



Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú

Nematophages fungi in the biocontrol of the *Meloidogyne exigua* Goeldi in *Coffea arabica* L. var. Catimor, in Satipo - Peru

Alomía-Lucero, José M.^{1*}

Capcha-Ospina, Eliseo¹

¹Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

Recibido: 11 Mar. 2022 | **Aceptado:** 14 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

Autor de correspondencia*: jalomia@uncp.edu.pe

Cómo citar este artículo: Alomía-Lucero, J. M. & Capcha Ospina, E. (2022). Hongos nematófagos en el biocontrol de *Meloidogyne exigua* Goeldi en *Coffea arabica* L. var. Catimor, en Satipo – Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 2(2), e343.

<https://doi.org/10.51252/raa.v2i2.343>

RESUMEN

La selva central del Perú es la región más importante de producción de café a nivel nacional, donde se observa una alta incidencia de nematodo formador de agallas en las raíces del cafeto; siendo el *Meloidogyne exigua* Goeldi difícil de controlar, el mismo que afecta la salud y el medio ambiente, en ese sentido se busca alternativas de control biológico. El objetivo fue probar la eficacia de tres hongos nematófagos contra *M. exigua* Goeldi utilizando plantas de vivero. El trabajo se realizó en laboratorio y campo. Las variables evaluadas fueron el número de agallas, incidencia de nematodo, severidad, población de huevos, población de juveniles y población de hembras. Los resultados muestran que la aplicación de *Pochonia chlamidosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente. La dosis de 2 g/plántula para *P. chlamidosporia* supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g/plántula. Cuando aumenta la dosis de aplicación de *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* disminuyen todas las variables; pero cuando aumenta la dosis de *Trichoderma harzianum* las variables permanecen constantes, por lo que no tiene efecto de control.

Palabras clave: control; dosis; *Paecilomyces*; *Pochonia*; *Trichoderma*

ABSTRACT

The central jungle of Peru is the most important region for coffee production at the national level, where a high incidence of gall-forming nematodes is observed in the roots of the coffee tree; being the *Meloidogyne exigua* Goeldi difficult to control, the same one that affects health and the environment, in that sense alternatives of biological control are sought. The objective was to test the efficacy of three nematophagous fungi against *M. exigua* Goeldi using nursery plants. The work was carried out in the laboratory and in the field. The variables evaluated were the number of galls, nematode incidence, severity, egg population, juvenile population and female population. The results show that the application of *Pochonia chlamidosporia* statistically outperforms in the control of nematodes with respect to *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma harzianum*, which occupy the second and third place respectively. The dose of 2 g/seedling for *P. chlamidosporia* statistically outperforms the doses of 1.0 and 0.5 g/seedling. When the application dose of *Paecilomyces lilacinus* and *Pochonia chlamydosporia* increases, all the variables decrease; but when the dose of *Trichoderma harzianum* increases, the variables remain constant, so there is no control effect.

Keywords: control; dose; *Paecilomyces*; *Pochonia*; *Trichoderma*



1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de café son afectadas por el nematodo fitoparásito *Meloidogyne exigua*; estos organismos parasitarios afectan las raíces de los cafetos formando agallas en los tejidos, las que impiden la circulación de la savia en la planta, por lo que baja el crecimiento y rendimiento del cultivo. El problema se acentúa cuando se tiene instaladas a cafetos de la variedad Catimor, que son resistentes a la roya, pero susceptibles al nematodo del nudo, que se acentúa cuando los suelos son pobres y con baja materia orgánica como son los suelos de la selva tropical.

En cuanto a *Trichoderma spp.* Mendoza et al. (2013), observó que *T. atroviride*, *T. harzianum* y *T. viride* destruyen los huevos de *Meloidogyne sp.*, en una secuencia parasítica que lleva a la destrucción completa en 72 horas. Respecto al hongo *Pochonia chlamydosporia* es un controlador biológico con potencial comercial para los nematodos del nudo y el quiste de la raíz; produce una serina proteasa alcalina, VCP1, durante la infección de huevos de nematodos (Morton et al., 2003); asimismo Luambano et al. (2015) mencionan que la eficacia de muchos agentes de control biológico, incluido *P. chlamydosporia*, depende de las condiciones del suelo.

El hongo *P. chlamydosporia var. chlamydosporia* (Pc-10) presenta un gran potencial contra los nematodos agalladores en cultivos de hortalizas (Bontempo et al., 2014). El efecto de diferentes concentraciones de la cepa IMI SD 187 de *Pochonia chlamydosporia var. catenulata* sobre la colonización del suelo y raíces y la actividad parasítica del hongo sobre *Meloidogyne* incógnita se determinaron en un experimento con macetas en condiciones de aisladores biológicos (Puertas & Hidalgo Díaz, 2009).

El hongo *nematófago P. chlamydosporia var. chlamydosporia* es uno de los agentes de control biológico más estudiados contra nematodos (semi) endoparásitos de plantas de los géneros *Globodera*, *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Nacobbus* y, más recientemente, *Rotylenchulus* según (Manzanilla-López et al., 2013). Los aislamientos mexicanos de este hongo generaron un parasitismo encima al 60% en huevos del nematodo agallador y colonizaron al 100% de la rizosfera según Flores-Camacho et al. (2007).

Cleopas C. et al. (2017) refiere que el agente controlador biológico *Paecilomyces lilacinus* cepa 251 (PL251), fue evaluado debido a su potencial en el control del nematodo agallador *Meloidogyne* incógnita en tomate; los experimentos de cámara de crecimiento, un tratamiento de suelo previo a la siembra redujo la excoriación de raíces en un 66 %, el número de masas de huevos en un 74 % y la población final de nematodos en las raíces en un 71 % en comparación con el control inoculado.

Los niveles de colonización en suelo y raíces del cultivo del tomate aumentaron con el incremento de la concentración de inóculo de *P. chlamydosporia var. catenulata* a diferencia de la actividad parasítica, que, aunque manifiesta un incremento rápido tiende a estabilizarse a partir de niveles del hongo en suelo y raíces que se corresponden con una concentración de inóculo de 5000 clamidosporas. gE-1 de suelo (Puertas et al., 2006).

La adición de *P. chlamydosporia* a materiales orgánicos previamente descompuestos resultó en una gran cantidad de propágulos fúngicos; donde el porcentaje de infección de huevos de nematodos aumentó con el nivel de nitrógeno de 5 a 100 mM cuando el carbono se mantuvo a 10 mM; estos resultados se pueden utilizar para mejorar la eficacia del hongo en los trópicos como parte de un manejo integrado de plagas en condiciones de campo tropicales donde el problema de los nematodos agalladores es común (Luambano et al., 2015).

Hay información sobre crecimiento parasitario de *Pochonia chlamydosporia* sobre huevos de nematodos y crecimiento saprotrófico en la colonización de la rizosfera de plantas (Esteves et al., 2009). El análisis estructural y funcional del genoma de *P. chlamydosporia* proporciona un punto de partida para comprender los mecanismos moleculares implicados en el estilo de vida multitrófico de este hongo (Larriba et al., 2014).

Se encontraron relaciones dosis-respuesta significativas cuando se aplicaron conidios *Paecilomyces lilacinus* cepa 251 (PL251) al suelo con o sin la formulación a base de glucosa; para el número de masas de huevos por raíz la EC50 fue de 0,007 g de producto o $2,64 \times 10^5$ UFC/g de suelo, encontrándose que se necesita una sola aplicación previa a la plantación a una concentración de 1×10^6 CFU/g de suelo para un biocontrol suficiente de *M. incógnita* por parte de PL251 (Cleopas C. et al., 2017).

El nematodo *M. incógnita* se controló con mayor eficacia y los rendimientos del cultivo fueron mejores cuando *Paecilomyces lilacinus* y *Pasteuria penetrans* se aplicaron juntos en micro parcelas de campo que cuando se aplicaron solos (Dube & Grover C., 1987). Al evaluar el efecto biocontrolador de nematodos se incrementó la producción total y comercializable de raíces de zanahoria en 25,35 y 55,03%, respectivamente; la producción de raíces no comercializables se redujo en un 50% en las parcelas tratadas; asimismo, todos los *bionematicidas* redujeron el número de raíces no comercializables con agallas; también la incorporación de *Paecilomyces* en el suelo de las camas controla al nematodo y mejora la calidad y el rendimiento de la zanahoria (Bontempo et al., 2014).

Se deduce que una variación genética relacionada con el huésped en VCP1 entre aislamientos de *P. chlamydosporia* aislados de diferentes huéspedes nematodos, lo que podría contribuir a la preferencia del huésped; tales diferencias pueden ser importantes en la explotación futura del hongo como agente de biocontrol de nematodos (Morton et al., 2003). La alta densidad de inóculo de nematodos resulta en una muerte considerable de la planta de tomate, lo que demuestra que el hongo no pudo controlar los altos niveles de nematodos; en la cosecha de la mayoría de los ciclos de cultivo, se encontraron menos J_2 en el suelo o las raíces o se contaron menos masas de huevos por sistema de raíces en macetas con *P. chlamydosporia* en comparación con macetas sin el hongo; mientras una aplicación única de este hongo pudo ralentizar la acumulación de la población de *M. javanica* durante al menos 5 a 7 meses (Hoedekie et al., 2005).

Al evaluar cinco aislamientos mexicanos y uno brasileño del hongo *Pochonia chlamydosporia* se encontró que los tratamientos con el aislamiento brasileño VC10 tuvieron el menor número de agallas; los aislamientos mexicanos más eficientes en el control de *N. aberrans* fueron SMB3 y SC1 (Flores-Camacho et al., 2007). Al estudiar el efecto del momento de aplicación de la cepa IMI SD 187 de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* sobre el parasitismo de los huevos de *M. incógnita* en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) los resultados demostraron que la capacidad parasítica del hongo fue superior a la aplicación del hongo en el trasplante (Puertas & Hidalgo Díaz, 2009).

Dado a que la mayoría de autores han estudiado el control biológico de nematodos en cultivos temporales como tomates, frijoles y otras hortalizas; pero en café muy poco; el objetivo fue evaluar el control biológico de estos hongos en la población de los nematodos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se pesaron de cada tipo de hongo 30, 60, 120 g cada uno de ellos en 3 L de agua destilada sumados en total 27 L, diluidos cada 3 L con Tween 80 al 30% hasta que las esporas de hongos estén suspendidas en agua para aplicarse antes de repique. Se precoció el arroz, se quitó el agua, se pesó 100 g en tres placas Petri. Una vez frío el arroz, se inoculó con el medio líquido preparado. Las placas sembradas se incubaron por 5 días a temperatura ambiente 23°C y humedad relativa $\geq 70\%$, observándose el crecimiento del hongo sobre el sustrato.

Para la concentración de conidios del hongo del sustrato de arroz se tomaron muestras al azar, se las colocó en una bolsa con 100 g. Se homogeneizó la muestra y se tomó solo 1 g, el cual fue a una bolsa con 10 ml de agua destilada con Tween 80 al 0,01% y se procedió a diluir la muestra madre. Con la dilución deseada, con

una pipeta se tomó una muestra y se puso sobre dos cámaras de *neubauer*. Una vez contadas las *conidias* con microscopio en la cámara de *neubauer*, se utilizó la fórmula:

$$\text{Concentración de conidias} = (X) \times 5 \times 10^4 \times ID$$

Donde:

χ = Promedio del número de *conidias* contadas

5 = Quinta parte del cuadrante central de la cámara.

10^4 = Factor de la cámara

ID = Inversa de la dilución (10^{-4})

Resultado obtenido: $\chi = 6,27$

Entonces la concentración de *conidias* fue la siguiente:

Concentración de *conidias* = $6,27 \times 5 \times 10^4 \times 10^{-4}$

Concentración de *conidias* = $31,35 \times 10^4 \times 10000$

Concentración de *conidias* = $31,35 \times 10^8 \text{ con/ml} = 3,13 \times 10^9 \text{ con/ml}$

De esto se deduce que 1,0 g de *Paecilomyces lilacinus* contiene $3,13 \times 10^9$ UFC. Con esto se obtuvo los siguientes resultados:

T1 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T2 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T3 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Paecilomyces* / 50 ml de agua

T4 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T5 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T6 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Pochonia* / 50 ml de agua

T7 (30 g / 3 litros de agua): 0,5 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

T8 (60 g / 3 litros de agua): 1 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

T9 (120 g / 3 litros de agua): 2 g de *Trichoderma* / 50 ml de agua

Luego se realizó el conteo de *conidias* por separado, con ayuda de cámara *neubauer* promedio de "x", encontrando las siguientes concentraciones.

Paecilomyces lilacinus: T1= 3,4; T2= 6,9; y T3= 13,8

Pochonia chlamydosporia: T4= 2,4; T5= 5,3; y T6= 10,4

Trichoderma harzianum: T7= 4,5; T8= 10,3; y T9= 19,7

Utilizando la fórmula $\text{Concentración de conidias} = (X) \times 5 \times 10^4 \times ID$, se tiene:

30 g de *Paecilomyces* en suspensión = $1,7 \times 10^9$ UFC / ml

60 g de *Paecilomyces* en suspensión = $3,45 \times 10^9$ UFC / ml

120 g de *Paecilomyces* en suspensión = $6,9 \times 10^9$ UFC / ml

30 g de *Pochonia* en suspensión = $1,2 \times 10^8$ UFC / ml

60 g de *Pochonia* en suspensión = $2,65 \times 10^8$ UFC / ml

120 g de *Pochonia* en suspensión = $5,2 \times 10^8$ UFC / ml

30 g de *Trichoderma* en suspensión = $2,25 \times 10^9$ UFC / ml

60 g de *Trichoderma* en suspensión = $5,15 \times 10^9$ UFC / ml

120 g de *Trichoderma* en suspensión = $9,85 \times 10^9$ UFC / ml

Se tomaron varias muestras al azar del sustrato de arroz con hongo. En una placa de Petri con P.D.A (papa dextrosa agar), se colocaron tres gotas de la preparación, a temperatura ambiente promedio de 23 °C por 48 hrs. Transcurrido el tiempo, se sacó la placa Petri en donde ha germinado el hongo y con la ayuda de un bisturí se cortó un cuadrado de 1 cm², esta muestra se puso sobre una lámina porta objetos, se le agregó

una gota de azul de lactofenol y una lámina cubre objeto. Al observar al microscopio para el conteo se tomó 5 campos visuales y se contó el número de *conidias* germinadas y no germinadas con la fórmula siguiente:

$$\%G = \left(\frac{NSG}{(NSG+NSNG)} \right) 100$$

%G: Porcentaje de germinación

NSG: Número de *conidias* germinadas

NSNG: Número de *conidias* no germinadas

Se ha esterilizado la tierra agrícola y humus. Se distribuyó el suelo en una capa de 2 cm sobre un piso de cemento y a los rayos del sol hasta que seque. El embolsado se hizo en bolsas de 15x20 cm con un peso de 1,2 kg/bolsa. Se tomaron las dosis a trabajar (30, 60, 120 g cada uno de ellos en tres litros de agua destilada con 1 microlitro de Tween 80. Una vez lavado el arroz se procedió a ser colado. Para la aplicación en el sustrato de la dilución se procedió a homogeneizar la muestra, luego con una probeta graduada se tomó 50 ml de la suspensión para ser incorporados en cada bolsa de sustrato.

Las masas de huevos de *Meloidogyne exigua* se las obtuvo de plantones de cafeto variedad Catimor. Se tomaron las raicillas de las plantas que mostraban nodulación y agallas causados por el nematodo. Se lavaron las raicillas, se las puso sobre papel toalla para su secado. Luego se procedió a cortar las raicillas a un tamaño de 2 cm. Luego se machacó en un mortero y en un vaso de precipitación luego se añadió hipoclorito de sodio a una concentración del 0,5%, por 3 min. Las raíces fueron enjuagadas con agua en juego de tamices de 100, 200 y 400 mesh para capturar huevos.

Lo que se obtuvo del tamiz de 400 mesh fue recuperado con la ayuda de una *pizeta* y puesto sobre un vaso de precipitación enrazando a 1 litro de agua. Luego se procedió al conteo de los huevos recogidos, para esto se tomaron 3 veces de 1 ml del volumen total, con el microscopio y un contómetro se realizó dicha operación; del número encontrado en los 3 ml se extrapoló para obtener la cantidad de huevos en el volumen total. Con la alícuota con la cantidad de huevos por ml, se procedió a inocular las plantas, con una pipeta graduada. La inoculación se hizo al cuello de raíz, y se inocularon 10 000 huevos por bolsa de sustrato.

3. RESULTADOS

3.1 Del número de agallas por planta a los 90 días

Tabla 1. Prueba de comparación de promedios de Tukey para nódulo radicular de planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de nudos (unid.)	Significación w=0,05
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,80	a
02	<i>P. lilacinus</i>	2,38	b
03	<i>T. harzianum</i>	3,74	c

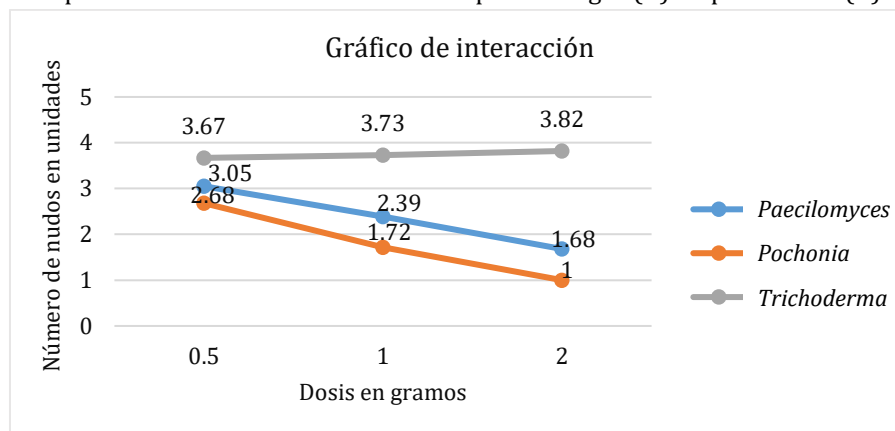
La Tabla 1 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor nodulación radicular con 1,80 unidades.

Tabla 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey para el nódulo radicular de planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Número de nudos (unid.)	Significación w=0,05
01	2	2,17	a
02	1	2,62	b
03	0,5	3,13	c

La Tabla 2 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades.

Figura 1. Prueba de comparación de promedios para el nódulo radicular de la planta, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 1 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante los nudos, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* a medida que aumenta la dosis baja número de nudos por planta, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.2 Incidencia de nematodos en raíces

Tabla 3. Prueba de comparación de promedios de Tukey para incidencia de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentajes: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Incidencia (%)	Significación w=0,3
01	<i>P. chlamydosporia</i>	23,16	a
02	<i>P. lilacinus</i>	28,48	b
03	<i>T. harzianum</i>	35,11	c

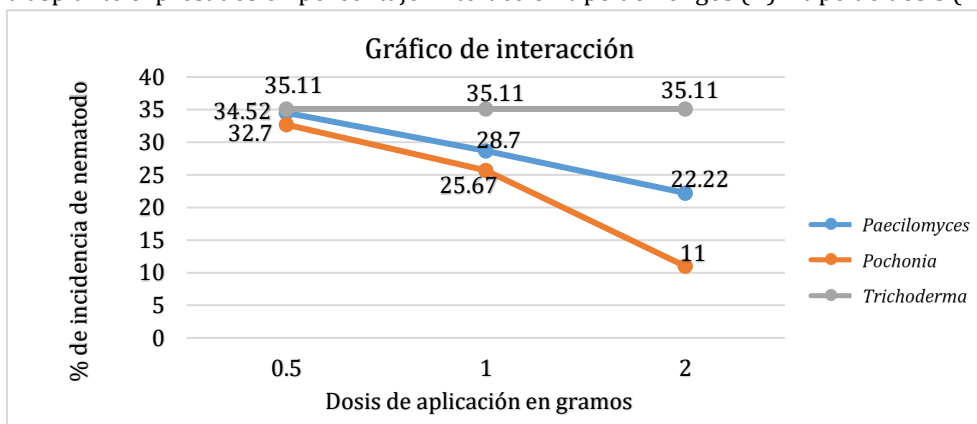
La Tabla 3 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor incidencia con 23,16%.

Tabla 4. Prueba de comparación de promedios de Tukey para incidencia de nematodo en la plántula, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Incidencia (%)	Significación w=0,3
01	2	22,81	a
02	1	29,83	b
03	0,5	34,11	c

La Tabla 4 muestra la diferencia estadística entre niveles del factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor incidencia de nematodo con 22,81 %.

Figura 2. Prueba de comparación de promedios para incidencia de nematodos en la plántula, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B).



En la Figura 2 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante la incidencia de nematodo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja porcentaje de incidencia, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.3. Severidad de nematodos en raíces

Tabla 5. Prueba de comparación de promedios de Tukey para severidad de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentajes: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Severidad (%)	Significación w=0,05
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,80	a
02	<i>P. lilacinus</i>	2,38	b
03	<i>T. harzianum</i>	3,74	c

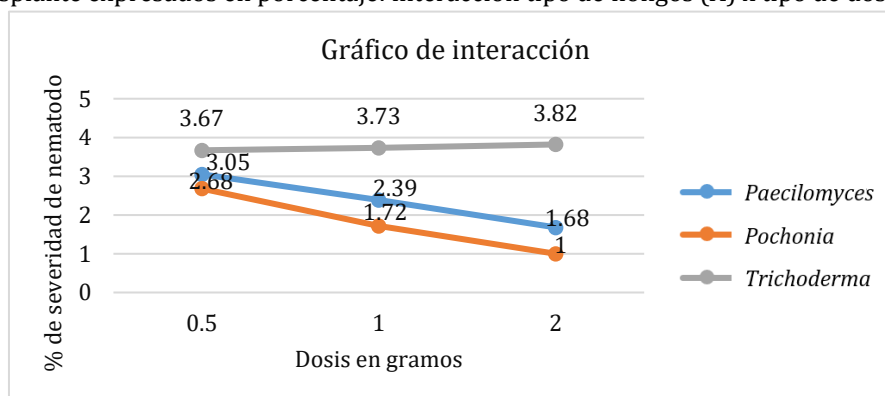
La Tabla 5 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor severidad con 1,80%.

Tabla 6. Prueba de comparación de promedios de Tukey para severidad de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Hongos (A)	Severidad (%)	Significación w=0,05
01	2	2,17	a
02	1	2,62	b
03	0,5	3,13	c

La Tabla 6 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor severidad de nematodo con 2,17%.

Figura 3. Prueba de comparación de promedios para severidad de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en porcentaje: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 3 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* permanece constante la severidad de nematodo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja porcentaje de severidad, al comparar entre estos dos últimos *Pochonia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.4. Población de huevos de nematodo por agalla

Tabla 7. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de huevos de nematodo por agalla en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de huevos (unid.)	Significación w=0,33
01	<i>P. chlamydosporia</i>	4,10	a
02	<i>P. lilacinus</i>	6,71	b
03	<i>T. harzianum</i>	12,37	c

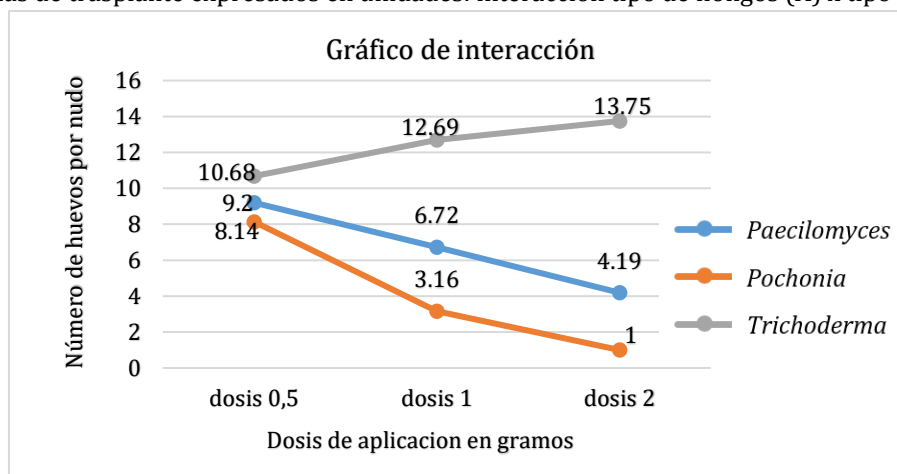
La Tabla 7 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de huevos en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 4,10 unidades por nudo.

Tabla 8. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de huevos de nematodo por nudo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Número de huevos (unid.)	Significación w=0,33
01	2	6,31	a
02	1	7,52	b
03	0,5	9,34	c

La Tabla 8 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de huevos de nematodo con 6,3.

Figura 4. Prueba de comparación de promedios para población de huevos por nudo de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 4 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de huevos por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando se incrementa la dosis baja número de huevos, al comparar entre estos dos últimos *P. chlamydosporia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.5. Población de juveniles 2 de nematodo por agalla

Tabla 9. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de J₂ por nudo de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,11
01	<i>P. chlamydosporia</i>	2,49	a
02	<i>P. lilacinus</i>	3,37	b
03	<i>T. harzianum</i>	5,36	c

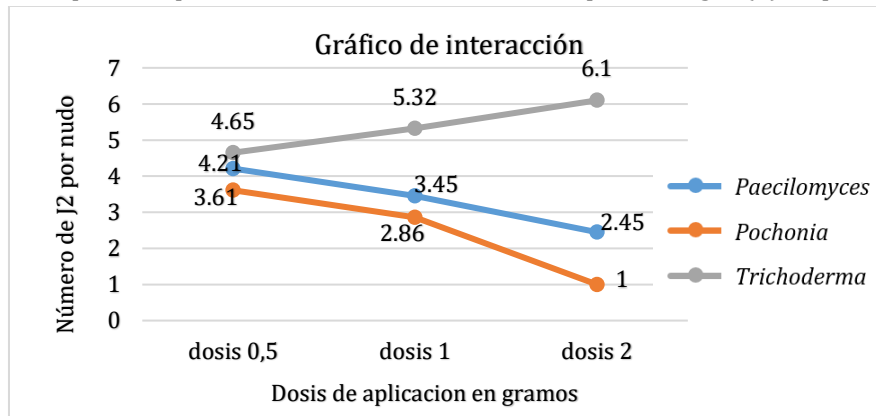
En la Tabla 9 se observa que hay diferencia estadística significativa entre niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de J₂ en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 2,49 unidades.

Tabla 10. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de J₂ de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,05
01	2	3,18	a
02	1	3,88	b
03	0,5	4,16	c

La Tabla 10 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de J₂ de nematodo con 3,18 unidades.

Figura 5. Prueba de comparación de promedios para población de J₂ por nudo de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 5 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de juveniles 2 por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* cuando incrementa la dosis baja número de J₂, nudo, al comparar entre estos dos últimos *P. chlamydosporia* muestra mayor efecto en el control de nematodo.

3.6 Población de hembras de nematodo por agalla

Tabla 11. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de hembras por agalla de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efecto de tipo de hongos (A)

Mérito	Hongos (A)	Número de hembras (unid.)	Significación w=0,07
01	<i>P. chlamydosporia</i>	1,36	a
02	<i>P. lilacinus</i>	1,71	b
03	<i>T. harzianum</i>	2,34	c

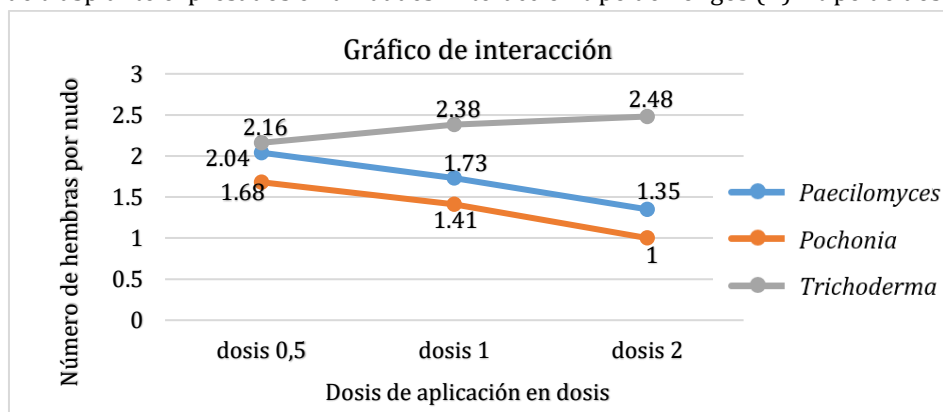
En la Tabla 11 se observa que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor A; empleando hongo *Pochonia chlamydosporia* el número de hembras en las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población con 1,36 unidades.

Tabla 12. Prueba de comparación de promedios de Tukey para población de hembras por nudo de nematodo en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: efectos de tipo de dosis (B)

Mérito	Dosis (B) g	Juveniles 2 (unid.)	Significación w=0,07
01	2	1,61	a
02	1	1,84	b
03	0,5	1,96	c

La Tabla 12 muestra que existe diferencia estadística significativa entre los niveles de factor B; empleando dosis de 2 gramos las plántulas de *Coffea arabica*, experimentan menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades.

Figura 6. Prueba de comparación de promedios para población de hembras de nematodos en las plántulas, a los 90 días de trasplante expresados en unidades: interacción tipo de hongos (A) x tipo de dosis (B)



En la Figura 6 se observa que cuando aumenta la dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum* aumenta número de hembras por nudo, mientras con *Paecilomyces lilacinus* y *Pochonia chlamydosporia* a medida que aumenta la dosis baja número de hembras por nudo.

4. DISCUSIÓN

La aplicación de *Pochonia chlamydosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos *M. exigua* en raíces de café respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, a los 90 días del trasplante, ya que experimenta menor nodulación radicular con 1,80 unidades por planta, menor incidencia de nematodos con 23,16 %, menor severidad con 1,80 %, menor número de huevos del nematodo con 4,10 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 con 2,49 unidades por nudo, menor población de hembras de nematodo con 1,36 unidades por nudo. Estos resultados coinciden con lo manifestado por Puertas & Hidalgo (2009) quien dice que el hongo *Pochonia chlamydosporia* controla a los nematodos *Meloidogyne exigua*; de igual modo, como lo corroboran Bontempo et al. (2014), que refiere a *P. lilacinus* como controlador biológico de este nematodo. Asimismo, Mendoza et al. (2013), que estudió el efecto de *Trichoderma* spp. sobre este nematodo agallador; los resultados encontrados refuerzan lo mencionado por Luambano et al. (2015) respecto a *P. chlamydosporia* cuando se deduce que a mayor concentración hay mayor efecto.

La dosis de *P. chlamydosporia* con 2 g/plántula supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g por plántula, a los 90 días del trasplante, ya que experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades, menor incidencia de nematodo con 22,81%, menor severidad de nematodos con 2,17%, menor población

de huevos de nematodo con 6,31 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 de nematodo con 3,18 unidades/nudo y menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades/nudo. Esto se atribuye a que *Pochonia chlamidosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; tal como lo mencionan Manzanilla-López et al. (2013) el hongo reduce los daños del nematodo, como también lo corroboran Flores-Camacho et al. (2007) sobre el efecto parasitario sobre huevos de nematodos. De igual modo, lo mencionado por Cleopas C. et al. (2017), quien indica que *P. lilacinus* también reduce daños del nematodo. Este se atribuye a que *Pochonia chlamidosporia* en dosis 2 gramos presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; así como lo mencionan Esteves et al. (2009), el efecto parasitario sobre huevos de nematodos influye en la incidencia del nematodo.

Cuando aumenta la dosis de aplicación de *P. lilacinus* y *P. chlamydosporia* disminuyen todas las variables a los 90 días del trasplante, como el número de nudos/planta, incidencia de nematodos/planta, severidad, número de huevos/planta, población de juveniles 2/nudo, población de número de hembras/nudo; mientras que con a medida que aumenta la dosis baja el nivel de todas las variables; mientras que para *T. harzianum* permanecen constantes todas las variables, lo que indica que no tiene efecto en el *M. exigua*. Tal como menciona sobre la incidencia (Puertas et al., 2006) hay efecto del hongo en la incidencia del nematodo; Morton et al. (2003) dice que el efecto del biocontrol que realiza *P. chlamidosporia* reduce la severidad del nematodo. Esto se atribuye a que *Pochonia chlamydosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*; así como lo mencionan Hoedekie et al. (2005), el efecto de control de este biocontrolador sobre la especie de *M. exigua*.

Otros autores como Flores-Camacho et al. (2007), indican que se evidencia un control de daños del nematodo. Las enzimas segregadas por *P. chlamydosporia* intervienen en el proceso de infección de huevos cuando permiten que al hongo degrade la cáscara de huevo de nematodo; como lo corroboran Flores-Camacho et al. (2007), quienes indican que durante el proceso infeccioso *Pochonia chlamydosporia* tiene un buen efecto de control. Este se atribuye a que *P. chlamydosporia* presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*, tal como lo mencionan Bontempo et al. (2014) el efecto de control, pero en el cultivo de zanahorias.

También se confirma lo mencionado por Cleopas C. et al. (2017) quienes afirman el buen efecto de control que tiene el hongo. Asimismo, Puertas & Hidalgo Díaz (2009), señalan que con este efecto *Pochonia chlamydosporia* reduce la infestación del nematodo. Este se atribuye a que *P. chlamydosporia* en dosis 2 gramos presenta mayor eficiencia en el control de *Meloidogyne exigua*. Tal como lo corroboran Hoedekie et al. (2005), que *P. chlamydosporia* tiene buen efecto de control en estos nematodos; así como indica Luambano et al. (2015), que *Pochonia chlamydosporia* tiene efecto de control a nivel de huevos del nematodo agallador, lo mismo afirman Puertas & Hidalgo Díaz (2009) que *P. chlamydosporia* coloniza masa de huevos del nematodo del nudo y de igual manera afirman Cleopas C. et al. (2017), el efecto del control a nivel de huevos de *Meloidogyne*.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de *Pochonia chlamidosporia* supera estadísticamente en el control de nematodos *M. exigua* en raíces de cafeto respecto a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, a los 90 días del trasplante, ya que experimenta menor nodulación radicular con 1,80 unidades por planta, menor incidencia de nematodos con 23,16%, menor severidad con 1,80%, menor número de huevos del nematodo con 4,10 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 con 2,49 unidades por nudo, y menor población de hembras de nematodo con 1,36 unidades por nudo.

La dosis de *P. chlamydosporia* con 2 g/plántula supera estadísticamente a las dosis de 1,0 y 0,5 g por plántula, a los 90 días del trasplante, ya que experimentan menor nodulación radicular con 2,17 unidades, menor incidencia de nematodo con 22,81%, menor severidad de nematodos con 2,17%, menor población

de huevos de nematodo con 6,31 unidades por nudo, menor población de juveniles 2 de nematodo con 3,18 unidades/nudo y menor población de hembras de nematodo con 1,61 unidades/nudo.

Cuando aumenta la dosis de aplicación de *P. lilacinus* y *P. chlamydosporia* disminuyen todas las variables a los 90 días del trasplante, como el número de nudos/planta, incidencia de nematodos/planta, severidad, número de huevos/planta, población de juveniles 2/nudo, población de número de hembras/nudo; mientras que a medida que aumenta la dosis baja el nivel de todas las variables; mientras que para *T. harzianum* permanecen constantes todas las variables, lo que indica que no tiene efecto en el *M. exigua*.

FINANCIAMIENTO

Ninguno

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Curación de datos: Capcha-Ospina, E.

Análisis formal: Alomia-Lucero, J. M.

Investigación: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Metodología: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Supervisión: Capcha-Ospina, E.

Validación: Alomia-Lucero, J. M.

Redacción - borrador original: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

Redacción - revisión y edición: Alomia-Lucero, J. M.; Capcha-Ospina, E.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bontempo, A. F., Fernandes, R. H., Lopes, J., Freitas, L. G., & Lopes, E. A. (2014). *Pochonia chlamydosporia* controls *Meloidogyne incognita* on carrot. *Australasian Plant Pathology*, 43(4), 421–424.
<https://doi.org/10.1007/s13313-014-0283-x>
- Cleopas C., Kwasi S., Y., & Mark D., L. (2017). Biological control of the rootknot nematode, *Meloidogyne javanica* (Chitwood) using *Bacillus* isolates, on soybean. *Biological Control*, 109, 37–41.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.009>
- Dube, B., & Grover C., S. J. (1987). Biological Control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. *Journal of Nematology*, 19(2), e227.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618639/>
- Esteves, I., Peteira, B., Atkins, S. D., Magan, N., & Kerry, B. (2009). Production of extracellular enzymes by different isolates of *Pochonia chlamydosporia*. *Mycological Research*, 113(8), 867–876.
<https://doi.org/10.1016/j.MYCRES.2009.04.005>
- Flores-Camacho, R., Manzanilla-López, R. H., Cid del Prado-Vera, I., & Martínez-Garza, Á. (2007). Control de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen con *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1), 26–35.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000100004
- Hoedekie, A., Viaene, N., & Van Damme, V. (2005). Long-term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for

- management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops. *Nematology*, 7(5), 727–736.
<https://doi.org/10.1163/156854105775142973>
- Larriba, E., Jaime, M. D. L. A., Carbonell-Caballero, J., Conesa, A., Dopazo, J., Nislow, C., Martín-Nieto, J., & Lopez-Llorca, L. V. (2014). Sequencing and functional analysis of the genome of a nematode egg-parasitic fungus, *Pochonia chlamydosporia*. *Fungal Genetics and Biology*, 65, 69–80.
<https://doi.org/10.1016/j.fgb.2014.02.002>
- Luambano, N. D., Manzanilla-López, R. H., Kimenju, J. W., Powers, S. J., Narla, R. D., Wanjohi, W. J., & Kerry, B. R. (2015). Effect of temperature, pH, carbon and nitrogen ratios on the parasitic activity of *Pochonia chlamydosporia* on *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 80, 23–29.
<https://doi.org/10.1016/j.BIOCONTROL.2014.09.003>
- Manzanilla-López, R. H., Esteves, I., Finetti-Sialer, M. M., Hirsch, P. R., Ward, E., Devonshire, J., & Hidalgo-Díaz, L. (2013). *Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo-parasitic Nematodes. *Journal of Nematology*, 45(1), 7.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3625126/>
- Mendoza, G. A. ., Wilson, J. H. ., & Colina, J. C. (2013). Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista Científica de Estudiantes Rebiolest*, 1(2), e65.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/479>
- Morton, C. O., Hirsch, P. R., Peberdy, J. P., & Kerry, B. R. (2003). Cloning of and genetic variation in protease VCP1 from the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Mycological Research*, 107(1), 38–46. <https://doi.org/10.1017/S0953756202007050>
- Puertas, A., De la Noval Pons, B. M., Martínez, B., Miranda, I., Félix, F., & Hidalgo-Díaz, L. (2006). Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* con *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*. *Revista de Protección Vegetal*, 21(2), 80–89.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2009100416>
- Puertas, A., & Hidalgo Díaz, L. (2009). Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Revista de Protección Vegetal*, 24(3), 165. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/457>