. 195):

**Tabla 2-1:** Clasificación taxonómica de *Trichoderma asperellum*

Descripción	
Reino	Fungi
Phylum	Eukaryota
Orden	Hipocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>Asperellum</i>

Fuente: Samuels, 2006, p.195.

#### 1.4.2.2. Morfología y ciclo biológico de *Trichoderma asperellum*

El organismo crece y se ramifica con hifas fúngicas típicas, de 5 a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro. La esporulación asexual ocurre como conidios unicelulares, generalmente verdes (típicamente de 3 a 5  $\mu\text{m}$  de diámetro) que se liberan en grandes cantidades. También se forman clamidosporas en reposo intercalares, que también son unicelulares, aunque dos o más clamidosporas pueden fusionarse (Samuels, 2006, p. 195).

#### 1.4.2.3. Mecanismos de control biológico del género *Trichoderma* spp

*Trichoderma* spp., se ve favorecido por la presencia de muchas raíces en la planta, que colonizan con facilidad. Algunas cepas son altamente competentes en la rizosfera, es decir, pueden colonizar y crecer en las raíces a medida que se desarrollan. Las cepas con mayor competencia en la rizosfera se pueden agregar al suelo o semillas mediante cualquier método, una vez que entran en contacto con las raíces, colonizan la superficie de la raíz o la corteza (Paez y Albarracin 2007, p.1). Además, de colonizar raíces, atacar, parasitar y obtener nutrición de otros hongos, *Trichoderma* también mejora el crecimiento radicular y de las plantas, recientemente se han identificado varios métodos que promueven el control biológico así como el crecimiento de las plantas (Paez y Albarracin 2007: p.1), estos métodos se detallan a continuación:

- *Micoparasitismo.* - El micoparasitismo por *Trichoderma* implica una combinación de reconocimiento del hospedador, unión y enrollamiento alrededor de las hifas del hospedador; este es un proceso complejo que implica el crecimiento trófico del agente de control

biológico hacia los hongos objetivo, el enrollamiento de hifas de *Trichoderma* dado por las lactinas en el patógeno y, finalmente, el ataque. Este fenómeno involucra la secreción de antibióticos, lo que resulta en el desarme y muerte del patógeno (Harman et al., 2004, pp.46-53).

El modo de acción se basa en la liberación de inhibidores específicos, potentes y atpeninas del metabolismo mitocondrial en el patógeno; otro efecto importante del agente de control biológico es la capacidad de inhibir y degradar las pectinadas y otras enzimas de los patógenos necesarios para colonizar los tejidos vegetales (Harman et al., 2004, pp. 46-53).

- *Antibiosis.* - Los avances recientes en la purificación e identificación de los metabolitos de *Trichoderma* señalan que el proceso antagonista se basa en la producción de antibióticos y/o enzimas hidrolíticas asociadas a la competencia por nutrientes en la rizosfera (Yedidia et al., 1999, pp.143-148). Existen alrededor de 43 sustancias entre: alquil-pironas, isonitrilos, policétidos, péptidos, dicetopiperazinas, sesquiterpenos y esteroides producidas por *Trichoderma* que poseen actividad antibiótica (Langdon et al., 1998, p. 140).

*Trichoderma* spp. posee proteasas y quitinasas convirtiéndose en potenciales controladores de nematodos, debido a que las enzimas presentes en *Trichoderma* spp. son similares a las que poseen los hongos nematófagos. El proceso de parasitismo y el resultado de los metabolitos y las enzimas de *Trichoderma* sobre nematodos pueden suceder en el interior de las raíces, en el suelo o sobre la superficie de las raíces. (Harman et al., 2004, pp.46-53).

- *Resistencia inducida.* - La capacidad de las cepas de *Trichoderma* spp., para proteger el sistema radicular de las plantas contra el ataque de patógenos se atribuye el efecto antagónico del patógeno invasor. Además, estas asociaciones raíz-hongo también estimulan los mecanismos defensivos de las plantas contra numerosas clases de patógenos, es decir, aquellos que producen infecciones aéreas, incluidos patógenos virales, bacterianos y fúngicos (Infante et al., 2009, pp.14-21).
- *Adhesión.* - Mediante este mecanismo, estructuras similares a ganchos o apresorios formados por las hifas del microorganismo se adhieren al hospedante induciendo cambios en la morfología del hospedero por el enrollamiento, el desarrollo de apresorios y productos de degradación de las paredes celulares con lactinas y quitinosa producidas por parte de *Trichoderma* spp. (Infante et al., 2009, pp.14-21).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.4. Localización

El estudio en condiciones de invernadero se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA), ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas parroquia San Carlos.

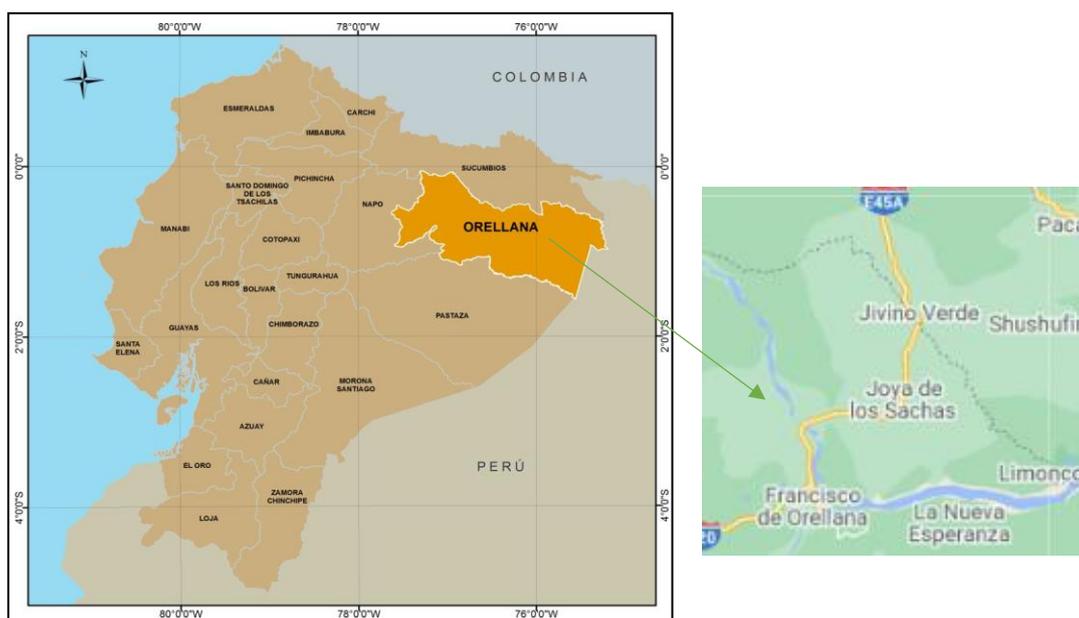
#### 2.5. Ubicación Geográfica

Lugar: Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA)

Latitud: 291649

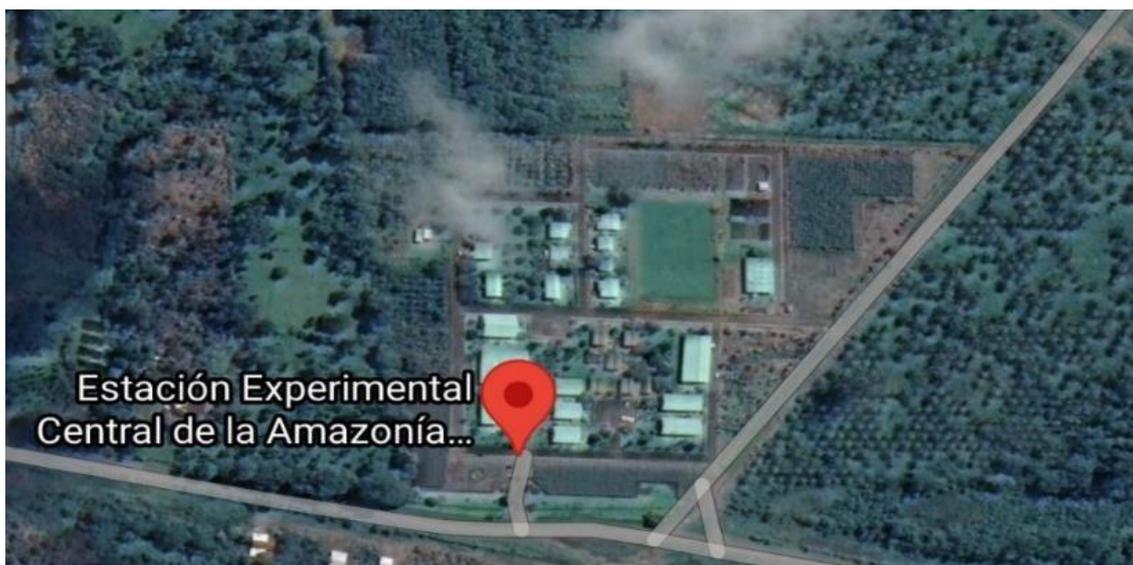
Longitud: 9962311

Altitud: 250 m.s.n.m.



**Figura 1-2:** Mapa de ubicación de la Provincia Orellana – Cantón Joya de los Sachas

Fuente: (GADPO, 2015).



**Figura 2-2:** Lugar de ejecución del proyecto de investigación

Fuente: (Google Maps, 2021).

## 2.6. Materiales y métodos

### 2.6.1. Materiales

En el desarrollo de la investigación se utilizó algunos materiales que se detallan a continuación:

- *Materiales e insumos de campo:* pencas de pitahaya, macetas, suelo, tijeras de podar, semillas de tomate riñón, baldes, regadera, gaveta germinadora, piolas, fundas de papel, zaranda de madera y alambre, palas, tanques plásticos, metro, bisturí, estacas de madera, estimulantes, funguicidas, bactericidas, etiquetas, esferos y cuaderno.
- *Materiales y reactivos de laboratorio:* mandil, matraces, cajas Petri, lámparas de alcohol, tamices de No. 60, 100 y 500, porta y cubre objetos, varilla de agitación, vasos de precipitación de 200 y 250ml, matraces, aza de siembra, pinzas, bandejas plásticas, fundas plásticas transparentes, jeringas de 1, 5 y 10 ml, parafilm, algodón, franela, papel de aluminio, arroz, PDA (papa, dextrosa y agar), ácido láctico 40%, alcohol potable e industrial, hipoclorito de sodio 1% y chloramphenicol.
- *Equipos:* autoclave, balanza analítica, cámara de flujo laminar, cámara digital, destilador de agua, microscopios, plato caliente con agitador magnético, licuadora, estufa impresora y computadora.

## 2.7. Métodos

### 2.7.1. Factores de Estudio

Los factores en estudio estuvieron representados por los controladores biológicos y dos testigos.

### 2.7.2. Características de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por 8 macetas, con plantas de pitahaya amarilla, las mismas que se distribuyen para cada uno de los tratamientos, con tres réplicas. La aplicación de los microorganismos se realizó en dos épocas, 7 días antes de inocular los nematodos (antes) y 7 días después de aplicar los nematodos (después).

Número de macetas por unidad experimental: 8

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 6

Número de unidades experimentales: 18

Número total de macetas: 144

### 2.7.3. Tratamientos

Los tratamientos en estudio se describen en la tabla (1-2).

**Tabla 1-2:** Tratamientos biológicos

N° de tratamientos	Descripción	Nombre
1	Hongos nematófago	<i>Purpureocillium lilacinum</i>
2	Hongo estimulante radicular	<i>Trichoderma asperellum</i>
3	Combinación 1	<i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Trichoderma asperellum</i>
4	Combinación 2	Comercial biológico ( <i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Trichoderma asperellum</i> )
5	-	Testigo absoluto
6	-	Testigo + nematodos

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

#### 2.7.4. *Diseño experimental*

A nivel invernadero los tratamientos se situaron con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). El cual consta de seis tratamientos con tres repeticiones cada uno.

#### 2.7.5. *Análisis estadístico*

Se realizó el Análisis de Varianza de acuerdo a la siguiente representación que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2-2:** Análisis de varianza ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Repeticiones	2
Tratamientos	5
Error	10
Total	17

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

#### 2.7.6. *Análisis funcional*

Para realizar el análisis estadístico se realizó mediante el paquete estadístico Infostat versión 2015 y los análisis de varianza se realizarán usando Modelos Lineales Generalizados Mixtos. La diferencia entre medias de los tratamientos se estimó usando la diferencia mínima significativa *Least Significance Differences* (LSD) con nivel de significancia al 5%. (Di Rienzo y Macchiavelli 2017: pp.1-30).

En el análisis de las variables incidencia, número de nódulos en las raíces, peso fresco, peso seco, cantidad de *Meloidogyne incognita* en raíces y cantidad de *Meloidogyne incognita* en suelo, declaró efectos fijos al factor controladores biológicos expresados como tratamientos, y el factor época de aplicación (7 días antes y 7 días después de la inoculación de nematodos) y la interacción de ambos factores. Se declaró los tratamientos como aleatorios.

### 2.8. **Técnicas**

#### 2.8.1. *Manejo específico del experimento*

El trabajo investigativo se llevó a cabo en condiciones de invernadero con un total de 144 pencas de pitahaya, el proceso desarrollado se describe a continuación:

- *Esterilización del suelo.* - se zarandó suelo, posteriormente se trasladó al invernadero y se esterilizó en una autoclave (15 psi, 15 min). El suelo esterilizado se almacenó en un tanque esterilizado de 200 lt. Después, se colocó en las macetas esterilizadas la cantidad de 4500 g.
- *Siembra de estacas.* - las estacas de pitahaya se cortaron de 40 cm de longitud, para luego ser sembradas en cada maceta a una profundidad de 2 a 3 cm, con la finalidad de evitar la afectación de bacterias u hongos y a partir de los 22 días aproximadamente las plántulas empezaron a emitir sus primeras raíces. El riego de las estacas se realizó con agua destilada (225 ml por planta), la cantidad de agua que se colocó por maceta dependió de las condiciones climáticas (Rahad et al., 2016, pp. 68-69).
- *Siembra de plantas de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill) para multiplicación de nematodos.* – Para la germinación se sembró alrededor de 40 semillas de tomate en una bandeja germinadora, se aplicó un riego una vez al día y después de 10 días se procedió a trasplantar en macetas con suelo esterilizado.
- *Obtención de nematodos para multiplicación.* - los nematodos (*Meloidogyne incognita.*), se extrajeron de raíces agalladas de pitahaya y naranjilla, utilizando el método de licuadora. Las raíces encontradas se lavaron individualmente con agua común para retirar los restos de tierra, seguidamente se cortaron las raíces en segmentos de 1 o 2 cm de longitud, se homogenizó y se pesó 10 gramos para la extracción de nematodos, posteriormente se colocó en una licuadora y se añadió 100 ml de agua, se licuó a baja velocidad por 10 segundos en tres tiempos con cinco segundos de descanso. El licuado se coló por un juego de tres tamices de No. 60, 100 y 500 sobrepuestos de arriba hacia abajo. El primero y segundo tamiz se lavó por 45 segundos cada uno. El sedimento contenido en el tamiz No. 500 se lavó con una piseta y se colectó en un vaso graduado, luego se homogenizó y se tomó en un alícuota 1 ml para la identificación y conteo de los nematodos utilizando un microscopio invertido. El número de nematodos encontrados en un mililitro se multiplicó por los mililitros totales del ultimo tamiz, esta resultante corresponde a la densidad poblacional de nematodos encontrados para la multiplicación (Gilces et al., 2016, p.40; Hussey y Janssen 2009, pp. 43-70).
- *Inoculación de nematodos en plantas de tomate.* - Cuando las plantas de tomate tenían 12 días después del trasplante, se aplicó una solución que contenía 1200 juveniles en segundo estadio y se inoculó a 5 cm de profundidad del suelo de cada planta (Palacino, 1990, p.83).
- *Aislamiento de los controladores biológicos.* - se utilizaron dos cepas, una de *Trichoderma asperellum* y otra de *Purpureocillum lilacinum* provenientes de la estación experimental de INIAP Santa Catalina, se tomaron cristales con esporas con ayuda de una pinza estéril y se sembró en cajas Petri con medio de cultivo Agar Dextrosa Papa (PDA). Las cajas Petri se sellaron con cinta parafil y se etiquetaron.(Carvajal et al., 2008, p.2).

- *Manejo del sustrato para la producción de biocontroladores.* - la producción masiva de los controladores se realizó en sustratos de arroz, para ello, se lavó el arroz tres veces con agua de la llave, se dejó hidratar durante 1 hora con 30 minutos, después del periodo de hidratación se eliminó el exceso de agua durante 20 minutos, las bolsas se cerraron sacando el aire y haciendo un nudo en la parte superior y se esterilizaron en una autoclave durante 25 minutos a una presión de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> (121 °C). (López, 2018, p.37).
- *Inoculación de los biocontroladores en el sustrato.* - se inoculó con una suspensión de conidios de *T. asperellum* y *P. lilacinum*. La suspensión de conidios se preparó adicionando 20 ml de agua destilada estéril con Tween 80 (0.1%) a cada caja Petri con *T. asperellum* y *P. lilacinum* con 6 días de crecimiento. A esta suspensión conidial se añadió 125 ppm de cloranfenicol. Con una pipeta esterilizada se tomó 3 ml de las suspensiones de conidios y se depositó en las fundas que contenían 150 g de sustrato esterilizado(arroz), las fundas se sellaron realizando un nudo en la parte superior, se etiquetó con los datos correspondientes y se incubaron durante 15 días a temperatura ambiente 24 ± 2 °C; el contenido de las bolsas se mezcló manualmente cada 3 días para ayudar al desarrollo del micelio y esporulación (López, 2018. p. 39).
- *Obtención del inóculo de nematodos de las plantas de tomate.* – cuando las plantas de pitahaya tenían 45 días después de la siembra, se extrajo el sistema radical de las plantas de tomate anteriormente inoculadas con nematodos y se repitió la metodología mencionada por Gilces et al., (2016); Hussey y Janssen (2009), para la obtención de nematodos.
- *Inoculación de Meloidogyne incognita en la pitahaya.* – luego de la extracción de nematodos, se aplicó una solución que contenía 1200 juveniles en segundo estadio y se colocó a 5 cm de profundidad del suelo de cada planta de pitahaya (Palacino, 1990, p.83) .
- *Preparación de las concentraciones de inóculos de biocontroladores.* - Para establecer la concentración de inóculo de *Purpureocillium lilacinum* y *Trichoderma asperellum*, se pesó 1g de arroz de cada sustrato multiplicado y se preparó una suspensión en 10 ml de agua destilada, para luego realizar la cuantificación de esporas en la cámara de Neubauer(Gómez et al., 2014, p.24).

La cuantificación de esporas se calculó con las 20 lecturas realizadas en las áreas de conteo en la cámara de Neuvauer (Baez et al.,2019, p. 20-21). El resultado se obtuvo con la aplicación de la siguiente formulada realizada por Gómez et., (2014):

Concentración de conidios (conidios/g o ml) =  $\bar{x}$  x 10000 x 16 x FD

Donde:

$\bar{x}$ : Promedio de las 20 lecturas en las áreas de conteo.

FD: factor de disolución (inverso de la dilución cuantificada)

16 y 10000: constantes para cuadrantes laterales.

La concentración deseada de los controladores biológicos por plantas es de  $1 \times 10^9$  esporas.ml, para conocer la cantidad de inóculo necesario (gramos de sustrato multiplicado) que se necesitaban disolver en 100ml de agua destilada para obtener la concentración deseada se aplicó la siguiente fórmula (Vinces, 2019: p.23):

cantidad de inóculo necesario = (peso sustrato x concentración deseada) / cantidad cuantificada

Donde:

peso de sustrato: 1g de sustrato

concentración deseada:  $1 \times 10^9$

cantidad cuantificada: número de conidios por g.

- *Porcentaje de germinación o viabilidad:* Para conocer el porcentaje de germinación se utilizó la metodología planteada por Gómez et., (2014). Se tomó 0,2 ml de la última dilución (dilución escogida para la cuantificación de esporas en la cámara de Neuvauer), se sembró en cajas Petri conteniendo PDA, se incubó durante 18 horas. Luego en la cámara de flujo laminar con la ayuda de un asa, se cortó una porción de agar de más o menos  $1 \text{ cm}^2$  y se colocó sobre un portaobjeto, se adicionó una gota de azul de lactofenol y se cubrió con un cubreobjetos. Sacando de esta manera 5 muestras por cada caja, luego se llevó al microscopio y se realizó el recuento de conidias germinadas y no germinadas, Se registraron los datos para sacar el promedio de las 5 lecturas y se calculó el porcentaje de conidias germinados y no germinados, mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = (a/b) \times 100$$

a = número de conidias germinadas

b = número de conidias sin germinar

Si el resultado es igual o superior al 90 % se considera que la viabilidad del producto es satisfactoria.

- *Aplicación de los controladores biológicos en la pitahaya.* - 7 días antes y 7 días después de la inoculación de *Meloidogyne incognita*, se aplicó los controladores biológicos en soluciones de 100 ml por planta, con las siguientes concentraciones (Vinces, 2019, p.25):

**Tabla 3-2:** Concentraciones de los controladores biológicos para cada tratamiento

N° de tratamientos	Descripción	Controlador biológico	Concentración
1	Hongos nematófago	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	1x10 <sup>9</sup> esporas
2	Hongo estimulante radicular	<i>Trichoderma asperellum</i>	1x10 <sup>9</sup> esporas
3	Combinación 1	<i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Trichoderma asperellum</i>	1x10 <sup>9</sup> esporas de <i>P. lilacinum</i> + 1x10 <sup>9</sup> esporas de <i>T. asperellum</i> .
4	Combinación 2	Comercial biológico ( <i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Trichoderma asperellum</i> )	1x10 <sup>11</sup> esporas de <i>P. lilacinum</i> + 1x10 <sup>12</sup> esporas de <i>T. asperellum</i> .

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

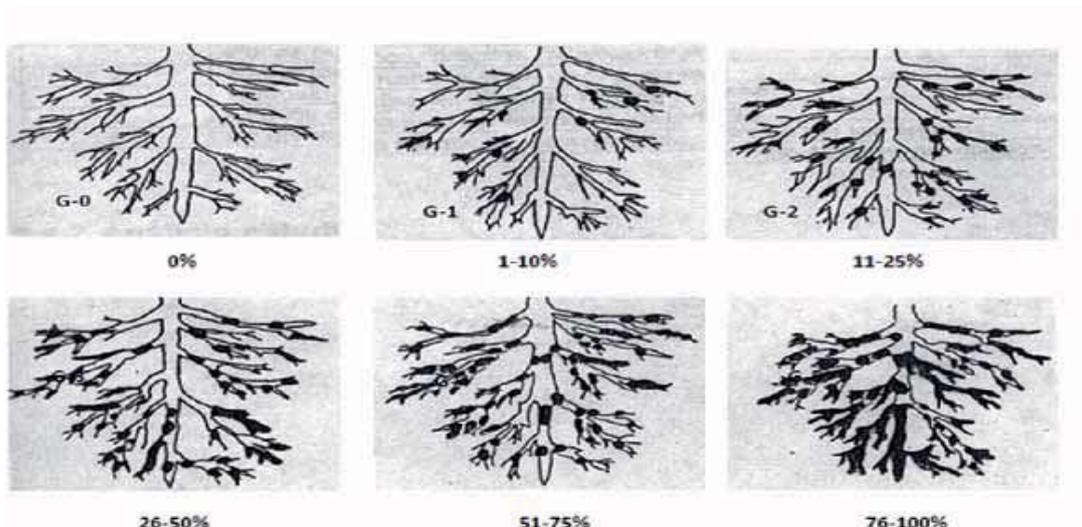
### 2.8.2. Métodos de evaluación

Se realizó una evaluación destructiva a los 30 días después de la aplicación de los biocontroladores, al azar se seleccionaron 2 plantas por repetición de cada tratamiento en los períodos antes indicados, posteriormente se extrajo la raíz de las plantas para las evaluaciones que se detallan a continuación:

*a. Incidencia.* - se determinó el porcentaje de plantas atacadas por el nematodo utilizando la fórmula recomendada por (Álvarez et al., 2016, p. 26):

$$\text{infección (\%)} = (\text{N}^\circ \text{ plantas infestadas} / \text{total de plantas}) \times 100$$

*b. Severidad.* - Se evaluó en base al índice de nudosidad, determinando la infección radical con la escala dada por Taylor y Sasser (1983) citado por Gelpud et al., (2011), está tiene un esquema de 0-6, donde 0 = 0 agallas; 1 = 1-2 agallas; 2 = 3-10 agallas; 3 = 11-30 agallas; 4 = 31-100 agallas; 5 = >100 agallas.



**Figura 3-2:** Escala cuantitativa de infección radicular

**Fuente:** Gelpud et al., 2011, p.54.

*c. Peso fresco de la raíz (PFR).* - con un bisturí se separó la raíz del tallo de cada planta para su posterior pesaje en una balanza analítica(g), tomando el total del peso de raíces de plantas por tratamiento (Gelpud et al., 2016, p. 55).

*d. Peso fresco y peso seco aéreo (PFA).* - con la ayuda de una balanza analítica se pesaron los cladodios de las plantas evaluadas determinando el peso fresco en gramos. luego, se colocó en fundas de papel rotulado llevándose al horno a 65°C hasta obtener un peso constante, esto nos ayudó para la obtención del peso seco aéreo en gramos. (Gelpud et al., 2016, p. 55).

*e. Factor de Reproducción (FR).* - se obtuvo el FR a través de la siguiente fórmula) ( Salazar y Guzmán, 2013, p.10).

$$FR = P_f / P_i$$

Dónde:

P<sub>i</sub>: es la densidad de nematodos al momento del trasplante y

P<sub>f</sub>: es la densidad de nematodos al momento de la cosecha (30 días).

## CAPÍTULO III

### 2. MARCO DE RESULTADOS

La incidencia a los 30 días, muestra que todas las plantas en la época de aplicación “antes” fueron afectadas por *Meloidogyne incognita*, la presencia de nematodos en el tratamiento 5 (testigo absoluto) se debe posiblemente a que las unidades experimentales se contaminaron durante el riego. En las plantas donde se aplicaron los controladores después de siete días de inoculado el nematodo fueron afectadas por *Meloidogyne incognita* excepto el testigo absoluto (tabla 1-3).

**Tabla 1-2:** Incidencia: plantas afectadas por nematodo *Meloidogyne incognita*

Tratamiento	N° plantas afectadas (antes)	Incidencia (%)	N° plantas afectadas (después)	Incidencia (%)
T1	6	100	6	100
T2	6	100	6	100
T3	6	100	6	100
T4	6	100	6	100
T5	2	33	0	0
T6	6	100	6	100

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

Se realizó un análisis univariado para el número de nodulaciones en el sistema radicular. El análisis mostró un efecto significativo para tratamientos ( $p=0.0005$ ) y no significativo para época de aplicación ( $p=0.2637$ ) y la interacción ( $p=0.6435$ ). (Tabla 2-3).

**Tabla 2-2:** Efectos principales y efecto de interacción para el número de nódulos en raíces.

Tratamiento	Número de nódulos
Época de aplicación	NS
Tratamiento	*
Época x tratamiento	NS

\* significant at  $p \leq 0.05$ , NS not significant.

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

El efecto principal para los tratamientos muestra que la mayor cantidad de nódulos se formaron cuando se aplicó *Purpureocillium lilacinum* + *Trichoderma asperellum* (T3) y cuando se aplicó solo *Purpureocillium lilacinum* (T1). La menor cantidad de nodulaciones se obtuvo en el testigo absoluto y en el tratamiento 2 donde se aplicó solo *Thichoderma asperellum* en relación al T6 (testigo más nematodo). El tratamiento 4 donde se utilizó la combinación de productos comerciales a base de *Purpureocillium lilacinum* + *Trichoderma asperellum* ( $1 \times 10^{11}$  ufc/g) se obtuvo la menor cantidad de nodulaciones con respecto al tratamiento 3 y 1; comportamiento, que posiblemente se debe a que los productos elaborados a base de estos microorganismos tienen concentraciones más elevadas de esporas en comparación a los otros tratamientos. Esto es corroborado por Vince (2019), quién menciona que un producto con concentraciones de microorganismos mayores ( $> 1 \times 10^{10}$  ufc/g) realizan un mejor control. Por otra parte, en este período de evaluación (30 días) no se puede definir con certeza que la mejor época de aplicación es cuando se inocula los microorganismos 7 días antes de la inoculación de los nematodos (Tabla 3-3).

**Tabla 2-3:** Número de nódulos y severidad en las raíces de plantas de pitahaya amarilla.

Época de aplicación	Tratamientos	Número de nódulos	Severidad (%)
	3	523 a	5
	1	519 a	5
	4	387 ab	5
	6	342 ab	5
	2	219 bc	5
	5	67 c	4
antes		306 a	5
después		380 a	5

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

De acuerdo a la escala reportada por Taylor y Sasser (1983) la severidad con que las plantas de pitahaya fueron afectadas por *Meloidogyne* fue 5 (número de nódulos mayor a 100) para todos los tratamientos (Tabla 3-3); es decir, en este período de evaluación la infestación de nematodos en las plantas de pitahaya fue alta.

Se encontró diferencias significativas para la variable peso fresco para el factor época de aplicación ( $p=0.0464$ ). Y no se encontró diferencias significativas para tratamientos e interacción ( $p=0.1521$ ,  $p=0.1549$ , respectivamente). El análisis de la variable peso seco muestra diferencias significativas para el factor época de aplicación ( $p=0.0747$ ) y no significativas los tratamientos y la interacción ( $p=0.1718$ ,  $p=0.3182$ , respectivamente) (Tabla 4-3).

**Tabla 4-2:** Efectos principales y efecto de interacción para peso fresco y seco

Tratamiento	Peso Fresco (g)	Peso seco (g)
Época de aplicación	*	*
Tratamiento	NS	NS
Época x tratamiento	NS	NS

\* significant at  $p \leq 0.05$ , NS not significant.

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

Las plantas de todos los tratamientos que se inocularon con microorganismos antes de colocar los nematodos, presentaron la mayor cantidad de follaje con respecto a las plantas que recibieron la inoculación de microorganismos después de la inoculación de los nematodos (Tabla 5-3), este comportamiento se debe posiblemente a que los microorganismos proveen de defensas a las plantas para que soporten la presencia de nematodos. Similares resultados fueron reportados por Baños (2010), quien indica que cuando se utiliza microorganismos antagonistas para controlar nematodos en tomate (*Solanum lycopersicon*) se estimula parámetros fisiológicos, morfológicos y productivos.

También se determinó que las plantas del tratamiento con *Purpureocillium lilacinum* presentaron un peso fresco similar al del testigo absoluto, este comportamiento posiblemente se debe a que el microorganismo provee a la planta de compuestos que le permite soportar el ataque de plagas. Según Ortiz (2015), la aplicación de *P. lilacinum* sobre *Meloydogine* spp., en almacigo de guayabo (*Psidium guajava*) mejoraron el crecimiento y desarrollo de la planta, situación que se atribuye a la compatibilidad existente entre las plantas y los hongos; debido a que se aumenta la capacidad que tienen los controladores biológicos para inducir la producción de fitohormonas que contribuyen en el crecimiento de los tejidos meristemáticos de la planta (Giorgi et al., 2014, p. 99-105).

**Tabla 5-2:** Peso fresco y seco (g) de plantas de pitahaya amarilla, en los 30 días de evaluación

Época de aplicación	Tratamientos	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
	1	346.49 a	81.30 ab
	5	345.67 ab	98.54 a
	6	327.51 ab	97.46 a
	4	314.52 ab	82.91 ab
	3	310.43 ab	67.17 ab
	2	286.32 b	65.68 b
Antes		339.38 a	75.89 a
Después		304.26 b	88.46 b

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

Se encontró diferencias altamente significativas en la variable peso fresco de raíz para el factor época de aplicación ( $p = < 0,0001$ ), para el factor tratamiento no se encontró diferencias significativas ( $p=0,793$ ) y se encontró diferencias significativas ( $p=0,0017$ ) para la interacción (tabla 6-3).

**Tabla 6-2:** Efectos principales y efecto de interacción para peso fresco de raíces

Tratamiento	Peso fresco raíz
Época de aplicación	**
Tratamiento	NS
Época de aplicación x tratamiento	*

\*\* significant at  $p \leq 0.01$ , \* significant at  $p \leq 0.05$ , NS not significant.

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

**Tabla 7-2:** Peso fresco de raíces de pitahaya amarilla en las aplicaciones antes y después.

Época de aplicación	Peso fresco raíces (g)
Antes	141,88a
Después	99,99b

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

El efecto principal para las épocas de aplicación muestra que se obtiene mayor peso (g) de raíces cuando se aplica los tratamientos antes de la inoculación del nematodo (tabla 7-3). También, se determinó que el mayor peso de raíces se obtuvo con el T1 (*Purpureocillum lilacinum*).

**Tabla 8-2:** Peso fresco de raíces (g) de pitahaya amarilla, a los 30 días de evaluación

Tratamientos	Peso fresco raíces(g)	
	Antes	Después
1	209,57	78,82
3	158,80	82,12
5	139,57	76,37
2	130,77	90,72
6	128,83	98,83
4	83,77	119,10

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

Se realizó un análisis univariado para el número de nematodos (*Meloidogyne incognita*) en 100 cc de suelo. Se encontró diferencias significativas para el factor época de aplicación ( $p=0.0005$ ), y no significativas para tratamientos e interacción ( $p=0.0596$ ,  $p=0.1183$ , respectivamente).

**Tabla 9-3:** Efectos principales y efecto de interacción para el número de nematodos en suelo

Tratamientos	Número de <i>Meloidogyne</i> en 100 cc
Época de aplicación	*
Tratamientos	NS
Época x Tratamientos	NS

\* significant at  $p \leq 0.05$ , NS not significant.

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

**Tabla 10-2:** Población de nematodos en 100 cc de suelo en las aplicaciones antes y después

Época de aplicación	Nº de nematodos
Después	178 b
Antes	72 a

Fuente: Infostat versión 2015.

Elaborado por: Manobanda, N. 2021.

El efecto principal para las épocas de aplicación muestra que la menor cantidad de nematodos se formaron en los tratamientos que se inocularon los microorganismos antes que *meloydogine incognita*.

Se muestra la significación para efectos principales e interacción para la variable número de nematodos en 10 gramos de raíces (Tabla 11-3). El análisis mostró que hubo efecto altamente significativo para época de aplicación y tratamientos ( $p < 0.0001$ ), y significativo para la interacción ( $p=0,0006$ ).

**Tabla 11-2:** Efectos principales y efecto de interacción para el número de nematodos en raíz

Tratamientos	Número de <i>Meloidogyne</i> raíces
Época de aplicación	**
Tratamientos	**
Época x Tratamientos	*

\* significant at  $p \leq 0.05$ , NS not significant.

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

El efecto principal para las aplicaciones muestra que la mayor cantidad de nematodos en 10 g de raíces se formaron después de haber inoculado el nematodo y los microorganismos respectivamente (Tabla 12-3). Además, se determinó que con el T3 (*Purpureocillum lilacinum* + *Trichoderma asperellum*) y el T2(*Trichoderma asperellum*) se obtuvo la menor cantidad de nematodos en la raíz de la pitahaya amarilla, con respecto al T6(Testigo más nematodos) (Tabla 12-3).

**Tabla 12-2:** Población de nematodos en 10 g raíces de plantas de pitahaya amarilla.

Época de aplicación	Tratamientos	Nº de nematodos
	6	995 a
	4	854 a
	1	808 a
	2	783 ab
	3	754 ab
	5	204 ab
Antes		183 b
Después		1283 a

Fuente: Infostat versión 2015.

Realizador por: Manobanda Neiver, 2021.

### Discusión

La presencia de agallas en la raíz es un indicativo de la susceptibilidad de la planta hospedadora a los nematodos, que es evaluada a través del número y tamaño de las agallas. En este estudio el número de agalla fue menor cuando se inoculó con *Trichoderma asperellum* (T1) en comparación con el T6 (testigo más nematodo), este comportamiento posiblemente se deba a que la reducción de la población de nematodos se relaciona directamente con la presencia del microorganismo en la rizósfera y del parasitismo de los huevos; debido, a que se reduce significativamente la multiplicación sucesiva de las generaciones del parásito. Este es corroborado por Kiriga et al., (2018) quienes manifiestan que cuando se aplica *T. asperellum* M2RT4 se logró reducir el número de agallas, la masa de huevos y los huevos de nematodos. Asimismo, evaluaron las épocas de aplicación determinando que el menor número de nódulos se obtuvo cuando se aplica días antes los microorganismos que los nematodos. manifiestan que la inoculación anticipada de *P. lilacinum* disminuye el número de agallas, la producción de masa de huevos y huevos parasitados (72%).

Al evaluar el peso fresco y seco de las plantas de pitahaya se determinó que las plantas que presentaron mayor biomasa foliar fueron las que se inocularon con los microorganismos antes de la inoculación con nematodos comportamiento que es corroborado por Ganaie & Khan (2010) y Kiriga et al., (2018) quienes observaron que las plantas con inoculaciones secuenciales con *P. lilacinum* y *T. asperellum* se desarrollaron normalmente.

Con respecto a la variable agronómica biomasa radicular en las plantas de pitahaya amarilla se determinó que el mejor control de nematodos ocurre cuando se aplica 7 días antes los microorganismos, comportamiento que puede atribuirse a que los biocontroladores (*Purpureocillum* spp. y *Trichoderma* spp.) juegan un papel importante como endófitos en numerosas plantas al proporcionar varias ventajas para su desarrollo; es decir, pueden utilizarse como bioestimulantes, cuando se usa directamente, sus metabolitos aumentan los parámetros morfológicos de la planta y el rendimiento del cultivo (Chandra et al., 2013: pp.18-24). Además, se determinó que existieron diferencias estadísticas entre tratamientos en relación a los testigos, destacándose la mayor eficacia en el tratamiento 1 (*Purpureocillum lilacinum*), estos resultados son semejantes a los obtenidos por Mutkhtar et al. (2013), quienes aplicaron *P. lilacinum* en concentraciones de  $1 \times 10^3$  a  $1 \times 10^4$  esporas\*ml en plantas de okra (*Abelmoschus esculentus* L.) inoculadas con 2000 J2 de *M. incognita*, y determinaron que las plantas no sufrieron afectación en la biomasa radicular y altura de planta. Dávila y Clímaco (2005) también determinó que la biomasa radicular no fue afectada cuando se aplicó *P. lilacinum* como controlador biológico del nematodo agallador en Crisantemo (*Chrysanthemum*).

En la evaluación de población de nematodos, los tratamientos que mayor reducción obtuvieron fueron los T2 Y T3, determinándose una reducción poco significativa de hasta el 25 % en relación con el testigo. Resultados similares a los obtenidos por Mendoza (2021) quien utilizó *Purpureocillum lilacinus*, *Pochonia Chlamydosporia* y *Trichoderma* spp. como controladores de *Meloidogyne* spp., y no tuvieron el efecto esperado, comparando con el testigo sin aplicación; a pesar de tener una temperatura dentro del rango óptimo de 8 a 38°C. situación que se puede atribuir a que estos hongos benéficos mediante sus apresorios crean glicoproteínas degradadoras de la superficie plasmática de los huevos y no de los juveniles J2 de *Meloidogyne* spp, como lo señalan Morgan-Jones et al (1978).

## CONCLUSIONES

En esta investigación a nivel de invernadero (humedad relativa promedio de 70% y temperatura promedio de 35°C) la severidad de *Meloidogyne* en el sistema radicular de pitahaya en los tratamientos 4, 2, 6, 1 y 3 fue de grado 5, es decir que en el sistema radicular de las plantas el número de nódulos fue  $> 100$ .

Las aplicaciones de los controladores antes de la inoculación de los nematodos demostraron un efecto positivo para la biomasa foliar y radicular, lo cual se explica por la estimulación endofítica de *Trichoderma* spp, *Purpureocillium* spp sobre el sistema radical y su efecto en el desarrollo de la planta.

La evaluación permitió determinar diferencias significativas entre los 4 tratamientos y los testigos con respecto al índice de agallamiento y el número de nematodos destacando el tratamiento 2 (*Trichoderma asperellum*) con un porcentaje de 35,96% de nodulaciones y un 21 % de población menor al T6 (testigo más nematodo) resultados poco eficaces para la utilización en campo.

El tratamiento 1 (*Purpureocillium lilacinum*) con dosis de  $1 \times 10^9$  e esporas\*100 ml de agua, se utilizó en este estudio debido a que se está recomendando como un producto biológico eficaz contra *Meloydogine*, sin embargo, el control no fue eficiente debido a que se obtuvo la mayor cantidad de nodulaciones y un alto número de nematodos acercándose al tratamiento 6(testigo más nematodo). No obstante, se evidencio que las plantas inoculadas con este tratamiento obtuvieron mayor biomasa radicular.

## **RECOMENDACIONES**

Evaluar en condiciones in vitro nuevas concentraciones de los controladores biológicos usados en este estudio, con el fin de seleccionar dosificaciones altamente eficientes en el control de *Meloydogine* spp.

Repetir el ensayo considerando una mayor frecuencia de aplicación de los controladores, durante un periodo de 4 meses.

Aplicar los nematocidas biológicos en rotación con agentes químicos de baja toxicidad.

Realizar un análisis costo/beneficio de los tratamientos con resultados más eficaces evaluados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ S., D.E., BOTINA J., J.A., ORTIZ C., A.J. y BOTINA J., L.L.,** 2016. Evaluación nematocida del aceite esencial de *Tagetes zypaquirensis* en el manejo del nematodo *Meloidogyne* spp. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 33, pp. 22. [Consulta: 13 noviembre 2021]. ISSN 0120-0135. Disponible en: [https://redib.org/Record/oai\\_articulo1018510-evaluación-nematicida-del-aceite-esencial-de-tagetes-en-el-manejo-del-nematodo-meloidogyne-spp](https://redib.org/Record/oai_articulo1018510-evaluación-nematicida-del-aceite-esencial-de-tagetes-en-el-manejo-del-nematodo-meloidogyne-spp).

**ANDRÉS, M.F.,** 2002. Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparasitos. *Ciencia y Medio Ambiente -CCMA-CSIC* [en línea], pp. 221-227. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/128310>.

**BAEZ, F., PERDOMO, C., PINCAY, A., TELLO, C., VILLAMIZAR, L., JACKSON, T., JARONSKI, S. y VIERA, W.,** 2019. *Manual de analisis de calidad para formulaciones con base en hongos biocontroladores* [en línea]. Quito-Ecuador: 2019. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5553>.

**BARRÉS, T.,** 2006. *La eliminación del bromuro de metilo en protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica de València. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=240318&info=resumen&idioma=SPA>.

**BISHOP, A.H., GOWEN, S.R., PEMBROKE, B. y TROTTER, J.R.,** 2007. Morphological and molecular characteristics of a new species of *Pasteuria* parasitic on *Meloidogyne ardenensis*. *Journal of invertebrate pathology* [en línea], vol. 96, pp. 28-33. [Consulta: 27 noviembre 2021]. ISSN 0022-2011. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17399736/>.

**CAMPOS, S.,** 2015. “control del nematodo agallador de las raíces del tomate *Meloidogyne incognita* (kofoit and white, 1919) con extractos estandarizados de tres plantas nativas con propiedades nematocidas” [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10064>.

**CARVAJAL, M., VILLEGAS, S. y PERALTA, S.,** 2008. Evaluación de *Trichoderma asperellum* como biorregulador de *Spongospora subterranea* f. sp. subterranea. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* [en línea], vol. 61, pp. 4496-4502. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304).

**CHANDRA, P., DENG, J.X., LEE, J.H. y YU, S.H.,** 2013. New Records of Endophytic *Paecilomyces inflatus* and *Bionectria ochroleuca* from Chili Pepper Plants in Korea. *Mycobiology* [en línea], vol. 41, pp. 18-24. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1229-8093. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23610535/>.

**CIANCIO, A.,** 2007. *General Concepts in Integrated Pest and Disease Management* [en línea]. España: 2007. ISBN 978-1-4020-6061-8. Disponible en: [https://gtu.ge/Agro-Lib/Books/IPM-General\\_con.pdf](https://gtu.ge/Agro-Lib/Books/IPM-General_con.pdf).

**CISNERO, F.,** 2005. Control de Plagas Agrícolas. [en línea]. S.l.: [Consulta: 27 enero 2022]. Disponible en: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-quimico-de-plagas.pdf>.

**CORRALES, S., FRANCIA VARON DE A. y M., N.B.,** 1999. Reconocimiento de nematodos y efecto de *Meloidogyne* spp. En el cultivo de lulo *solanum quitoense* lam. *Acta Agronómica* [en línea], vol. 49, pp. 43-47. ISSN 2323-0118. Disponible en: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/47952](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/47952).

**CUYA, E.,** 2012. Manejo del riego y control de nematodos en el cultivo de granadilla. [en línea]. S.l. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/019-b-granadilla.pdf>.

**DÁVILA, L., CLÍMACO HÍO, J.,** 2005. Evaluación de la actividad biocontroladora de *Arthrobotrys* sp. y *Paecilomyces* sp. sobre *Meloidogyne javanica* in vitro y bajo condiciones de invernadero en crisantemo (*Drenganthema grandiflora* Anderson). *Agronomía Colombiana* [en línea]. 23(1), 91-101 [fecha de Consulta 19 de febrero de 2022]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316951012>

**DELGADO, A., PICO, J.T., NAVIA, D. y SUÁREZ, C.,** 2019. Nemátodos fitoparásitos asociados al sistema radical del cultivo de pitahaya amarilla en el cantón Palora. *IV Simposio en Fitopatología* [en línea], vol. 23, pp. 1-5. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5414>.

**DI RIENZO, A., MACCHIAVELLI, R. y CASANOVES, F.,** 2017. *Modelos lineales generalizados mixtos: aplicaciones en InfoStat* [en línea]. S.l.: 2017. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/318768958>.

**DJIAN, C., PIJAROWSKI, L., PONCHET, M., ARPIN, N. y FAVRE-BONVIN, J.,** 1991. Acetic Acid: a Selective Nematicidal Metabolite From Culture Filtrates of Paecilomyces Lilacinus (Thom) Samson and Trichoderma Longibrachiatum Rifai. *Nematologica* [en línea], vol. 37, no. 1-4, pp. 101-112. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 0028-2596. DOI 10.1163/187529291X00105. Disponible en: [https://brill.com/view/journals/nema/37/1-4/article-p101\\_10.xml](https://brill.com/view/journals/nema/37/1-4/article-p101_10.xml).

**GARCÍA, F., OBANDO, J. y BETANCOURTH GARCÍA, C.,** 2004. Reconocimiento de especies de meloidogyne en tomate de árbol (solanum betacea) y lulo (solanum quitoense) en la zona norte del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 21, pp. 28-40. ISSN 2256-2273. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/497>.

**GELPUD, C., MARCILLO, E.M., SALAZAR GONZALEZ, C. y GARCIA, C.B.,** 2011. Susceptibilidad de genotipos de Solanum spp. al nemato causante del nudo radical Meloidogynespp. [en línea], [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v60n1/v60n1a05.pdf>.

**GILCES, C.T., SANTILLÁN, D.N. y VELASCO, L.V.,** 2016. Plant-parasitic nematodes associated with rice in ecuador. *Nematropica* [en línea], vol. 46, no. 1, pp. 45-53. [Consulta: 14 noviembre 2021]. ISSN 2220-5616. Disponible en: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/88224>.

**GIORGI, A., VILCHES, C., CASTRO, M.C.R., ZUNINO, E., DEBANDI, J., KRAVETZ, S. y TORREMORELL, A.,** 2014. Efecto de la invasión de acacia negra (Gleditsia triacanthos L. (Fabaceae)) sobre la temperatura, luz y metabolismo de un arroyo pampeano. *Acta Biologica Colombiana*, vol. 19, no. 1, pp. 99-105. ISSN 0120548X. DOI 10.15446/ABC.

**GÓMEZ, H., ANNY, R., GRANJA, Z., TORRES, E., MARTÍN, D.A., CANTORAL, T. y ÁGIN, P.,** 2014. *Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 31 enero 2022]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Producción-y-Uso-de-Hongos-Entomopatógenos.pdf>.

**GUNASEKERA, T.S., HOLLAND, R.J., GILLINGS, M.R., BRISCOE, D.A., NEETHLING, D.C., WILLIAMS, K.L. y NEVALAINEN, K.M.,** 2011. Phenotypic and genetic characterization of *Paecilomyces lilacinus* strains with biocontrol activity against root-knot nematodes. *Canadian Journal of Microbiology* [en línea], vol. 46, pp. 775-783. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 0008-4166. Disponible en: <https://cdnsciencepub.com/doi/abs/10.1139/w00-062>.

**GUZMÁN, Ó., PÉREZ, L. y PATIÑO, A.,** 2012. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* haw.). [en línea], pp. 2. [Consulta: 18 noviembre 2021]. ISSN 0123 - 3068. Disponible en: [http://vip.ucaldas.edu.co/boletincientifico/downloads/Boletin\(16\)2\\_13.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/boletincientifico/downloads/Boletin(16)2_13.pdf).

**HARMAN, G.E., HOWELL, C.R., VITERBO, A., CHET, I. y LORITO, M.,** 2004. Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2004 2:1 [en línea], vol. 2, pp. 43-56. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1740-1534. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nrmicro797>.

**HERRERA, C.,** 2011. Nematodos agalladores y café en Nicaragua: sistemas de manejo, identificación de especies y diversidad genética. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* [en línea], vol. 1, pp. 57. [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://pub.epsilon.slu.se/8313/>.

**INFANTE, D., MARTÍNEZ, B., GONZÁLEZ, N. y REYES, Y.,** 2009. Mecanismos de acción de trichoderma frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 14-21. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1010-2752. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S101027522009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101027522009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**INGLIS, P.W., TIGANO, M.S. y VALADARES-INGLIS, M.C.,** 1999. Transformation of the entomopathogenic fungi, *paecilomyces fumosoroseus* and *paecilomyces lilacinus* (deuteromycotina: hyphomycetes) to benomyl resistance. *Genetics and Molecular Biology* [en línea], vol. 22, pp. 119-123. [Consulta: 1 diciembre 2021]. ISSN 1415-4757. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/gmb/a/gMMX4DLK37ws9H7MDQwJHRK/?lang=en>.

**KIEWNICK, S. y SIKORA, R.A.**, 2006. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological Control* [en línea], vol. 2, no. 38, pp. 179-187. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1049-9644. Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-8f98c4d3-22f2-30e0-b933-fc8d187459b1>.

**KIRIGA, A.W., HAUKELAND, S., KARIUKI, G.M., COYNE, D.L. y BEEK, N. V.**, 2018. Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. *Biological Control* [en línea], vol. 119, pp. 27-32. [Consulta: 17 febrero 2022]. ISSN 1049-9644. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964418300136?via%3Dihub>.

**KONDO, T., MARTINEZ, M., MEDINA, J., REBOLLEDO, A. y CARDOZO, C.**, 2013. *Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel)* [en línea]. Moran Colombia: Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria - Corpoica. [Consulta: 7 noviembre 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/322086641\\_Tecnologia\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_pitaya\\_a\\_marilla\\_Selenicereus\\_megalanthus\\_K\\_Schum\\_ex\\_Vaupel\\_Moran\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/322086641_Tecnologia_para_el_manejo_de_pitaya_a_marilla_Selenicereus_megalanthus_K_Schum_ex_Vaupel_Moran_en_Colombia).

**LAMOVSĚK, J., UREK, G. y TRDAN, S.**, 2013. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): Microbes against the pests. *Acta Agriculturae Slovenica* [en línea], vol. 101, pp. 263-275. [Consulta: 1 diciembre 2021]. ISSN 18541941. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/270178709\\_Biological\\_Control\\_of\\_RootKnot\\_Nematodes\\_Meloidogyne\\_spp\\_Microbes\\_against\\_the\\_Pests](https://www.researchgate.net/publication/270178709_Biological_Control_of_RootKnot_Nematodes_Meloidogyne_spp_Microbes_against_the_Pests).

**LANGDON, R.J., YOUSEFI, P.D., RELTON, C.L. y SUDERMAN, M.J.**, 1998. Secondary metabolism in *Trichoderma* and *Gliocladium*. *Clinical Epigenetics* [en línea], pp. 139-191. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1868-7075. Disponible en: <https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/secondary-metabolism-in-trichoderma-and-gliocladium>.

**LATZ, M.A.C., JENSEN, B., COLLINGE, D.B. y JØRGENSEN, H.J.L.**, 2018. Endophytic fungi as biocontrol agents: elucidating mechanisms in disease suppression. *Plant Ecology & Diversity* [en línea], vol. 11, pp. 555-567. [Consulta: 1 diciembre 2021]. ISSN 17551668. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17550874.2018.1534146>.

**LI, X.Q., XU, K., LIU, X.M. y ZHANG, P.,** 2020. A Systematic Review on Secondary Metabolites of Paecilomyces Species: Chemical Diversity and Biological Activity. *Planta medica* [en línea], vol. 86, pp. 805-821. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1439-0221. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32645741/>.

**LÓPEZ, M.,** 2018. *Producción y formulación de trichoderma asperellum para el manejo de patógenos de la raíz de caña de azúcar* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/646/LOAYLN08T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**LOZANO, J., CHAMORRO, L.E., ANDREA, F.J., VERA, L.F. y SEGURA, J.D.,** 2007. Enfermedades Y Plagas Del Cultivo De Lulo. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria* [en línea], pp. 18. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019005156>.

**LUGTENBERG, B.J.J., CARADUS, J.R. y JOHNSON, L.J.,** 2016. Fungal endophytes for sustainable crop production. *FEMS microbiology ecology* [en línea], vol. 92, pp. 194. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1574-6941. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27624083/>.

**MALHADAS, C., MALHEIRO, R., PEREIRA, J.A., GUEDES DE PINHO, P. y BAPTISTA, P.,** 2017. Antimicrobial activity of endophytic fungi from olive tree leaves. *World journal of microbiology & biotechnology* [en línea], vol. 33, pp. 120-145. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1573-0972. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28168624/>.

**MARIN, T.,** 2012. Evaluación de la eficacia de diferentes productos en el control de meloidogyne en cultivo de tomate. [en línea]. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1205/PROYECTO\\_FINAL\\_DE\\_CARRERA\\_Mª\\_TERESA\\_MARÍN\\_RODULFO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1205/PROYECTO_FINAL_DE_CARRERA_Mª_TERESA_MARÍN_RODULFO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**MOHAMED, S.,** 2010. Biological, chemical and molecular studies on the systemic induced resistance in tomato against Meloidogyne incognita caused by the endophytic Fusarium oxysporum, Fo162. *Universitäts- und Landesbibliothek Bonn* [en línea], [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/handle/20.500.11811/4223>.

**NARANJO, R.**, 2018. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 21, pp. 123-132. [Consulta: 7 noviembre 2021]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1598618>.

**OCHOA, C.E., GARCÍA, V., GUEVARA, J.J., HERNÁNDEZ, P. y GUERRERO, J.Á.**, 2012. Características antioxidantes , fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 3, pp. 279-289.

**PAEZ, M. y ALBARRACIN.**, 2007. Evaluación de la capacidad antagónica de *Trichoderma koningii* sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* [en línea], vol. 24, no. 01. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 2477-9407. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26680>.

**PALACINO, J.H.**, 1990. Interacción entre *Glomus manihotis* y *Meloidogyne incognita* en pitaya amarilla y roja en condiciones de vivero. [en línea], vol. 41, no. 3, pp. 80-90. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19916778907>.

**PARK, J.O., HARGREAVES, J.R., MCCONVILLE, E.J., STIRLING, G.R., GHISALBERTI, E.L. y SIVASITHAMPARAM, K.**, 2004. Production of leucinostatins and nematicidal activity of Australian isolates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Letters in applied microbiology* [en línea], vol. 38, pp. 271-276. [Consulta: 1 diciembre 2021]. ISSN 0266-8254. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15214724/>.

**PAUCAR, D.**, 2015. *Control biológico del nematodo agallador de las raíces de la naranjilla meloidogyne spp mediante aislamientos nativos de hongos nematófagos* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12330>.

**PERRY, R., MOENS, M. y STARR, J.**, 2009. *root-know nematodes* [en línea]. USA: [www.Cabi.org](http://www.Cabi.org). [Consulta: 27 noviembre 2021]. Disponible en: <http://download.ceris.purdue.edu/file/387>.

**RAHAD, M., ASHRAFUL, M. y MONIRA, A.R. and S.**, 2016. Effects of rooting media and varieties on rooting performance of dragon fruit cuttings ( *Hylocereu sundatus* Haw .). *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, [en línea], vol. 3, pp. 67-77.

**RIVERA, G.,** 2021. *Evaluación del efecto de la congelación rápida individual (IQF) en las características fisicoquímicas y sensoriales de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) en rodajas.* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28027>.

**RODRÍGUEZ, M.G., GÓMEZ, L., GONZÁLEZ, F.M., CARRILLO, Y., PIÑÓN, M., GÓMEZ, O., CASANOVA, A.S., ÁLVAREZ, M. y PETEIRA, B.,** 2009. Comportamiento de genotipos de la familia Solanaceae frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Rev. Protección Veg* [en línea], vol. 24, no. 3, pp. 137-145. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522009000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000300001).

**SAIRE, A.,** 2017. *Productos químicos alternativos e ingredientes activos comercialmente nuevos para el control de Meloidogyne incognita en tomate en invernadero* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria la Molina. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: <https://library.co/document/q5ok3v7z-productos-quimicos-alternativos-ingredientes-comercialmente-meloidogyne-incognita-invernadero.html>.

**SALAZAR, W. y GUZMÁN, T.,** 2013. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 419-426. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/260835863\\_Efecto\\_de\\_poblaciones\\_de\\_Meloidogyne\\_sp\\_en\\_el\\_desarrollo\\_y\\_rendimiento\\_del\\_tomate](https://www.researchgate.net/publication/260835863_Efecto_de_poblaciones_de_Meloidogyne_sp_en_el_desarrollo_y_rendimiento_del_tomate).

**SAMUELS, G.J.,** 2006. *Trichoderma* spp. *Trichoderma*: Systematics, the Sexual State, and Ecology. *The Nature and Application of Biocontrol Microbes* [en línea], vol. 96, no. 2, pp. 195. [Consulta: 2 diciembre 2021]. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-0195>.

**SANSOM, R.,** 1974. *Paecilomyces and some allied Hyphomycetes. Studies in Mycology* [en línea]. 1974. S.l.: s.n. [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.studiesinmycology.org/index.php/issue/7-studies-in-mycology-no-06>.

**SENTHILKUMAR, M., ANANDHAM, R. y KRISHNAMOORTHY, R.,** 2020. *Paecilomyces. Beneficial Microbes in Agro-Ecology* [en línea]. S.l.: Academic Press, pp. 793-808. [Consulta: 1 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/beneficial-microbes-in-agro-ecology/amaresan/978-0-12-823414-3>.

**SOTO, M.**, 2016. *Control poblacional de Meloidogyne spp en el cultivo de Tomate (Lycopersicum esculentum) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido en San Carlos* [en línea]. S.l.: Instituto Tecnológico de Costa Rica. [Consulta: 18 noviembre 2021]. Disponible en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9847/control\\_poblacional\\_Meloidogyne\\_spp\\_en\\_cultivo\\_Tomate\\_%28Lycopersicum%29\\_medianteextractos\\_vegetales\\_bajo\\_ambiente\\_protegido\\_San\\_Carlos..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9847/control_poblacional_Meloidogyne_spp_en_cultivo_Tomate_%28Lycopersicum%29_medianteextractos_vegetales_bajo_ambiente_protegido_San_Carlos..pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**VALA, A.K., DAVE, B.P. y DUBE, H.C.**, 2006. Chemical characterization and quantification of siderophores produced by marine and terrestrial aspergilli. *Canadian Journal of Microbiology* [en línea], vol. 52, pp. 603-607. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 00084166. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16788730/>.

**VAN DEN BRULE, T., PUNT, M., TEERTSTRA, W., HOUBRAKEN, J., WÖSTEN, H. y DIJKSTERHUIS, J.**, 2020. The most heat-resistant conidia observed to date are formed by distinct strains of *Paecilomyces variotii*. *Environmental microbiology* [en línea], vol. 22, no. 3, pp. 986-999. [Consulta: 1 diciembre 2021]. ISSN 1462-2920. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31444981/>.

**VARGAS T., Y., PICO, J.T., DÍAZ M., A., SOTOMAYOR AKOPYAN, D.A., BURBANO, A., CAICEDO V., C., PAREDES ANDRADE, N., CONGO, C.D., TINOCO, L.A., BASTIDAS, S., CHUQUIMARCA, J., MACAS, J. y VIERA, W.**, 2020. *Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana* [en línea]. S.l.: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. [Consulta: 7 noviembre 2021]. ISBN 978-9942-22-489-7. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>.

**VINALE, F., MARRA, R., SCALA, F., GHISALBERTI, E.L., LORITO, M. y SIVASITHAMPARAM, K.**, 2006. Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology* [en línea], vol. 43, no. 2, pp. 143-148. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 02668254. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16869896/>.

**VINCES, E.**, 2019. *Selección de aislados nativos de purpleocillium spp y materiales orgánicos en el control del nematodo meloidogyne incognita (kofoid &white) chitwood en tomate* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/21660>.

**WALTERS, D.R.**, 2009. Implicaciones para el control práctico de enfermedades. *Crop Protection* [en línea], vol. 28, pp. 459-465. [Consulta: 27 noviembre 2021]. ISSN 02612194. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-95-1368>.

**YEDIDIA, I., BENHAMOU, N. y CHET, I.**, 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L. ) By the biocontrol agent trichoderma harzianum. *Applied and environmental microbiology* [en línea], vol. 65, pp. 1061-1070. [Consulta: 2 diciembre 2021]. ISSN 1098-5336. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10049864/>.

**YU, Z., ZHANG, Y., LUO, W. y WANG, Y.**, 2015. Root colonization and effect of biocontrol fungus *Paecilomyces lilacinus* on composition of ammonia-oxidizing bacteria, ammonia-oxidizing archaea and fungal populations of tomato rhizosphere. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 51, pp. 343-351. ISSN 14320789.

**ZIJLSTRA, C. y VENNE, D.**, 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterised amplified region (SCAR) based PCR assays. *Nematology* [en línea], vol. 2, pp. 847-853. [Consulta: 26 noviembre 2021]. Disponible en: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_57-58/010024959.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_57-58/010024959.pdf).

Leonardo Medina  
21-07-2022.

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje  
Español  
Ing. Leonardo Medina M. Sc.  
ANALISTA DE BIBLIOTECA I.

## ANEXOS

### ANEXO A: ZARANDEADO Y RECOLECCIÓN DE SUELO



### ANEXO B: ESTERILIZACIÓN DE SUELO MEDIANTE EL AUTOCLAVE



**ANEXO C: SIEMBRA DE CLADODIOS DE PITAHAYA**



**ANEXO D: SIEMBRA Y TRASPLANTE DE TOMATE PARA MULTIPLICACIÓN DE NEMATODOS**



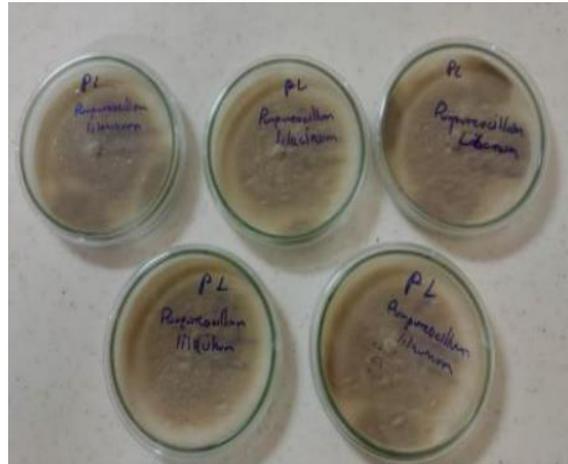
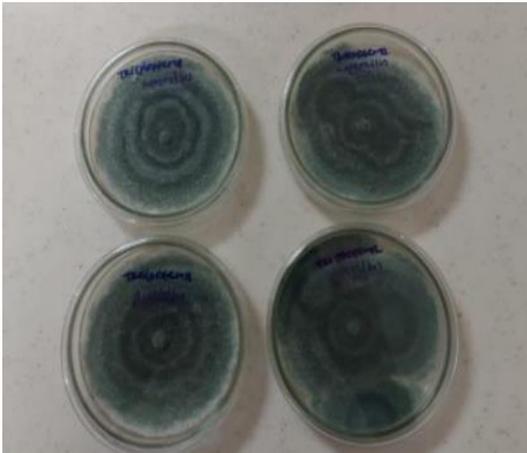
## ANEXO F: MUESTREO Y OBTENCIÓN DE INOCULO DE NEMATODOS



## ANEXO G: CONTEO E INOCULACIÓN DE NEMATODOS EN LAS PLANTAS DE TOMATE



**ANEXO H: AISLAMIENTO DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS (*Trichoderma asperellum* y *Purpureocillium lilacinum*)**



**ANEXO I: PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA MULTIPLICACIÓN MASIVA DE BIOCONTROLADORES**



**ANEXO J: INOCULACIÓN EN SUSTRATO**



**ANEXO K: SUSTRATOS CON LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS**



**ANEXO L: APICACION DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS PARA EL ANTES**



**ANEXO M: OBTENCIÓN DEL INOCULO DE NEMATODOS DE LAS PLANTAS DE TOMATE**



**ANEXO N: INOCULACIÓN DE NEMATODOS EN LA PITAHAYA PARA EL ANTES Y DESPUÉS**



**ANEXO O: APLICACIÓN DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS PARA EL DESPUÉS**



**ANEXO P: EVALUACIÓN: EXTRACCIÓN DE SUELO**



**ANEXO Q: EVALUACIÓN: EXTRACCIÓN DE RAÍZ**



**ANEXO R: EVALUACIÓN: DIÁMETRO Y LONGITUD DE LOS BROTES**



**ANEXO S: EVALUACIÓN: PESO FRESCO DE CLADODIOS Y BROTES**



**ANEXO T: EVALUACIÓN: PESO SECO DE CLADODIOS Y BROTES**



**ANEXO W: EVALUACIÓN: CONTEO DE NODULACIÓN EN RAÍCES**





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 07 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Neiver Denilson Manobanda Duche
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agrónomo
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo Medina  
21-07-2022.



0417-DBRA-UTP-2022