



Artículo

Efecto de *Paecilomyces* y *Trichoderma* spp., en el control biológico de nemátodos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), en la Estacion Experimental Patacamaya

Effect of *Paecilomyces* and *Trichoderma* spp. in the biological control of nematodes in the tomato crop (*Solanum lycopersicum*), at the Patacamaya Experimental Station

Medardo Wilfredo Blanco Villacorta, Freddy Antonio Cadena Miranda, Gladys Jhovanna Challco Challco, Grover Lopez Loza

RESUMEN:

Los nemátodos fitopatógenos están extensamente distribuidos en suelos nativos en todo el mundo, y cualquier cultivo puede sufrir graves daños cuando se producen poblaciones de alta densidad en el suelo y/o las raíces. Aunque dentro del complejo de enfermedades que afectan al cultivo del tomate, las causadas por nemátodos se han considerado menores, se detecta reducción en vigor y crecimiento de la planta, los nematodos se convierten en un problema fitosanitario difícil de controlar, dado su alto impacto actual. El objetivo fue conocer el efecto de *Paecilomyces lilacinus* (húmedo; recién producido en arroz), *Paecilomyces lilacinus* (seco: procesado y molido) y *Trichoderma* spp., el control biológico de nematodos bajo el sustrato de tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) en condiciones atemperadas en la Estación Experimental Patacamaya. El propósito es hallar el hongo más eficiente en el control de *Globodera rostochiensis* (nematodo dorado). El procedimiento consistió en preparar platabandas de 1m² para cada tratamiento, con pasillo de 0,30 m², con los siguientes tratamientos: T1 inoculación con *Paecilomyces* húmedo, T2 inoculación con *Paecilomyces* seco, T3 inoculación con *Trichoderma* y T4 fue el testigo. Se evaluó con un DCA, con cuatro tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de frutos, cantidad de nematodos en 5gr de raíz y cantidad de nematodos en 100gr de suelo. Antes de aplicar el tratamiento se realizó un análisis de suelos encontrándose poblaciones iniciales *Globodera rostochiensis*. Los principales resultados muestran que el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* (T1) en estado húmedo fue el que obtuvo mejor comportamiento en altura de planta (80 cm) y número de frutos (3 frutos) por planta frente a los otros tratamientos, respecto a la cantidad de nematodos en suelo redujo la población de nematodos vermiformes inicial de 96 a una población al final de la investigación de 25 encontrándose entre estos nematodos parasitados con el hongo *Paecilomyces*. El análisis de raíces nos mostró, reducción de nematodos en los tratamientos 3 y 1 donde se encontró 98 y 90 nematodos respectivamente, lo que comparado con el testigo que presentó 205 nematodos nos muestra una reducción media del 52 % de ataque a la planta, siendo muy promisorio para la segunda fase de la siembra. Por tanto, se puede concluir, indicando que la inoculación de cepas de *Paecilomyces lilacinus* (húmedo) y *Trichoderma* spp., controla y reduce la población de nematodos.

PALABRAS CLAVE:

mematodos, *Paecilomyces*, *Trichoderma* spp., tomate (*Solanum lycopersicum*).

ABSTRACT:

Phytopathogenic nematodes are widely distributed in native soils around the world, and any crop can suffer serious damage when high-density populations occur in the soil and/or roots. Although within the complex of diseases that affect tomato cultivation, those caused by nematodes have been considered minor, a reduction in vigor and growth of the plant is detected, nematodes become a phytosanitary problem difficult to control, given their current high impact. The objective was to know the effect of *Paecilomyces lilacinus* (wet; freshly produced in rice), *Paecilomyces lilacinus* (dry: processed and ground) and *Trichoderma* spp., the biological control of nematodes under the substrate of cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) under temperate conditions at the Patacamaya Experimental Station. The purpose is to find the most efficient fungus in the control of *Globodera rostochiensis* (golden nematode). The procedure consisted of preparing 1m² platforms for each treatment, with a corridor of 0.30 m², with the following treatments: T1 inoculation with wet *Paecilomyces*, T2 inoculation with dry *Paecilomyces*, T3 inoculation with *Trichoderma* and T4 was the control. It was evaluated with an ACD, with four treatments and 4 replications. The variables evaluated were plant height, number of fruits, number of nematodes in 5g of root and number of nematodes in 100g of soil. Before applying the treatment, a soil analysis was carried out, finding initial populations of *Globodera rostochiensis*. The main results show that the treatment with *Paecilomyces lilacinus* (T1) in the wet state was the one that obtained the best performance in plant height (80 cm) and number of fruits (3 fruits) per plant compared to the other treatments, with respect to the number of nematodes in the soil it reduced the initial population of vermiform nematodes from 96 to a population at the end of the research of 25, being among these nematodes parasitized with the fungus *Paecilomyces*. The root analysis showed us a reduction of nematodes in treatments 3 and 1 where 98 and 90 nematodes were found respectively, which compared to the control that presented 205 nematodes shows us an average reduction of 52% of attack on the plant, being very promising for the second phase of planting. Therefore, it can be concluded that the inoculation of strains of *Paecilomyces lilacinus* (wet) and *Trichoderma* spp., controls and reduces the population of nematodes.

KEYWORDS:

todes, *paecilomyces*, *Trichoderma* spp., tomato (*Solanum lycopersicum*)

AUTORES:

Medardo Wilfredo Blanco Villacorta: Docente Investigador. Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. mwblanco1@umsa.bo <https://orcid.org/0000-0001-9266-9972>

Freddy Antonio Cadena Miranda: Docente Investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. cadkurmi@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4010-4889k>

Gladys Jhovanna Challco Challco: Investigadora. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. gjchallco@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-9105-9310>

Grover Lopez Loza: Investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés groverxd199911@gmail.com <https://orcid.org/0009-0007-9183-8990>

DOI: <https://doi.org/10.53287/pgiv2172jk63w>

Recibido: 04/11/2024. Aprobado: 18/12/2024.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate es de origen sudamericano (Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia y Chile) donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. El tomate es una fuente importante de ciertos minerales, como el potasio y el magnesio. De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora de nuestro organismo. Por esta razón el tomate en nuestro país es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia por los consumidores, lo valorizan por sus nutrientes de vitaminas y minerales. (Blanco, 2023; citado por Quispe, 2023).

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el segundo cultivo vegetal de importancia mundial después de la papa. Se lo consume fresco e industrializado y, además, es un modelo para el estudio de la fisiología, bioquímica y genética de plantas y frutas debido a su corto ciclo productivo (Thakur, 2017; Lee & Lee, 2015). Según el MDRyT (2013), el tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional. El consumo per cápita del tomate en Bolivia alcanza los 8,5 kg por habitante en un año. En la gestión 2018-2019, la producción estuvo concentrada en 4.696 hectáreas, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por hectárea de 14.9 t, obteniéndose una producción nacional de 70.319 t. (MDRyT, 2019).

Uno de los principales factores limitantes en la producción de tomate lo constituyen los nematodos fitoparásitos. Estos organismos generan pérdidas que han sido estimadas en 20%, los principales nematodos asociados al cultivo del tomate son los géneros *Meloidogyne sp.* (Tzortzakakis 2000, Karssen y Moens 2006), *Pratylenchus sp.* (Blancard, 2011). Estudios recientes indican que la capacidad de causar daño de estos nematodos se ve favorecida por factores edafoclimáticos y agronómicos como, monocultivo (Chen y Tsay 2006), y altas precipitaciones (Masse et al. 2004). Coto (2005), señala que los hospederos de esta plaga, son especies de cultivos y malezas que pertenecen a la familia de las Solanaceae, como papa, tomate, locoto, berenjena y naranjilla entre otras. Se conocen seis razas dentro la especie *Globodera pallida* y cinco razas dentro la especie *Globodera rostochiensis*. En Bolivia se han detectado las dos especies, pero aún no se han identificado todas las razas. En esta misma línea, Alonso (2018), menciona que, *Paecilomyces lilacinus*, es un hongo parásito facultativo de huevos de nematodos que ha demostrado ser efectivo contra un amplio espectro de nematodos fitoparásitos; es considerado uno de los agentes de control efectivos para el manejo de estos. Según, Delgado (2018), dentro de los métodos de control biológico del nematodo agallador *Meloidogyne sp.*, se incluye el uso del hongo *Paecilomyces*

lilacinus, uno de los hongos nematicidas con potencial de uso para el control de nematodos en la agricultura. Por otro lado, una alternativa no química para el control del tomate consistiría en la aplicación de hongos benéficos como *Trichoderma harzianum* un hongo que está presente en casi todos los suelos del mundo. Este se caracteriza por colonizar rápidamente las raíces de las plantas, logrando mecanismos para mejorar el desarrollo radicular de las plantas además de tener efectos antagónicos en patógenos del suelo. (Valderrama et al., 2015).

Agrios (2005), señala que es difícil o imposible observar a simple vista los nematodos en el campo, ya que los síntomas que producen son a menudo inespecíficos, el daño que agricultores y los técnicos a menudo subestiman su efecto. Sepúlveda (2012), menciona que, en Bolivia se detectó por primera vez la presencia de *Globodera rostochiensis* en la Isla de Sol del Lago Titicaca, en zonas del Altiplano norte y en regiones paperas de la cordillera del Tunari en Cochabamba.

En este sentido, mencionado las limitantes en producción de tomate causados por nematodos fitoparásitos (*Globodera rostochiensis*) y conociendo el potencial de uso para el control mediante el uso de hongos nematicidas, el objetivo de esta investigación fue conocer el efecto de *Paecilomyces* húmedo, *Paecilomyces* seco y *Trichoderma ssp* en el control biológico de nematodos bajo el sustrato de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) en condiciones atemperadas, tomando en cuenta las variables: Altura de planta, número de frutos, cantidad de nematodos en 5gr de raíz y cantidad de nematodos en 100gr de suelo. Con la finalidad de generar información para difundir los resultados obtenidos, que puedan servir como alternativas para controlar dichos fitoparásitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la Localidad de Patacamaya de la Provincia Aroma, Estación Experimental de Patacamaya, Ex IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria) perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UMSA, geográficamente está ubicada a una altura promedio de 3789 msnm, en las coordenadas 67° 55' Longitud Oeste y 17° 14' Latitud Sur, a una distancia de 101 km desde la ciudad de La Paz. La zona se caracteriza por presentar dos tipos de épocas climáticas, la época seca que comprende los meses de abril a septiembre, y la época húmeda que comprende los meses de octubre hasta marzo (PDM, 2012 - 2016, citado por Lucero, 2017).

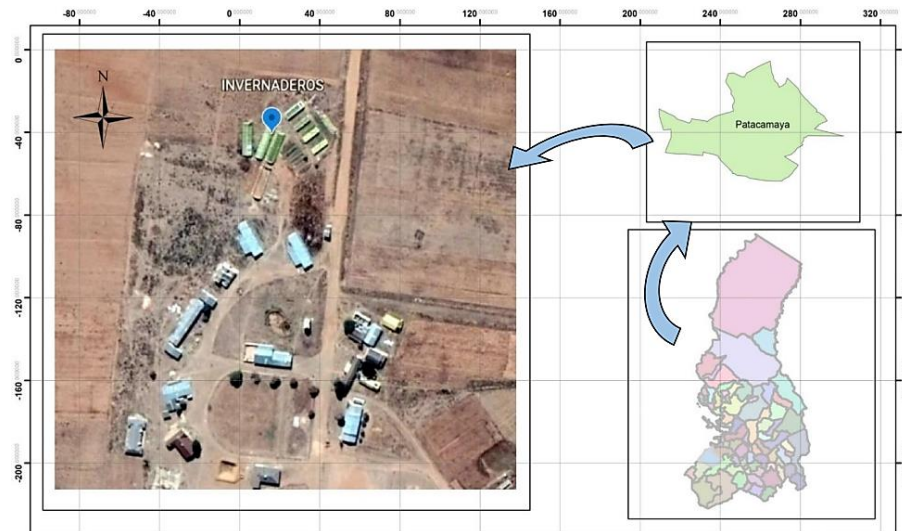


Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental Patacamaya. Fuente: Paco, 2022.

Durante el año se manifiesta una estación lluviosa que va de diciembre a marzo, la época seca de junio a agosto, y en los meses de abril y mayo, presenta una temperatura media de 10 °C, con precipitación media

de 2.8 mm, mientras que, en los meses de septiembre, octubre y noviembre, presenta una temperatura media de 10.5 °C, con una precipitación media de 5 mm (PTDI, 2016 - 2020).



Figura 2. Ubicación del área de investigación. Elaboración en Google Eart.

Metodología

El cultivo fue establecido en platabandas de 1 x 1 m, con pasillos de 0,30 m, cubiertas con botellas pett, bajo invernadero túnel de 10 x 6 m, el cual cuenta con muros de adobe y techo de agrofil con malla semisombra.

Los materiales utilizados fueron: plantines de tomate, botellas pett, botellas de 6 lt, agrofil, regla, tijera podadora, almaciguera, balanza analítica, bolsas plásticas, marcadores, picota, cuaderno de registros, cámara fotográfica. Para el conteo de nematodos en Laboratorio los materiales utilizados fueron: vaso de precipitados, tubos de ensayo, gotero, cajas Petri, gradilla

de madera, baldes de 5lt, tamices de 100 mesh y de 400 mesh, picetas, tijera, los equipos utilizados fueron: licuadora, centrifugadora y microscopio compuesto. El trabajo de investigación se realizó en fechas 01 de marzo hasta el 15 de julio del 2024. Iniciando con la preparación de platabandas e inoculación de los hongos en los mismos, concluyó con el muestreo de suelo y raíz para evaluar en Laboratorio.

Suelo. Antes de establecer el experimento se realizó un muestreo de suelo general, de esta manera conocer la cantidad de nematodos en el suelo. Se utilizó botellas pett y agrofil para preparar las 4 platabandas, dispuestas en la misma hilera de suelo dentro de la carpa.



Figura 3. Preparación de platabandas de investigación

Tratamientos. Se evaluaron los siguientes tratamientos: T1: *Paecilomyces* húmedo, T2: *Paecilomyces* seco, T3: *Trichoderma harzianum* y T4: Testigo sin aplicación. Las cepas de los hongos la suministraron el Laboratorio de Fitopatología – UMSA.

Aplicación de los tratamientos. Para la inoculación se disolvió los hongos en 3 lt de agua, agitación de 2 minutos, reposo durante 4 horas y posterior inoculación en platabandas. Para que no se pierda humedad se cubre con paja alrededor de toda el área infectada. La infestación de las cepas de hongos se efectuó el 01 de marzo del 2024, 20 días antes del trasplante para dar tiempo a las cepas del hongo a establecerse dentro del sustrato.



Figura 4. Inoculación e infestación del suelo.

Establecimiento del cultivo. Pasado los 20 días de infestación con las cepas de hongos, en fecha 20 de marzo se realizó el trasplante de tomates en tres bolillos, estableciendo 5 plantas por tratamiento, contando con 20 unidades experimentales en la investigación.

10 ml para 2 lt de agua. Periódicamente se retiró malas hierbas que crecían en las platabandas.



Figura 5. Trasplante de tomates en platabandas

Manejo agronómico. La plantación tiene un sistema se tres bolillos, el riego se realizó cada 2 dos días con 5 lt de agua para cada tratamiento, pasado los 25 días del trasplante se realizó el primer deschuponado y primer aporque, a los 35 días del establecimiento se realizó el tutorado de todas las unidades experimentales. Para el ataque de plagas (pulgones) aplicamos caldo sulfocalcico



Figura 6. Manejo agronómico del tomate

Evaluación de datos (Altura de planta y número de frutos). Para el registro de datos se tomó muestras completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue un grupo de 16 plantas en 4 platabandas de 1 m². En fecha 26 de mayo concluyó la toma de datos debido a la presencia de una fuerte helada. La evaluación del cultivo fue durante 65 días.



Figura 7. Registro de datos

Muestreo de suelo y raíces, extracción y estimación de número de nematodos en suelo y raíz. Para evaluar la cantidad de nematodos en el suelo se realizó un muestreo al azar, tomando y pesando 1kg de suelo de la zona cercana a la raíz, posterior embolsado y sellado para enviarlo a laboratorio. Las raíces se colectaron manualmente, se registraron y fotografiaron para posteriormente embolsar en bolsas plásticas debidamente identificadas.



Figura 8. Muestra de suelo y raíz

Para el conteo de nematodos en la raíz, se evaluó mediante el método de la centrifugadora siguiendo los siguientes pasos: lavar las raíces y trozarlos, dejar secar durante 5 minutos, adicionar 5 gr de muestra, 300 ml de agua y 2 gotas de solución jabonosa, licuar a máxima velocidad por 30 segundos, pasar la muestra por un tamiz de 100 y 400 mesh, lavar la muestra con agua de caño, el tamiz de 100 mesh recolecta el material grueso y el de 400 mesh la muestra de nematodos. Posteriormente la muestra se lleva a tubos de ensayo, se centrifugar a 3500 rpm por 4 minutos, vaciar el sobrenadante y llenar con solución azucarada, centrifugar a 3000 rpm por 45 segundos, decantar la solución azucarada que contiene los nematodos en cajas Petri, finalmente observar y contar los nematodos.



Figura 9. Conteo de nematodos de raíz (5gr) por el método de la centrifugadora.

Los pasos para registrar el conteo de nematodos del suelo fueron los siguientes: Tomar 100 gr de suelo en un vaso de precipitados, vaciar en un balde pequeño la muestra de suelo y agregar 1000 ml de agua, agitar con una cuchara durante 30 segundos y dejar reposar por 1 minuto, vaciar la suspensión sobre una malla de dos tamices uno sobre otro, el de arriba debe ser de 100 mesh y el de abajo será el de 400 mesh. del tamiz de 400 mesh transferir con una piceta los nematodos y partículas retenidas en un vaso precipitado de 100 ml, vaciar en los tubos de ensayo, centrifugar a 3500 pm durante 4 minutos, eliminar el sobrenadante rotando con cuidado los tubos para eliminar la materia orgánica que flota

porque no contiene nematodos. En este paso los nematodos sedimentan al fondo por la fuerza de la centrifugación junto con las partículas minerales del suelo y así flotan los residuos de la materia orgánica, llenar los tubos con una solución azucarada que se prepara disolviendo 45 gr de azúcar en 100 ml de agua, re suspender en ella el precipitado que quedo en el fondo agitando vigorosamente, centrifugar a 3000 rpm durante 45 segundos para que sedimente solamente las partículas minerales del suelo quedando así los nematodos suspendidos en la solución azucarada, pasar cuidadosamente los nematodos en una placa Petri. EL conteo se realiza mediante el microscopio.



Figura 10. Conteo de nematodos de suelo (100gr) por el método de la centrifugadora.

Mediante el microscopio compuesto se logró observar, identificar y fotografiar los nematodos fitófagos presentes en el suelo y raíz que causan daño y no permiten el normal crecimiento de la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables (altura de planta y número de frutos)

Para la variable altura de planta, tomando en cuenta los promedios obtenidos por la prueba Duncan, son diferentes estadísticamente, obteniéndose el mejor resultado con el T1 con 80,58 cm, correspondiendo al tratamiento con la inoculación de *Paecilomyces* húmedo que tiene mayor crecimiento de la plantas habiéndose comportado establecido con menor ataque de nematodos, permitiéndole este desarrollo, y el valor más bajo se obtuvo con el T4 con 60,18 cm, que corresponde al tratamiento testigo, el cual solo tiene establecido las unidades experimentales sin aplicación de cepas de hongos fitoparásitos, razón por lo que sufrió un mayor ataque de nematodos de *Globodera* retrasando el crecimiento, siendo uno de los síntomas de la presencia de nematodos en la planta.

Tabla 1. Valores promedio de variables, realizados por prueba Duncan.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de frutos
1	80,58a	5a
2	61,18b	3b
3	62,33b	3b
4	60,18b	1b

Tomando en cuenta la importancia del fruto en el cultivo de tomate, por su alto valor comercial en el mercado. Se evaluó el número de frutos a los 60 días trasplantado en las platabandas. El mejor resultado se obtuvo con el T1, por lo tanto, la inoculación con cepas de *Paecilomyces* húmedo es recomendable para el desarrollo y crecimiento de frutos en las plantas de tomate. El valor

más bajo se obtuvo en el T4, que corresponde al tratamiento testigo, el cual no se infectó con cepas de hongos.

Tabla 2. Valores promedio de variables agronómicas.

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Altura de planta	66,1	9,71	11,83
Número de frutos	3	1,25	38,06

Datos del análisis de varianza

Mediante la evaluación de las variables observadas en la Tabla 2. Se observa que la altura total de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en promedio fue de 66,1 cm, asimismo se tiene un promedio total de 3 frutos por planta. Realizado el análisis de varianza hay diferencia altamente significativa en al menos un tipo de hongo fitoparásito en la altura de planta, de igual manera, hay diferencia significativa en el efecto del tipo de hongo fitoparásito en el número de frutos por planta. El CV para altura de planta es menor a 30% indica que los datos son confiables.

Evaluación de nematodos en 100 gr de suelo

Antes de la implementación de la investigación se realizó un muestreo de suelos para verificar la presencia y la población de nematodos presentes, habiéndose encontrado que nematodos en forma vermiforme juveniles 2 (J2) los cuales en un conteo realizado de la muestra de 100 gr, se han encontrado en un número de 69 identificándolos como *Globera rostochiensis*, complementándose el diagnóstico por el método de Fenwich donde se pudo encontrar quistes de este nematodo en un número de 24 quistes en 100 gr de suelo, los nematodos juveniles nos muestran que estos quistes han estado eclosionando por lo que se los pudo identificar, los quistes muestran que existe una alta reserva de nematodos listos para eclosionar en cuanto detecten la presencia de plantas que estimulen esta eclosión.



Figura 11. Observación inicial de *Globodera rostochiensis* de suelo en quistes y forma vermiforme.

A la finalización de la investigación se realizó la evaluación en Laboratorio para el conteo del nematodo *Globera*

Tabla 3. Diferencia en cantidad de nematodos inicial y final.

Tratamientos	Variable	Cantidad de nematodos inicial (100gr)	Cantidad de nematodos final (100gr)	Cantidad de nematodos en la raíz (5gr)
T1	<i>Paecilomyces húmedo</i>	69	25	98
T2	<i>Paecilomyces seco</i>	69	71	128
T3	<i>Trichoderma spp.</i>	69	37	90
T4	Testigo	69	120	205

También se obtuvo una baja población de nematodos con el T-3 con 37 nematodos/100gr de suelo, siendo esta que contaba con la inoculación de *Trichoderma* que pudo tener un nivel de control emitiendo enzimas de carácter nematocida que bajaron la población en el suelo de nematodos, obteniéndose la segunda altura y número de frutos. Los restantes tratamientos no tuvieron un buen control siendo que el T-3 con 71 nematodos/100gr de suelo, en donde se empleó *Paecilomyces seco* nos muestra que cuando este producto ya se encuentra procesado y seco tarda más en reaccionar

rostochiensis (nematodo dorado), respecto a la cantidad de nematodos en 100gr de suelo por tratamiento para verificar la presencia y conteo poblacional de los nematodos, habiéndose observado que el T1 cuenta con una población de 25 nematodos/100gr de suelo, se encuentra en esta población, nematodos parasitados con *Paecilomyces* confirmando el ataque del hongo sobre *Globodera rostochiensis* lo cual produjo la reducción de la población en esta muestra, la planta al no haber tenido un ataque alto de nematodos pudo realizar sus funciones fisiológicas adecuadamente lo que demuestra un crecimiento mayor y también mayor número de frutos en este tratamiento.

habiendo reducido sus características de germinación y establecimiento dentro del suelo, el T-4, con 120 nematodos evidencia el nulo control de nematodos a comparación de los otros tratamientos, además, se obtiene mayor población de nematodos, demuestra que cuando las *Globodera* no son controlados proliferan descontroladamente en el suelo y plantas. A diferencia el T-1 y T-3 son una alternativa latente respecto al control de estos fitoparásitos bajo sustratos con mucha población de nematodos



Figura 12. Nematodos parasitados por *Paecilomyces* encontrados en el T1.

Evaluación de nematodos en 5 gr de raíz

La cantidad de nematodos extraídas de la raíz fue estandarizada en 5 gr de raíz para tener una uniformidad de datos, considerando que la cantidad de nematodos se encontraba activa en el suelo (96 en estado vermiforme) estas alcanzaron a ingresar en la planta antes que los

hongos pudieran haberlos parasitado siendo que en el T-3 (*Trichoderma*) se contaron 90 nematodos/5 gr de raíz, siendo que *Trichoderma* tiene una velocidad de crecimiento alta y se establece en el rhizobium de la planta e inclusive se establece endo parasitariamente estableciendo una simbiosis con la planta tubo una mayor protección para el ingreso de *Globodera*, obteniendo la

menor cantidad de nematodos respecto a los tratamientos restantes. Le sigue en control para no ingreso de nematodos a la planta el T1 (*Paecilomyces* húmedo) donde se evidencia la eficiencia de parasitación de nematodos evitando que infesten a la planta. El T-4 (testigo) con 205 nematodos/5gr de raíz, obtuvo una alta cantidad de nematodos mostrándonos que el crecimiento poblacional es alto en parcelas donde no se realiza ninguna practica de control como en nuestro caso hongos

biocontroladores, aspecto que repercute en bajos rendimientos de la planta al verse la parte radicular con el ataque de una elevada población de nematodos. El número de nematodos por 5 gr de raíz disminuye con la infestación de cepas de *Trichoderma ssp.* y *Paecilomyces*, los otros tratamientos resultan con ataques elevados de *Globodera rostochiensis*, demostrando que la inoculación e infestación con cepas de hongos reduce la población de estos fitoparásitos presentes en el suelo y raíz.



Figura 13. Nematodos encontrados en la extracción de raíces.

CONCLUSIONES

El correspondiente a la inoculación con cepas de *Paecilomyces* húmedo (T1) fue el que tuvo mejor comportamiento en el control de nematodos fitoparásitos en el suelo, reduciendo la presencia a 25 nematodos de *Globodera* lo cual repercutió en el incremento de la altura de planta y número de frutos por planta. Así mismo la inoculación de *Trichoderma ssp* (T3) tuvo dentro del suelo un buen control de nematodos siendo que redujo la población a 37 nematodos de *Globodera* en 100 gr de suelo.

Respecto a la cantidad de nematodos en el suelo y raíz, el T3 (*Trichoderma*) protegió de mejor manera el ingreso de nematodos en la raíz de 90 nematodos encontrados, siendo equiparable con el T1 con 98 nematodos encontrados en la raíz, obteniendo la menor cantidad de nematodos respecto a la cantidad de nematodos del testigo (128 nematodos) y del T2 (*Paecilomyces* seco) lo que nos muestra que no fueron eficaces para evitar el ingreso de nematodos a la raíz de la planta, a consecuencia las plantas tuvieron deficiencia en el crecimiento.

Por tanto, se puede concluir indicando que la infestación con cepas de *Paecilomyces* húmedo y *Trichoderma spp.*, mejoran las variables agronómicas y reducen la población de nematodos, siendo una alternativa eficiente en el control de nematodos bajo condiciones atemperadas.

Se sugiere evaluar variables de rendimiento en todo el ciclo productivo del cultivo y en diferentes épocas, sabiendo que ya se tiene establecido los hongos en estos

sustratos ya que estos seguirán ejerciendo su control sobre la *Globodera* y otros nematodos mientras encuentren condiciones de materia orgánica y nematodos a los que haya que parasitar, como todo producto biológico los mejores resultados se darán con el transcurso del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso. (2018, abril 22). El uso de hongos en el control de nematodos. Agro Excelencia | La Revista del Profesional del Campo. <https://agroexcelencia.com/el-uso-de-hongos-en-el-control-de-nematodos/>
- Blanco, M. W. V. (2023). El vermicompostaje una alternativa para potenciar la agricultura urbana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1).
- Blancard, (2011). Enfermedades del tomate. Identificar, conocer, controlar. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 212p.
- Bouyoucos, GJ. 1936. Instrucciones para realizar análisis mecánicos de suelos mediante el método del hidrómetro. *Soil Sci.* 42(3):225-229.
- Chen, P; Tsay, TT. (2006). Efecto de la rotación de cultivos en *Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus spp.* poblaciones en campos de fresas en Taiwán. *Revista de Nematología* 38(3):339-344.
- COTO, A. A. 2005. El nematodo blanco de la papa (*Globodera pallida*. Stone). Cartago Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio fitosanitario del estado.
- Delgado, I. (2018). Cómo evaluar control de *Paecilomyces lilacinus* mediante la estimación de poblaciones de nematodos. Agro Excelencia | La Revista del Profesional del Campo. <https://agroexcelencia.com/como-evaluar-control-de-paecilomyces-lilacinus-mediante-la-estimacion-de-poblaciones-de-nematodos/>

- Masse, D; Manlay, RJ; Diatta, M; Pontanier, R; Chotte, JL. (2004). Dinámica de la materia orgánica del suelo y equilibrio de nutrientes en barbechos a corto plazo con diferentes tipos de experimentos de vegetación en Senegal. Gestión del uso del suelo 20:92-95.
- MDRyT (2013). Boletín informativo_de_Tomate. 11. Disponible en:
https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/123_0406201456doc_11%20Tomate.pdf
- MDRyT (2019). Bolivia serie agricola 2017-2018(p) y 2018-2019(p).
- Thakur, N. (2017). Increased Soil-Microbial-Eco-Physiological Interactions and Microbial Food Safety in Tomato Under Organic Strategies. En V. Kumar, M. Kumar, S. Sharma y R. Prasad (Ed.), Probiotics and Plant Health (pp. 215-232).
- Sepulveda, V. R. (2012). Efecto de la incorporación de material vegetal sobre la población de xiphinema index en estacas enraizadas de vid (vitis vinifera var. thompson seedless) en bolsas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Tzortzakakis, EA. (2000). Efecto de Verticillium chlamydosporium y oxamyl en el control de Meloidogyne javanica en tomates cultivados en invernaderos de plástico en Creta, Grecia. Nematología Mediterranea 28:249-54.
- Valderrama, R., Alcántara, L., & Limón, D. (2015). La complejidad de la educación ambiental: Ideas y estrategias didácticas de los docentes—ScienceDirect.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042817301374>